

**Маматқулов М. Н.**



## **ЭЛЕКТР ИНЖИНИРИНГ**



**ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ЭЛЕКТР ИНЖИНИРИНГ**

**ДАРСЛИК**

**МАМАТҚУЛОВ М. Н**



## БИРИНЧИ БОБ

### ЭНЕРГИЯ ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

### ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ

#### 1.1. Муҳандислик иши ва энергия

Муҳандислик-табиий ресурслардан фойдаланиб фан ва техника ютуқларини аниқ масалаларни ечишга йўналтирилган инсон ақлий фаолиятининг туридир. Муҳандислик илмининг амалий ифодалари дастлаб қурилиш соҳасида намоён бўлган бўлса, техниканинг ривожланиши натижасида бугунги кунда инсоният фаолиятининг барча йўналишлари ўз муҳандислигига эга. Илмий изланишлар ва улар натижаларининг амалда тадбиқлари шу даражага етдики, ҳозирги пайтда ҳатто хужайралар муҳандисли (ген муҳандислиги) пайдо бўлди.

Машина ва механизмлар ишининг салоҳияти айниқса қурилиш ишларида аниқ намоён бўлади. Масалан, етти мўжизанинг биринчиси, Ер юзидаги энг сирли ва жумбоқли муҳандислик иншооти ҳисобланган мисрдаги фиравн Хеопс пирамидаси 20 йил давомида 100 000 дан ортиқ ишчиларнинг тинимсиз меҳнати натижасида қурилган. Пирамиданинг баландлиги 147 м, асоси квадрат бўлиб, томонлари ҳам 147 м бўлган. Техник тараққиёт натижасида эса бугунги кунда бундай иншоотни машиналар ёрдамида бир неча соатда қуриб битказиш мумкин.

Дунёдаги энг баланд бино Буржи халифа бундан бир неча ўн йил олдин қурилган бўлса, бугунги кун муҳандислик мўжизалари инсон ақлини лол қолдирмоқда. Масалан Япон муҳандислари томонидан лойиҳалаштирилаётган бинонинг баландлиги 4000 м бўлиб, унда энг юқори технологиялар, шу жумладан электр энергияси таъминотида муқобил манбалардан фойдаланиш кенг ўрин олган.

Бундай иншоотларни қуриш, уларни керакли муҳандислик тизимлари ва воситалари билан (масалан сув таъминоти, лифтлар, канализация ва

хоказо) таъминлаш албатта ўзига хос замонавий ёндашувни талаб этади. Режалаштирилаётган бинода 1 миллион аҳоли яшаши кўзда тутилмоқда.



Миср пирамидаси ва дунёдаги энг баланд бино буржи-Халифа (Дубай), баландлиги 828 м.

Замонавий муҳандисликнинг имкониятлари ўта катта машиналарни, кемаларни, тез учар самолётларни яратиш, миллионлаб километр олисдаги сунъий йўлдошларни бошқариш ва улардан маълумотлар олиш, атом ўлчами даражасидаги кичик зарраларни кўриш каби кенг



имкониятларни очмоқда.

Хулоса қилиб айтганда инсон фаолиятини, унинг кундалик турмушини, айниқса келажагини муҳандислик соҳаларининг меваларисиз тасаввур этиб бўлмайди. Шунинг учун ҳам муҳандислик соҳалари ва унинг тараққиёти замонавий дунёни асосий ҳаракатлантирувчи кучига айланиб улгурди. Бугунги кунда улкан муҳандислик тизимларига ва илмий-техник потенциалга эга бўлган йирик компаниялар кўп жиҳатдан жаҳон тараққиёти ва унинг устувор ривожланиш йўналишларини белгилаб бермоқда.





Дунёдаги энг катта трактор



Дунёдаги энг катта кема

Энергетика соҳасида фаолият юритувчи ана шундай йирик компанияларга Хитойнинг State Grid (молиявий жихатда жаҳонда 7-ўринда туради) электроэнергетика компаниясини, Sinopec (ёки China Petroleum) нефт компаниясини (молиявий жихатдан дунёда 3-ўринда), Франциянинг Total нефт-газ компаниясини (молиявий жаҳатдан дунёда 9-ўринда) мисол келтириш мумкин.

Муҳандислик ишлари албатта тегишли техникавий воситалар асосида амалга оширилади ва бу жараёнда хавфсизлик, экология каби муаммолар юзага келади. Шунинг учун ҳам муҳандислик соҳалари тегишли тарзда меъёрлаштирилиб ва назорат қилиб турилади. Масалан техника хавфсизлиги, стандартлаштириш ва бошқа тизимлар. Ривожланган мамлакатларда бу соҳаларни илмий асосларда ташкил этиш ва назорат қилиш учун махсус илмий-техник марказлар ва институтлар фаолият юритади. Ана шундай илмий марказлардан энг биринчиси 1852 йилда ташкил топган Америка фуқаро муҳандислиги жамиятидир (ASCE). Кейинчалик, 1883 йилда Америка инженер-механиклар жамияти (ASME), 1884 йилда инженер-электриклар жамияти (FIEE) ташкил этилди. Бугунги кунда минглаб турли илмий-техник жамиятлар, институтлар, халқаро ташкилотлар ва марказлар муҳандисликнинг турли соҳа ва йўналишларини бошқаришда, меъёрий ҳуқуқий ҳужжатлар ишлаб чиқишда фаолият юритмоқда. Биз уларнинг меҳнати натижасини меҳнат муҳофазаси, техника хавфсизлиги, экологик

масалалар, стандартлаштириш ва бошқа бир қатор хизматлар ва меъёрий ҳуқуқий ҳужжатларда кўрамиз. Бу тизимларнинг вазифаси соҳани ривожлантириш билан бир қаторда меҳнат муҳофазасини амалга ошириш ва инсонлар хавфсизлигини таъминловчи меҳнат шароитларини яратишдир.



1.1-расм. Энергиядан фойдаланишнинг энг қадимги тури олов бўлса, бугунги кунда энергиянинг турли кўринишлари ўта мураккаб технологик қурилмаларни бошқаришда ишлатилмоқда.

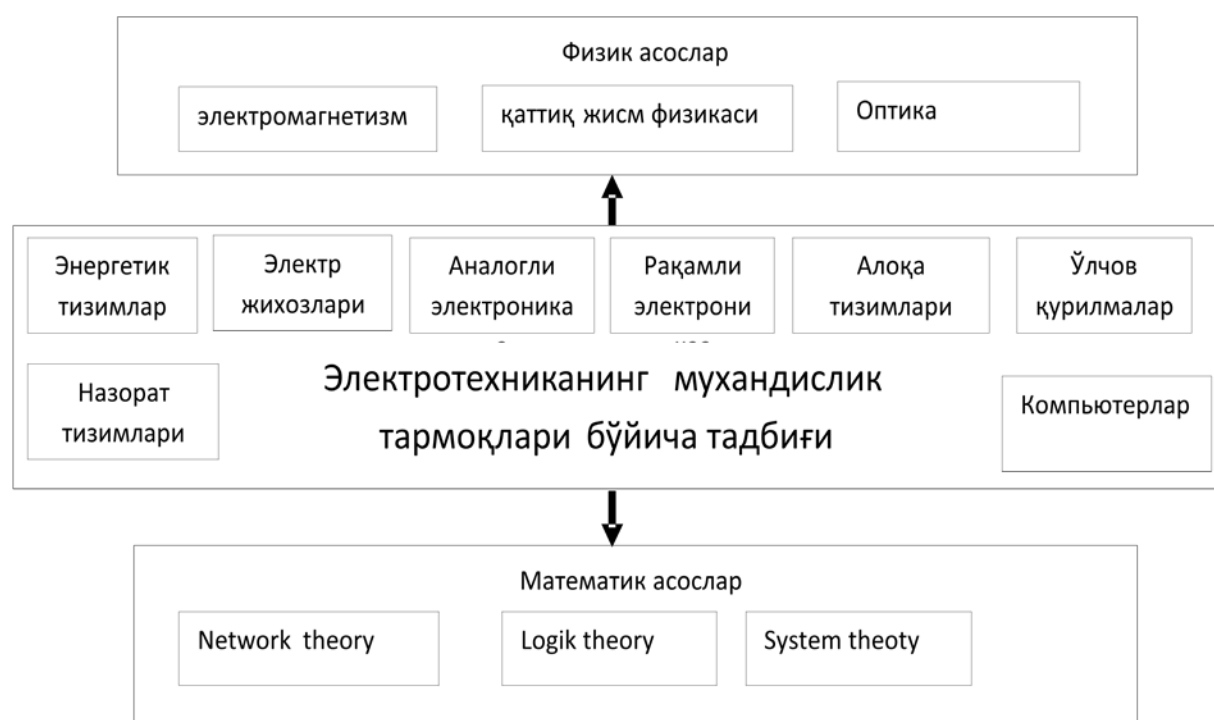
Муҳандисликнинг кўп соҳалари аслида жуда қадимий касблар бўлиб у асосан устоз-шогирд тизими асосида авлодлардан авлодларга ўтиб келган. Таълим тизимида расмий равишда муҳандислик касбларига ўқитиш 18-асрда шаклланган, яъни 1794 йилда Парижда биринчи политехника олий мактаби ташкил этилган, кейинроқ, 1804 йилда Наполеон томонидан харбий-инженерлик мактаби очилган. Худди шу даврларда Американинг Нью-Йорк штатидаги харбий академияда ҳам муҳандислик таълими йўлга қўйилган. 1893 йилда Америка муҳандислик таълими жамияти (American Society for Engineering Education – ASEE)<sup>1</sup> тузилди. Бу ташкилот Америка муҳандислик таълими тизимларининг дунёда етакчи таълим марказларига айланишида катта роль ўйнади.

Агар жамиятни техник ва иқтисодий жиҳатдан тараққий этишида муҳандислик ишлари етакчи ўринни эгаллаб келаётган бўлса, муҳандислик

---

<sup>1</sup> Charls Gross Fundamentals of Electrical Engineering. 2012 by Taylor & Francis Group, 10-15p.

тизимларида энергия тушунчаси етакчилик қилади. Шунинг учун “Энергия” тушунчасини, унинг физик маъносини, келиб чиқиш манбасини ва табиатда энергиянинг айланишини ўрганиш муҳим ҳаётий аҳамиятига эга. Электр инжиниринг фани электротехник ва электрон қурилмаларни ўрганишда физика фанининг тегишли бўлимлари ва математикага таянади<sup>2</sup>



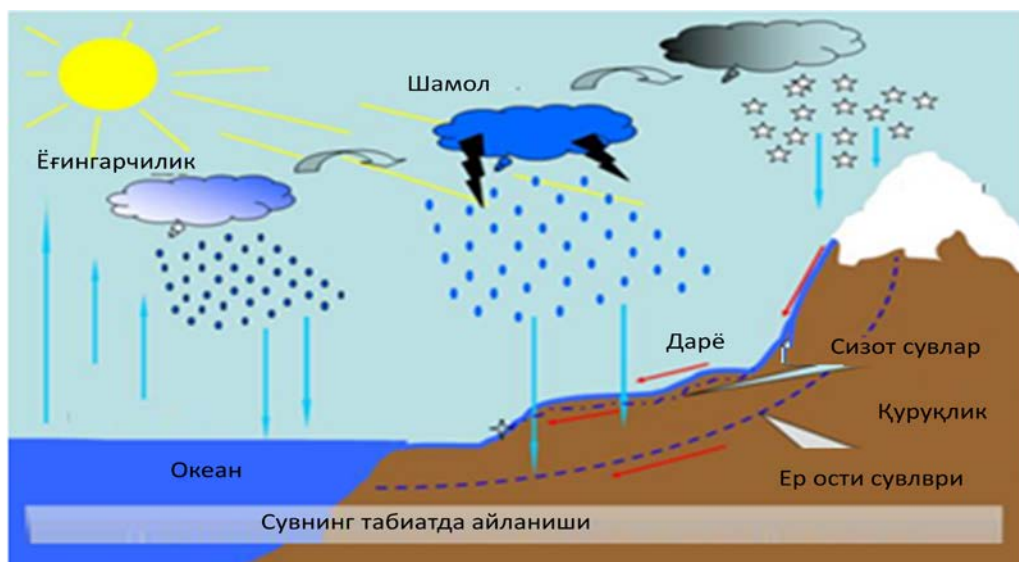
## 1.2. Энергия ва коинот пайдо бўлишининг замонавий талқини.

Физикада энергиянинг турли кўринишлари ўрганилади. Масалан **механик энергия (кинетик ва потенциал энергиядан иборат)**, ёруғлик энергияси, кимёвий энергия, атом энергияси ва хоказо. Энергия доимо бир турдан иккинчи турга айланиб туради. Бу айланиш табиатда содир бўлиши ёки уни биз амалга оширишимиз мумкин

**Масалан:** Қуёшнинг нурланиш энергияси денгиз ва океанлар сиртини киздириб сувни буғлантиради, бу буғлар шамолда материклар бўйлаб ҳаракатланиб совийди ва оғирлик кучи тасирида тоғларга қор бўлиб ёғади. Қуёш нуридан қор эриб яна сувга айланади, бу сувларнинг оғирлик кучи

<sup>2</sup> Rizzoni G. Fundamentals of electrical engineering. McGraw-Hill Education 2010. 4-p.

тасирида пастга қараб ҳаракатланишидан дарё сувлари ҳосил бўлади. Дарё сувлари йўлига электростанциялар қуриб сувнинг потенциал энергиясини электр энергиясига айлантирамыз. Бу электр энергиясини ёруғлик, механик, иссиқлик энергияларига айлантириб улардан фойдаланамиз. Кўриниб турибдики энергия доимо бир турдан иккинчи турга айланиб туради ва ҳаётни таъминлайди.



1.2-расм. Қуёш таъсирида сувнинг табиатдаги айланиши.

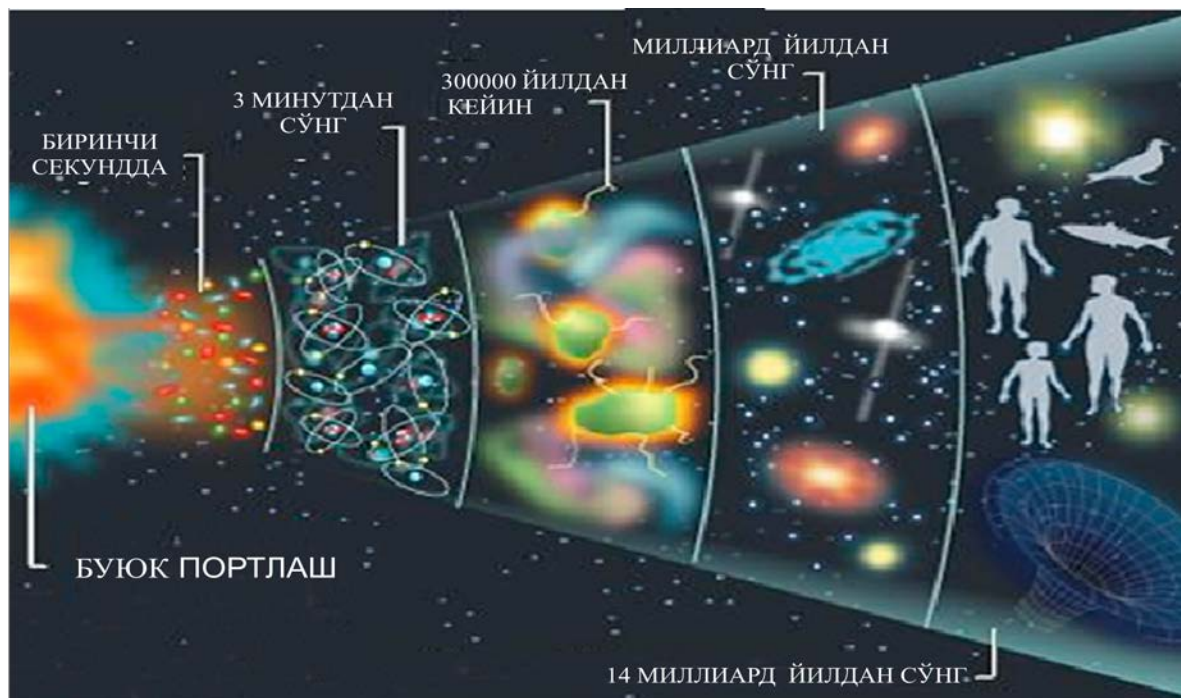
Энергия абсолют мавжуд катталиқ бўлиб у табиатдаги ҳаракатнинг манбаидир. Энергия абадий мавжуд. У сақланиш қонунига эга. Энергиянинг пайдо бўлиши “Буюк портлаш”га бориб тақалади. Замонавий фан тасаввурларига кўра олам бундан  $13,77 \pm 0,059$  млрд йил олдин буюк портлаш<sup>3</sup> натижасида пайдо бўлган. Буюк портлашдан олдин барча коинот жуда кичик ҳажм ичида сиқилган бўлиб унда ҳарорат  $10^{32}$  К даражада, босим эса  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup> тартибида бўлган. Бундай катта босим ва ҳароратдан кейин портлаш содир бўлиб кенгайиш бошланган, бу ҳозиргача давом этмоқда. Буюк портлашнинг схематик тасвири 1.3- расмда келтирилган.

Буюк портлашдан олдин барча мавжуд коинот ва галактикалар ўта кичик ҳажм ичида, ўта зичлашган холда жойлашган ва гигант қисилиш натижасида портлаган. Албатта буни тасаввурга сиғдириш қийин. Портлашдан сўнг коинот кенгайиб борган ва аста секин дастлаб элементар

<sup>3</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой\\_взрыв](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв)



зарралар, сўнг атомлар, молекулалар, жисмлар, энг сўнггида биологик ҳаёт шаклланган. Коинотнинг кенгайиши ҳозир ҳам давом этмоқда. Ҳозирги замон фани хулосаларига кўра бизнинг галактикамиз (сомон йўли галактикаси) ва Қуёш системаси бир неча миллиард йил аввал пайдо бўлган. Қуёш ўзидан доимий равишда энергия нурлантириб туради. Бу энергиянинг манбаи Қуёшда содир бўлаётган термоядро реакцияларидир. Қуёшнинг нурланиши Ерга ҳаётни шакллантирган.



1.3- расм. Буюк портлаш, коинот ва энергиянинг пайдо бўлиши.

Қуёшдан Ерга жудда катта миқдорда энергия етиб келади. Агар Қуёш энергиясининг Ер юзасига тушган барча қисмидан фойдалана олсак, 30 минут давомида Ерга тушган энергия Ер шарининг бир йиллик эҳтиёжини қоплаган бўлар эди.

Қуёш Ердаги барча тирикликнинг манбаидир. Қуёшнинг массаси тахминан  $2 \times 10^{30}$  кг, радиуси **1392000 км**. Қуёш бизнинг “Сомон йўли” галактикамиз марказидан 26000 ёруғлик йили масофасида жойлашган, Ердан Қуёшгача эса 150 млн. км. Ер Қуёш атрофида 365 кун 6 соатда бир марта айланиб чиқади, орбитадаги чизиқли тезлиги 267 км/с. Қуёш эса галактика ўқи атрофида 250 млн. йилда бир марта айланади. Қуёшда узлуксиз равишда

термоядро реакциялари давом этиб туради, унинг марказидаги ҳарорат  $15000000^{\circ}\text{K}$  даража, босим эса юз миллиард атмосферадан ҳам баланд (бир атмосфера босим  $101\,325\text{ Н/м}^2$ ). Бундай ҳарорат ва босимни тасаввур этиш жуда қийин. Ҳозирги замон фани ва техникаси сунъий равишда бундай шароит ҳосил қилишга қодир эмас.



Куёшнинг тузилиши



Куёшнинг инфрақизил тасвири



1.4-расм. Куёшнинг тузилиши ва Ердаги ҳаётга таъсирига доир.

**Куёшнинг нурланиш қуввати  $3,8 \times 10^{20}$  МВт**, Ерда бу қувватнинг икки миллиарддан бир улуши етиб келади, бу тахминан  $1,9 \times 10^{11}$  МВт бўлади. Бошқача қилиб айтганда **Ер юзининг ҳар бир квадрат метрига 1000 Вт Куёшнинг нурланиш қуввати мос келади**. Албатта, бу жуда катта энергия, муҳандислик тизимларининг вазифаси ана шу энергиядан фойдаланишдир.

Муҳандислик иши, табиий ва техник фанлар одатда аниқ ўлчовлар билан иш кўради. Энергия тушунчаси ҳақида ҳам аниқ ўлчовлар билан гапирилгандагина у амалий ва ҳаётий аҳамиятга эга бўлади. Физика фанидан маълумки энергиянинг ўлчов бирлиги Жоул (Ж).

**1 Жоул энергия 1 Вт қувватли системанинг 1с да бажарган ишидир  $1 \text{ Ж} = 1 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с}$ .** Демак юқоридагидан келиб чиқадики, куёш ҳар секундда  $3,8 \times 10^{20}$  МЖ иш бажариш қобилиятига эга.

**1.3. Табиатда энергия турларининг ўзаро айланишлари.** Тарихга назар солсак, энергия манбаи сифатида турли даврларда турли табиий манбалар ишлатилган. Қадим замонлардан бошлаб иссиқлик манбаи сифатида органик ёқилғилар ишлатиб келинган. Бунда ёқилғининг ёниш иссиқлигидан асосий энергия (иссиқлик) манбаи сифатида фойдаланилган. Органик ёнилғиларнинг иссиқлик бериш хусусияти уларнинг солиштирма ёниш иссиқлиги билан характерланади. Яъни 1 кг модда тўла ёнгандаги чиққан иссиқлик энергияси солиштирма ёниш иссиқлиги деб юритилади. 1-жадвалда турли ёнилғиларнинг солиштира ёниш иссиқликлари келтирилган<sup>4</sup>

1-жадвал

т/р	Модда	Солиштирма ёниш иссиқлиги	
		МЖ/кг	ккал / кг
	Шартли ёнилғи	29,3	7000
1	Куруқ ўтин	ўртача 9,5	6400 -7500
2	Тошкўмир	ўртача 27	6500
3	Бензин	44 - 47	10500 - 11200
4	Керосин	44 - 46	10500-11000
5	Табиий газ	41 - 49	9800 - 11700
6	Нефт	43,5-46	10400-11000
7	Метан	50	11950
8	Водород	120	28600
9	Спирт	27	6450

<sup>4</sup> А. С. Енохович, Справочник по физике и технике, Москва Изд. Просвещение 1989г. 120 - стр.

Агар 19-асрда табиий ўтин ва кўмир асосий энергия манбалари бўлиб хизмат қилган бўлса 20-асрга келиб нефт ва газнинг улуши ортиб борди, сўнгги асрда эса энергиянинг электр энергияси, ядро энергияси кўринишидаги турлари ривожланиб борди. Бугунги кунда эса барча энергия манбалари ичида энг қулай ва технологик жиҳатдан арзон энергия электр энергияси бўлиб қолмоқда. Шунинг учун ҳам дунё энергетика саноатида электроэнергетика энг тез ривожланиб бормоқда.

Энергия манбаларидан қадимги одамлар фақат иссиқлик кўринишида фойдаланишни билишган ва бу иссиқликни табиий ёқилғилар, асосан ўтин ёқиб ҳосил қилишган. Кейинчалик иссиқлик-энергия манбалари тури, шу билан бирга ундан фойдаланиш ҳам ўзгариб борди. Жаҳон саноатида энергия турларидан фойдаланишнинг сўнгги 100 йиллик даврдаги ўзгариши 2-жадвалда келтирилган<sup>5</sup>.

2-жадвал

т/р	Энергия манбалари	Жаҳон саноатида ишлатилиш даражаси %						
		1860	1900	1950	1960	1970	1980	1985
1	Ўтин ва табиий ёқилғилар	74	39	7	4,3	4	0,8	0,3
2	Кўмир	25	57	54	47	30	28	32
3	Нефт	1	2	24	29	40	46	41
4	Газ	-	0,9	9	13	19	18	2
5	Гидро ва ядро энергиялар	-	0,8	6	6	6,1	5,8	4,1

Электроэнергетика ҳақида гапиришдан аввал Ер юзининг умумий энергетика захираси ҳақида гапирмасликнинг иложи йўқ. Чунки электр энергияси ишлаб чиқариш бирламчи энергетик захираларга асосланади.

<sup>5</sup> Геологическая энциклопедия <http://dic.academic.ru/>



## Энергиянинг ўлчов бирликлари.

Энергия захираларини баҳолашда энергиянинг Жоулдан ташқари яна турлича келтирилган бирликларидан фойдаланилади. Улар қуйидагилардир:

$$1 \text{ Жоул} = 1 \text{ Вт} \times 1 \text{ с};$$

$$\text{Калория, қисқача кал, } 1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Жоуль};$$

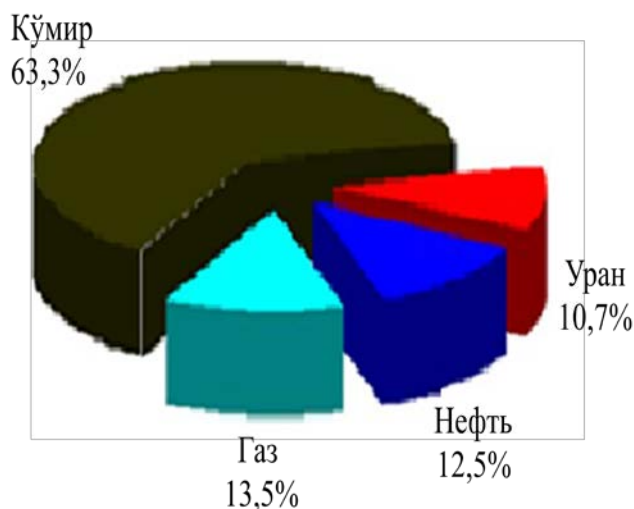
$$1 \text{ кВт соат} = 1000 \text{ Вт} \times 3600 \text{ с} = 3,6 \text{ МЖ}$$

$$1 \text{ кг шартли ёнилғи (ш.ё.)} = 29,3 \text{ МЖ} = 7000 \text{ Кал.}$$

$$1 \text{ кг нефт эквиваленти (н. э.)} = 1,428 \text{ кг ш.ё.}$$

Электр энергияси ишлаб чиқаришда мавжуд бирламчи энергия

Энергия захираларининг нисбий тақсимоти



захираларидан фойдаланилади, бу бирламчи захираларга органик ёқилғиларнинг (кўмир, газ, нефт) кимёвий энергияси, ядро энергияси, термоядро энергияси, геотермал энергия, қуёш нурунинг ерга тушувчи энергияси, дарёларнинг энергияси, шамол энергияси, ўрмонлар биоэнергияси ва оқим энергияси киради. Айтиб

ўтилган энергия турларининг бугунги кунда тахминий аниқланган захиралари маълум. Ер шарининг энергетик имкониятлари ана шу захираларга асосланади. Халқаро энергетика ташкилотларининг статистик маълумотларига кўра бу энергияларнинг захиралари қуйидагича<sup>6</sup>: (тонна шартли ёнилғи бирлигида).

- органик ёқилғилар кимёвий энергияси –  $1,77 \cdot 10^{13}$ ;
- ядро энергияси –  $0,67 \cdot 10^{14}$ ;
- термоядро энергияси –  $1,22 \cdot 10^{17}$ ;

<sup>6</sup> P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy management systems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech. (p.61)

- геотермал энергия  $- 1,0 \cdot 10^{14}$ ;
- қуёшнинг ер куррасига тушувчи энергияси  $- 0,82 \cdot 10^{14}$ ;
- дарёларнинг энергияси (бир йиллик)  $- 0,4 \cdot 10^{10}$ ;
- шамол энергияси (бир йиллик)  $- 2,1 \cdot 10^{11}$ ;
- ўрмонларнинг биоэнергияси (бир йиллик)  $- 0,5 \cdot 10^{10}$ ;
- оқим энергияси (бир йиллик)  $- 0,86 \cdot 10^{14}$ .

**Жами  $12,2353 \cdot 10^{16}$  т. ш. ё.**

Электр энергияси ишлаб чиқаришда ана шу бирламчи манбалар энергиясидан фойдаланамиз. Бугунги кунда жаҳон миқёсида асосан органик ёқилғилар (иссиқлик электр станциялари-ИЭС), ядро энергияси (атом электр станциялари-АЭС) ва дарёларнинг энергиясидан (гидро электр станциялар-ГЭС) электр токи ишлаб чиқарилмоқда. Шулардан ИЭС лари етакчи ўринни эгаллайди. Бу станциялар асосан кўмир<sup>7</sup> ва газ энергиясига асосланган. Кўмир захираси Ер юзида бошқа ёнилғиларга қараганда анча кўп, шунинг учун ҳам жаҳон электр энергетикасида сўнгги йилларда кўмирга катта эътибор қаратилмоқда. Ўз навбатида кўмир ёқишга асосланган иссиқлик электростанцияларининг технологиялари ҳам ривожланмоқда.

Ер юзида мавжуд бўлган энергетика захиралари турларидан фойдаланишнинг динамикаси ҳам йиллар давомида ўзгариб боради.

3-жадвал

Энергия манбаи	1971 йил	1991 йил	2000 йил	2005 йил	2010 йил
Нефть	47,9	39,2	38,6	38,3	37,7
Кўмир	30,9	29	28,7	28,7	29,1
Табиий газ	18,4	22	22,1	22,4	23,5
АЭС	0,6	7	6,9	6,7	6,1
ГЭС ва бошқалар	2,2	2,8	3,7	3,8	4,1

<sup>7</sup> <http://www.myshared.ru/slide/198319/>

Бу ўзгаришлар нефт, газ, кўмир қазиб ва ундан фойдаланиш технологиялари тарақиёти билан боғлиқ. 3-жадвалда сўнгги 40 йил давомида табиий ресурсларни ишлатилишининг даражалари келтирилган<sup>8</sup>.

Электр энергиясига бўлган талаб ва уни ишлаб чиқариш миқдори Ер юзи бўйича йилига ўртача 2,6 % дан ошиб бормоқда. 2030-йилга бориб электр энергиясига бўлган талаб бугунгидан икки баравар ортиқ бўлади.

**1.4. Электротехника ва саноат электроэнергетикасининг пайдо бўлиши.** Замонавий техника ва технологиялар, автоматлаштирилган ишлаб чиқариш жараёнлари - бу маълум бир тизимга солинган электротехник ва электрон қурилмаларнинг мажмуасидир. Электротехника фани ва унинг предмети бевосита кундалик турмушимизда биз фойдаланаётган электр токи ва электр қурилмалари билан боғлиқ. Шу жihatдан олиб қараганда электротехника фани кўпроқ амалий ахамиятга эга ва унинг асосий қонуниятларини ўрганиш кундалик турмушимиз учун жуда зарур.

Фанни ўрганишда физиканинг электр ва магнетизм бўлимларига тегишли қонуниятлар фундаментал асос бўлиб хизмат қилади. Барча электротехник тушунчалар ва қонуниятлар ана шу фундаментал тушунчаларнинг амалий ифодаси сифатида намоён бўлади. Шунинг учун ҳам электротехника фанини ўрганишда физиканинг асосий қонуниятлари муҳим ва хал қилувчи ўрин тутди. Шундай экан, фанни тўла ва самарали ўзлаштириш учун физика фанидаги ушбу тушунча ва қонуниятларни билиш қатъий талаб этилади:

заряд, заряд миқдори, потенциал тушунчалари;

электр токи тушунчаси, ток кучи, қаршилиқ;

Ом қонуни, кучланиш ва электр юритувчи куч;

электр токининг магнит майдони, парма қондаси;

электромагнитик индукция қонуни.

Электротехникани фан сифатида пайдо бўлиши, уни амалиётга кириб келиши ва ривожланиши тарихини турли манбаларда турли нуқтаи-назардан қараб босқичларга бўлинади. Масалан электротехника фани тарақиёти

<sup>8</sup> <https://www.google.ru/search?q=запасы+энергетических+ресурсов+в+мире>

электроника фани пайдо бўлиши ва унинг ривожланишига ҳам замин яратган. Шу маънода айрим адабиётларда тарихий тараққиётни 6 та босқичга ажратилади<sup>9</sup>. Лекин электр токи ва унинг жамият ҳаётига кириб боришида муҳим рол ўйнаган илмий-техник кашфиётлар нуқтаи-назаридан қаралса, электротехниканинг бугунги тараққиёти даражасигача босиб ўтган йўли учта ўзига хос даврлар (тараққиёт босқичлари) билан характерланади.

**1- босқич. 1831 йилгача бўлган давр** (электр ва магнитик ҳодисалар алоҳида ўрганилган давр). Инсонлар қадим замонлардан буён электр ҳодисаларини амалда кўриб, хатто ундан фойдаланиб келган, лекин то 19-асрнинг ўрталаригача электр ва магнит майдонлари алоҳида ўрганиб келинган ва алоҳида ҳодисалар деб қаралган.



1.5-расм. Табиатдаги электр жараёнлари.

Фақатгина 1820 йилда Эрстед электр токининг магнит стрелкасига таъсирини ўргангандан сўнг, 1.6-расм, электр ва магнит майдонлари ягона физик ҳодисанинг икки томони эканлиги исботланди ва бутун Европа бўйлаб электр соҳасида амалий ишлар жуда авж олиб кетди.

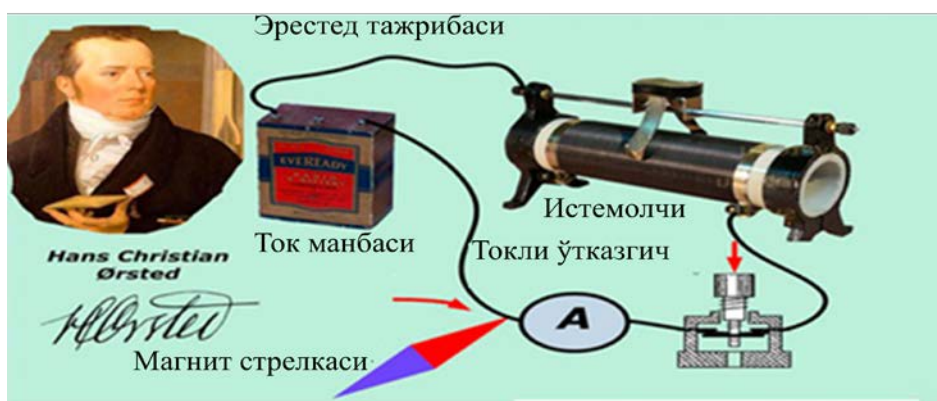
Электр ва магнитик ҳодисаларни ягона жараён деб қараб 1831 йилда Майкл Фарадей магнит майдонининг ўзгариши ўтказгичда электр токи ҳосил

<sup>9</sup> <http://www.km.ru/333296-elektrotehnika>



қилишини амалда кашф этди ва электр жараёнларни ўрганишда бутунлай янги даврни бошлаб берди.

Бу кашфиёт фанга **Фарадейнинг электромагнитик индукция қонуни** номи билан кириб келди. Электромагнитик индукция қонуни бугунги кунда ҳам замонавий электроника, микроэлектроника, нанотехнология соҳаларида ўзининг аҳамиятини йўқотмайди.



1.6-расм. Эрстед тажрибасида тоқли ўтказгичнинг магнит стрелкасига таъсири.

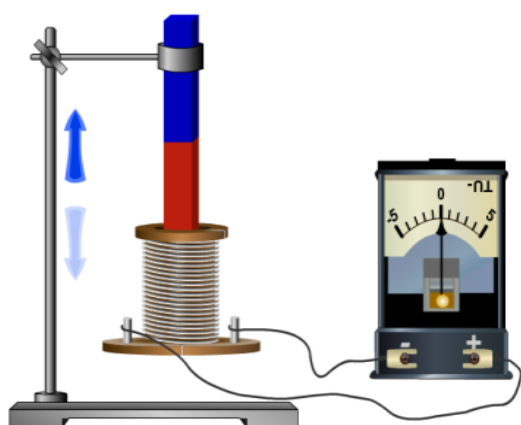
**2- босқич. (1831-1880 йиллар. Электр тоқини ҳосил қилиш ва уни ўрганиш даври).** 1831 йилда Фарадей электромагнитик индукция қонунини



кашф этгач фан оламида электр жараёнларни ўрганиш ўта тезкор суратларда авж олиб борди. Илмий тадқиқотлар шу даражада кенг авж олдики, ҳатто Европа давлатларида фанга алоқаси йўқ зодагонлар ҳам ўз уйларида олимларни таклиф этиб электр билан шуғулланувчи лабораторияларини ташкил этиш расм бўлиб кетди.

Майкл Фарадей 1791-1867 йилларда яшаб ўтган машҳур инглиз физик-олими. У 1821 йилда Эрстед тажрибалари асосида магнит майдони ва электр ягона физикавий ҳодиса эканлигини исботлади. 1831 йилда эса магнит майдонининг ўзгариши ўтказгичда электр тоқи ҳосил қилишини кашф этди. Фанда бу электромагнитик индукция қонунини сифатида жой олди.

Шу даврларда Фарадейнинг электромагнитик индукция қонуни асосида Максвелл ўзининг машҳур электромагнитик майдон назариясини яратди, Герц электромагнитик тўлқинларни ўрганиб ундан амалда фойдаланиш асосларини яратди. Ана шу тариқа саноат электротехникаси пайдо бўла бошлади. Электротехника аста-секин илмий лаборатория чегараларидан чиқиб жамият ҳаётига кириб кела бошлади. Энг даставвал электр фонуслари ва электр ёй чироклари яратилдики бу инсоният таракқиётида янги даврни бошлаб берди.



Фарадей тажрибаси.



19-асрда Эдисон фонуслари кенг тарқалди

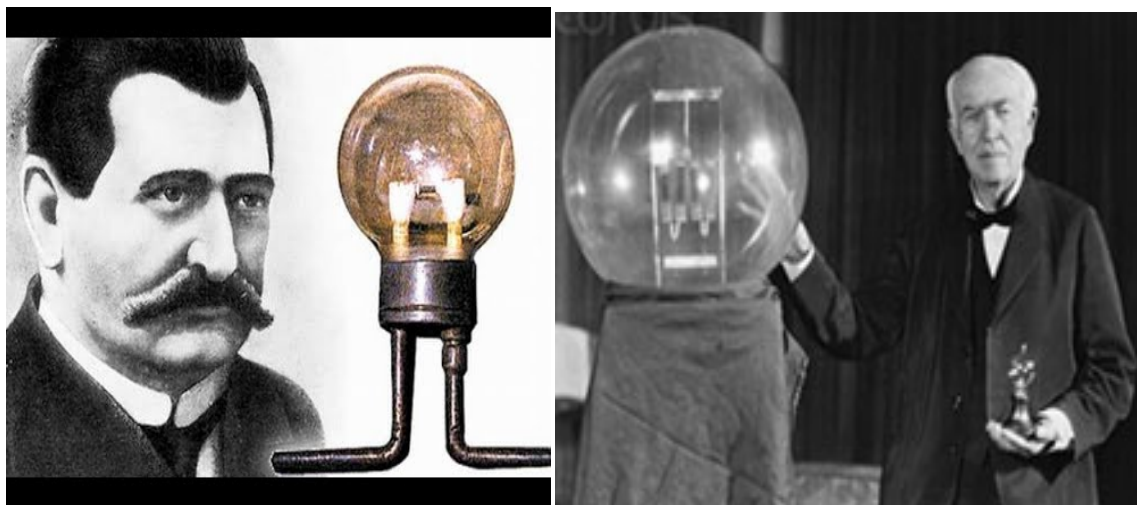
Электроэнергетика таракқиётига улкан ҳисса қўшган муҳандис олимлардан бири Томас Алва Эдисондир. У 1857-1931 йилларда Америкада яшаб ижод қилган. У электр энергиясини саноат миқёсида ишлаб чиқаришга асос солган, шунингдек, электр ёритиш тизимлари, телефон, телеграф, кино техникаси ривожига катта ҳисса қўшган машҳур кашфиётчи, ҳамда йирик



саноатчи сифатида американинг машҳур шахслари қаторидан ўрин олган. Томас Эдисон дунёда энг кўп 4000 дан ортиқ патентларга эга бўлган ягона ихтирочидир.

Гарчи ёйли лампалар анча аввал 1803 йилда рус олими Петров, 1810 йилда инглиз олими Девиленг томонидан таклиф этилган бўлсада, уларнинг

самарадорлиги жуда паст бўлган. 1876 йилда рус олими П. Н. Яблочков ва 1879 йилда Эдисонлар томонидан яратилган электр лампалар кенг ишлаб чиқарила бошланди<sup>10</sup>, 1.7-расм.



1.7-расм. Лодигин ва Эдисонлар ўз лампалари билан

**3- босқич. 1880й. дан ҳозирги давргача.** Электр энергиясидан энг аввал ёритиш (ёйли лампалар) ва телеграфда фойдаланилган бўлса, сўнг чўғланма толали лампалар, электр генераторлари, электр двигателлари пайдо бўлди. Шу даврдан бошлаб электр энергияси жамият ҳаётига чуқур кириб бора бошлади ва электр таъминоти тобора ҳаётий эҳтиёжга айлана борди. 19 - аснинг 80- йилларида ўзгарувчан ток генераторининг, айниқса машҳур рус инженери М. О. Доливо-Добровольский томонидан уч фазали ток ишлаб чиқаришининг ихтиро қилиниши электротехника тараққиёти ва унинг жамият ҳаётига кириб боришида яна бир янги босқични-саноат электротехникасини юзага келишини бошлаб берди.

Бугунги кунда бутун Ер юзи бўйлаб минглаб электр станциялари ишлаб турибди. Электр энергияси йил сайин энг асосий энергия турига айланиб бормоқда ва келажакда энергиянинг ягона тури бўлиб қолади.

Ҳозирги даврда электротехника ўзининг **4-ривожланиш босқичига** кадам қўймоқда. Бу электр энергияси ишлаб чиқаришда муқобил энергия манбаларига ўтишдир. Бугунги кунда муқобил манбаларнинг жаҳон электр энергетикасидаги умумий ҳиссаси кам бўлсада (1 % атрофида) айрим

<sup>10</sup> <http://mirnovogo.ru/elektricheskaya-lampochka>

ривожланган давлатлар энергетикасида унинг хиссаси 10-15 % ни ташкил қилмоқда ва бу кўрсаткич йил сайин жуда тез ўсиб бормоқда.



1.8-расм. Замонавий гидро, иссиқлик ва атом электр станциялари.

Техник фанларда ҳисоб-китоблар юритишда ўта катта миқдорлар ёки аксинча, ўта кичик миқдролар билан иш кўришга тўғри келади. Масалан Ернинг масса  $6 \times 10^{24}$  кг, ёки Қуёшдаги ҳарорат  $150\,000\,000^\circ\text{K}$ , электроннинг заряди  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кулон, ва ҳоказо. Бундай катта миқдорларни ифодалашда ўннинг даражалари, кичик миқдорларни ифодалашда эса ўннинг улушларидан фойдаланиш қулай. Қуйида ана шундай даражалар ва улушлар сифатида халқаро қабул қилинган белгилашлар келтирилган ва уларни эслаб қолиш тавсия этилади

### Ўннинг даражалари

т/р №	Номи	Белгиси	Қиймати	Ўзбекча талаффузи
1	Yatto	Y	$10^{24}$	йатто
2	Zetta	Z	$10^{21}$	зетта
3	Exa	E	$10^{18}$	экза
4	Peta	P	$10^{15}$	пета
5	Tera	T	$10^{12}$	тера
6	Giga	G	$10^9$	гега
7	Mega	M	$10^6$	мега
8	kilo	k	$10^3$	кило
9	hector	h	$10^2$	гекто
10	deka	da	$10^1$	дека



## Ўннинг улушлари

т/р №	Номи	Белгиси	Қиймати	Ўзбекча талаффузи
1	yocto	y	$10^{-24}$	йокто
2	zepto	z	$10^{-21}$	зепто
3	atto	a	$10^{-18}$	атто
4	femto	f	$10^{-15}$	фемто
5	pico	p	$10^{-12}$	пико
6	nano	n	$10^{-9}$	нано
7	micro	μ	$10^{-6}$	микро
8	milli	m	$10^{-3}$	милли
9	centi	c	$10^{-2}$	санти
10	deci	d	$10^{-1}$	деци

### Масалан:

1. 0,0000024 Кулон заряд  $0,0000024 \text{ Кл} = 2,4 \times 10^{-6} \text{ Кл} = 2,4 \text{ мКл}$ .
2. 240 000 000 000 кг =  $240 \times 10^9 \text{ кг} = 240 \text{ Гкг}$ .
3. 35 000 000 000 000 Ж =  $35 \times 10^{12} \text{ Ж} = 35 \text{ ТЖ}$ .
4. 1200 тонна кўмирни иссиқлик энергиясини топинг. Кўмирнинг ёниш иссиқлиги 25 МЖ/кг деб олинг.  $1\,200\,000 \times 25 \times 10^6 = 300 \times 10^{11} = 30 \text{ ТЖ}$ .
5. Электроннинг заряди миқдори  $1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл} = 160 \times 10^{-21} = 160 \text{ зКл}$

### Жаҳон электр энергетикасининг асосий кўрсаткичлари.

Ҳозирги пайтда жаҳон электр энергетикаси ўзининг ривожланиш босқичида 4-босқичга-муқобил энергетикага ўтмоқда, яъни мавжуд анъанавий электр энергетикасидан (АЭС, ИЭС ва ГЭС) муқобил энергетикаси соҳаси ажралиб чиқмоқда. Унинг миқдори бугунги кунда нисбатан кам бўлса ҳам (умумий энергиянинг 1 % қисми атрофида) йил сайин интенсив ортиб бормоқда. Муқобил энергетикага ўтишнинг асосий сабаби Ернинг мавжуд табиий ёнилғи захиралари чекланганлигидир.

Бугунги кунда жаҳондаги барча электр станцияларининг (иссиқлик электр станциялари, гидроэлектр станциялар ва атом электр станциялар биргаликда) **умумий қуввати 3000 ГВт** атрофида бўлиб, бу станциялар бир

йилда **23 536 млрд. кВт соат** электр энергияси ишлаб чиқармоқда. Электр энергиясини ишлаб чиқариш усуллари ва унинг миқдори бугунги кунда қуйидагича:

### **Иссиқлик электр станциялари**

Умумий қуввати 1880 ГВт ИЭС - йиллик ишлаб чиқарилган энергиянинг 63%, қисмини ташкил қилади.



### **Гидро электр станциялар:**

Умумий қуввати 715 ГВт йиллик энергиянинг **24 %** қисмини ёки 171,6 млрд. кВт соат электр энергия ишлаб чиқармоқда.



### **Атом электр станциялари:**

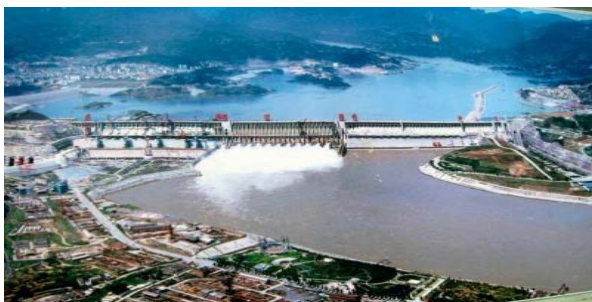
Умумий қуввати 380 ГВт. йиллик энергиянинг **13%** қисмини ёки 49,4 млрд кВт соат электр энергия ишлаб чиқармоқда.



**Изоҳ:** Маълумотлар 2014 йил якунлари бўйича олинган.

Энергиянинг асосий қисми йирик ва ривожланган давлатлар ҳиссасига тўғри келади: АҚШ - 3600 млрд. кВт соат; Япония - 930 млрд. кВт соат; Хитой - 900 млрд. кВт соат; Россия - 845 млрд. кВт соат; Канада, Германия, Франция биргаликда - 500 млрд. кВт соат. Жами электр энергиянинг

6700 млрд. кВт соат қисми, яъни 26 % и шу давлатлар ҳиссасига тўғри келади. Жаҳондаги энг катта электр станциялар қуйидагилардир:



Дунёдаги энг катта ГЭС Хитойнинг Уч-дара станцияси бўлиб 1992-йилда ишга туширилган, қуввати 22 ГВт, йилига 100 млрд. кВт соат энергия ишлаб чиқаради.



Иккинчи ўринда 2007-йилда Бразилиянинг Амазонка дарёсида қурилган Итайпу ГЭС и туради. Унинг қуввати 14 ГВт бўлиб йилига 95 млрд. кВт соат дан ортиқ энергия ишлаб чиқаради.



Дунёдаги энг катта ИЭС Хитойнинг Танчун станциясидир. Унинг қуввати 6,6 ГВт. Бир йилда 35 млрдкВт соат энергия ишлаб чиқаради. Асосан кўмир ёнилғисидан ишлайди.

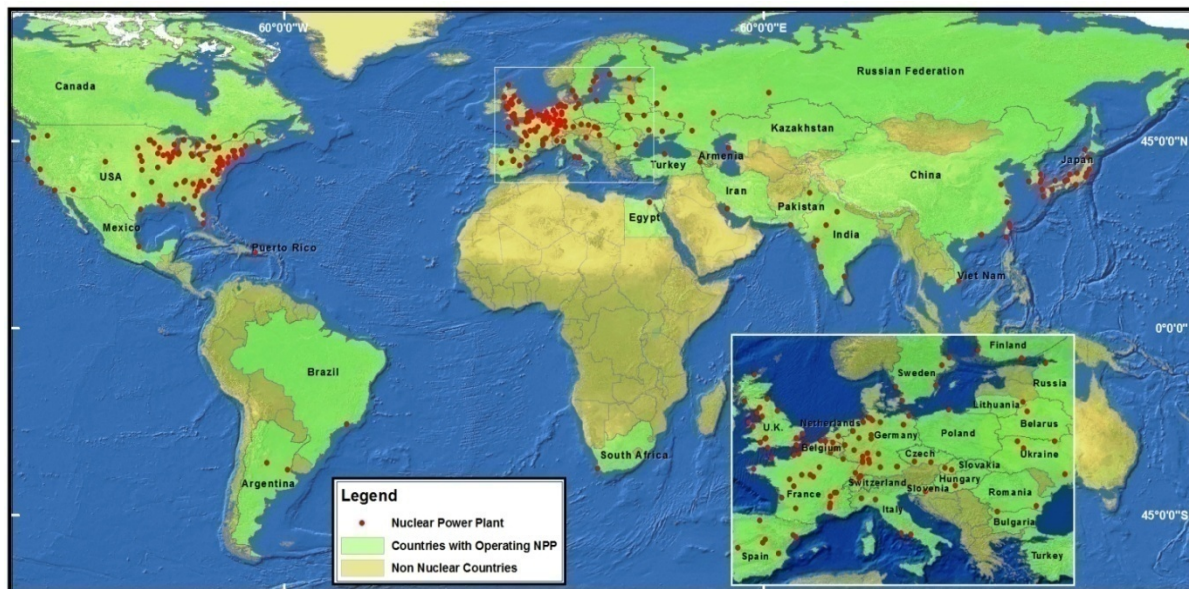


Дунёдаги энг катта АЭС Япониянинг Фукусимо станцияси. Унинг қуввати 8,8 ГВт. 2011-йилдаги авариядан кейин ҳам у энг катта станция мақомини сақлаб келмоқда.

Дунёдаги биринчи АЭС Россиянинг Обнинск шаҳрида 1954-йилда ишга туширилган, унинг қуввати 6 МВт эди. Кейинчалик, 1956 йилда Англияда қуввати 60 МВт бўлган станция, 1958-ва 1960-йилларда Германияда қувватлари 68 МВт ва 207 МВт бўлган АЭС лар қурилди. Агар эътибор



берсангиз станцияларнинг қуввати бир неча йил ичида бир неча ўн барабар ортган. Бу ўша йилларда атом энергетикаси соҳасининг кескин ривожланиши билан боғлиқ. Бугунги кунда Ер юзи бўйича 31 мамлакатда 190 дан ортиқ АЭС лар ишлаб турибди, 1.9-расмга қаранг.

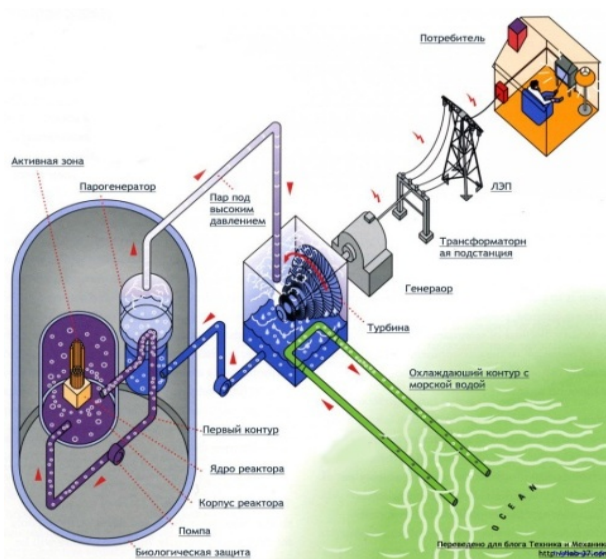


1.9-расм. Ер юзидаги АЭС ларнинг жойлашув харитаси.

Лекин сўнгги йилларда, айниқса Япониянинг Фукусимо АЭС авариясидан сўнг жаҳонда АЭС ларга бўлган қизиқиш сўниб бормоқда. Энг кўп АЭС ларга эга давлатлар, масалан Франция ва Германия келажакда уларни камайтиришни режаламоқда. Чунки амалиёт шуни кўрсатмоқдаки, инсоният техникавий тараққиётининг бугунги даражаси атом энергиясидан хавф-хатарсиз фойдаланишга ҳали тайёр эмас. Шунинг учун ҳам, биринчи президентимиз И. А. Каримов ташаббуси билан Марказий Осиё минтақаси ядродан холи минтақага айлантирилган.

20-асрнинг иккинчи ярмида кескин тараққий этган атом энергетикаси 21-аср бошларида экологик нуқта-иназардан талабга жавоб бера олмай қолди. Жаҳон фани атом энергиясидан фойдаланишнинг янги технологиялари устида изланмоқда. 1953 йилда Американинг ўша даврдаги президенти Дуайт Эйзенхауэр атом энергиясидан тинчлик мақсадларида фойдаланиш ташаббуси билан чикди. Шу асосда 1957 йилда БМТ ташаббуси билан Атом энергиясидан тинчлик мақсадида фойдаланишни тартибга

солувчи халқаро ташкилот МАГАТЭ (международное агентство по атомной энергетике) - IAEA (International Atomic Energy Agency) ташкил топди.



Ядро реактори.



Экологик хатарлар.

### **Ўзбекистон электроэнергетикаси ҳақида маълумотлар.**

Ўзбекистонда дастлабки электростанция Бўзсув электростанцияси бўлиб у 1926-йилда ишга туширилган. Кейинги даврларда катта қувватли: Чирчиқ-Бўзсув, Шахрихон, Наманган гидроэлектр станциялари каскади, Фарход, Чорвоқ гидроэлектр станциялари; Фарғона, Қувасой, Тошкент, Ангрен, Янги Ангрен, Охангарон, Навоий, Тахиатош, Толимаржон иссиқлик электростанциялари ва бошқа ўрта ва кам қувватли станциялар қурилди ва бугунги кунда мамлакатни электр энгергияси билан тامينлаб турибди. Шу кунларда Тўрақурғонда 900 МВт қувватли иссиқлик электр станцияси қурилиши олиб борилмоқда.

Мамлакатимиз худудида каттга тоғ дарёлари йўқ, мавжуд кичик тоғ дарёларида эса катта қувватли электростанциялар қуриш имконияти чекланган. Шунинг учун ҳам мамлакатимизда электр энергияси ишлаб чиқариш асосан (85%) иссиқлик электростанциялари ИЭС ҳисобига тўғри келади. Бугунги мавжуд иссиқлик электр станциялар газ ёнилғисига асосланган. Чунки ўтган асрнинг 70-йилларидан бошлаб мамлакатимизда табиий газ олиш ва ундан фойдаланиш тез ривожланди. Собиқ шўролар





мамлакатимизда, айниқса Тошкент вилояти ва Фарғона водийси вилоятларида электр энергияси танқислиги юзага келди.



1.11-расм. Қамчиқ довони орқали ўтган электр узатиш линияси.

Чунки бу худудлар бир қисм электр энергияни қўшни Тожикистон (Қайроқум электростанцияси) ва Қирғизистон (Нурек, Тўхтакул электростанцияси) давлатларидан олар эди ва бу тамилот тез -тез узилиб турар эди. Шунинг учун ҳам 2008-2009 йилларда Фарғона водийсини электр энергияси билан таминлаш мақсадида **Ангрен-Ўзбекистон** юқори кучланишли электр линияси қурилди ва Фарғона водийси мамлакатнинг бошқа худудлари билан ички линиялар орқали боғланди 1.11-расм. Мамлакат энергетикасида асосий эътибор мавжуд электростанцияларни қувватини ошириш ва қўшимча иссиқлик электростанциялари қуришга қаратилди.

2009 йилдан бошлаб мамлакатимиз электроэнергетика тизими мустақил энергетик тизим сифатида фаолият бошлади. Бугунги кунда электр энергиясини ишлаб чиқариш, уни узатиш, тақсимлаш ва электр энергияси билан боғлиқ барча фаолият билан 2001 йилда ташкил топган **Ўзбекэнерго** давлат акциядорлик компанияси (**Ўзбекэнерго ДАК**) шуғулланади.

## Мамлакатимизнинг асосий электрэнергетик кўрсаткичлари

Электростанцияларнинг умумий қуввати - **12.3 млн кВт**;

Ишлаб чиқарилган йиллик электр энергия - **48 млрд кВт соат**;

Катта қувватли электростанцияларнинг сони - **39 та**.

Экспорт **11.5 Млрд кВт соат**, Импорт **11,4 Млрд кВт соат**

Мамлакатнинг энг катта электростанциялари:

**ИЭС:** Сирдарё - 3 ГВт, Янги Ангрен - 2,1 ГВт, Тошкент - 1,86 ГВт,  
Навоий - 1,25 ГВт, Толимаржон - 0,8 ГВт.

**ГЭС:** Чорвок - 620 МВт, Фарход - 500 МВт, Хожикент - 165 МВт,  
Ғазалкент - 120 МВт

Йиллик электр энергиянинг тармоқлар бўйича тақсими:

40 % - саноатга;

30 % - қишлоқ хўжалигига;

20 % - аҳолига;

10 % - транспорт тизимига



Изоҳ: Блок станциялар-алоҳида корхона ва вазирликлар тасарруфидаги кичик қувватли электр станциялар

Иссиқлик электр станциялари -85,1%

Гидро электр станциялар -11,4%;

Корхоналар кичик станциялари-3,5%

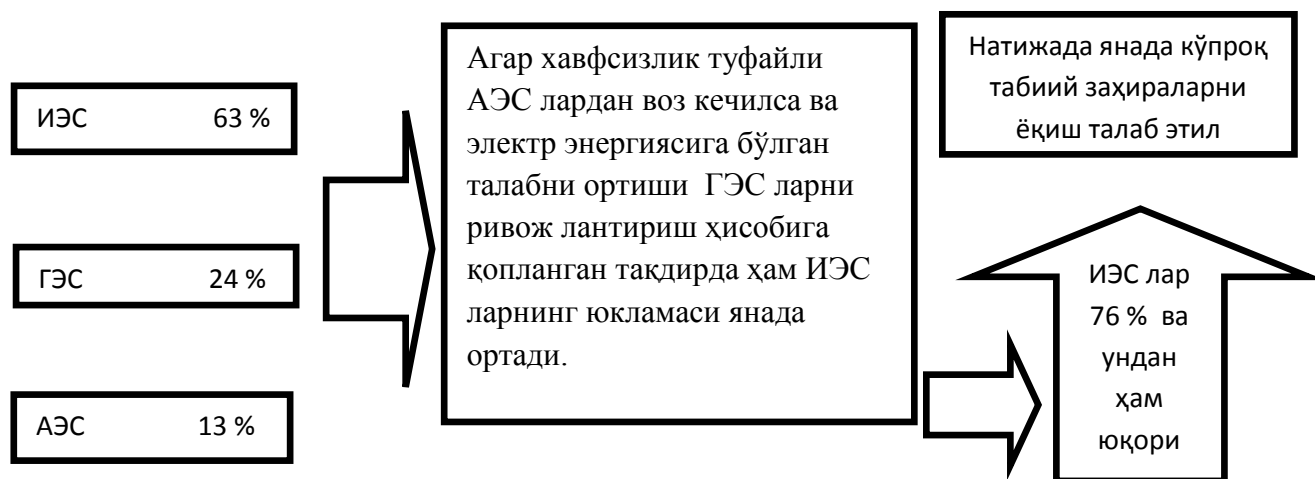
Жами 100 %

Изоҳ. Маълумотлар 2014 йил якунлари асосида олинган.

## 1.5. Электроэнергетиканинг глобал ва минтақавий муаммолари



Бугунги кунда жаҳон миқёсида кўмир энг кўп захирага эга, шунинг учун аксарият давлатларнинг электроэнергетика тизими (шу жумладан бизнинг мамлакатимизда ҳам) кўмир ёнилғисига мослашиб бормоқда. Бу ўринда Хитой биринчи ўринда туради. Юқорида кўриб ўтганимиздек жаҳон электроэнергетикасида ИЭС лар асосий ўрин тутди.



Мамлакатимиз шароитида эса бугуннинг ўзида ИЭС ларнинг умумий электр энергияси ишлаб чиқаришдаги улуши 85 % дан юқори. Шунинг учун ҳам мамлакатимизда яқин келажакка мўлжалланган дастурлар-ИЭС ларни газдан кўмир ёнилғисига ўтказиш амалга оширилмоқда.



Энергетика захираларини тежашнинг асосий йўналишларидан яна бири энергия тежамкор технологиялардир.

**Энергия тежамкор технологиялар, энергетика менежменти ва муҳандислик соҳаларида электр энергиянинг ўрни.** Ер шарининг чекланган имкониятлари унда чексиз ривожланиб боровчи ҳаётни таъминлаш учун қодир эмаслиги фан учун анча олдин маълум эди. Бу етишмовчилик айниқса энергия захиралари мисолида тобора яққол намоён бўлиб бормоқда. Олимларнинг маълумотларига кўра Ер шари 12 млрд . гача бўлган аҳолини ҳаёт билан таъминлай олади. Бугунги кунда эса ер шарига аҳоли 7 млрд. атрофида. Шунинг ўзиёқ табиий захиралардан фойдаланишда тежамкорликни талаб этади. Энергетика тилида бу тежамкорлик энергия тежамкор технологиялар деб аталади ва бу технологиялар энергетика менежменти тушунчасини пайдо қилган.



1.12-расм. Электр энергиясиз шаҳар ҳаётини мутлақо тасаввур этиб бўлмайди.

Бугунги кунда йирик шаҳарлар ва саноат корхоналарининг энергетика тизимлари кўп тармоқли, мураккаб, автоматлаштирилган муҳандислик-тижорат тизимларини ташкил қилади. Бу тизимларнинг барқарор ишлаши албатта энергетика тижорати натижалари билан боғлиқ.



Энергия танқислиги юзага келиб бораётган бугунги кунда энергиянинг назорати ва энергия тежамкор технологиялар соҳанинг янада ривожла нишини таъминловчи асосий омиллардан биридир. Энергия тежамкор технологиялар жуда кенг маъноли бўлиб, ишлаб чиқаришнинг ва жамият ҳаётининг барча соҳаларини камраб олади. Масалан, кундалик турмушимизда энергия тежамкор лампалардан фойдаланиш, қурилиш ишларида энергия тежамкор материаллардан (яъни иссиқликдан яхши изоляцияловчи материаллардан) фойдаланиш, ишлаб чиқариш жараёнларида машина ва механизмларнинг фойдали иш коэффициентини ошириш (эскирган техник ва технологияларни замонавийларга алмаштириш), энергия ишлаб чиқариш ва уни узатиш жараёнлари самарадорлигини ошириш ва бошқа кўплаб масалалар комплекси энергия тежамкор технологияларни ташкил қилади. Энергия тежамкорлик пировард натижада энергиядан фойдаланиш миқдорини камайтирмасдан туриб табиий энергия захираларини тежашга қаратилган. Чунки айнан энергияни ишлаб чиқариш, уни истеъмолчиларга узатиш ва ундан фойдаланиш жараёнларида жуда катта энергия исрофлари мавжуд.

Саноати ривожланган мамлакатларда олиб борилган илмий тадқиқотлар ёқилғи ва энергия ресурсларини иқтисод қилиш имкониятларининг катта эканлигини кўрсатди. Европа иқтисодий ҳамкорлиги (ЕИХ), **Халқаро энергетика агентлиги (ХЭА)** ва **Иқтисодий ҳамкорлик ва ривожланиш ташкилоти (ИХРТ)**нинг ҳисоб-китобларига қараганда энергетика ресурсларини қазиб чиқаришдан «фойдали энергия» тури сифатида истеъмолчиларга етиб келиши оралиғида 70% исроф бўлиб, фақат 30% игина истеъмолчиларга «фойдали энергия» сифатида етиб келар экан. Агар статистик материалларга қарайдиган бўлсак, 1978 йилда сарф бўлган 5 млрд. тонна шартли ёқилғининг 1,5 млрд. тоннасигина «фойдали энергия» сифатида истеъмолчига етиб келган холос. Демак Ердан қазиб олигнан умумий энегетика захираларининг 70% қисми исроф бўлган. Бу албатта йўл

кўйиб бўлмас даражадаги исрофдир. Лекин бугунги кунда жаҳон саноати шу исроф билан ишламоқда.

### **ХЭА-халқаро энергетика агентлиги<sup>11</sup> ( *International Energy Agency-IEA*, Международное энергетическое агентство-МЭА)**



*International Energy Agency, IEA*) 1974 йилда ташкил топган халқаро ташкилот бўлиб 29 давлатни (асосан НАТО га аъзо давлатлар, Корея ва Япония) бирлаштиради. Асосий вазифаси энергия захира ларидан фойдаланишни тартибга солиш ва назорат қилиш. Шунингдек аъзо давлатларнинг энергетик хавфсизлигини таъминлаш.

ХЭА маълумотларига кўра 1985 йилда шу ташкилотга кирувчи саноати ривожланган 20 давлатда энергиядан тежамкорлик билан фойдаланиш тўғрисидаги дастур бўйича амалга оширилган тадбирлар натижасида энергия исрофини 15% га камайтиришга эришилган.

Маълумки, ҳозирда деярли барча технологик ва электротехник қурилма ва машиналарнинг (сув насослари, иссиқ ва совуқ сув таъминоти тизимлари, лифтлар, конвейерлар, автоматлашган ишлаб чиқариш линиялари, вентиляция тизимлар ва ҳоказо) ижрочи органларини электр двигателли юритмалар ташкил этади. Бутун дунёда ишлаб чиқариладиган электр энергиянинг деярли 60% қисми асинхрон моторларда механик энергияга ўзгартирилган экан. Демак айнан шу жараёнларни фойдали иш коэффициентини ошириш электр энергияси тежамкорлиги муҳим аҳамиятга эга. Бунинг учун жаҳоннинг етакчи ривожланган ташкилотлари замонавий технологияларни ишлаб чиқмоқда. Бу соҳада қуйидаги ишлаб чиқарувчиларнинг маҳсулотлари юқори энергия тежамкор ҳисобланади:

<sup>11</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/международное энергетическое агентство](https://ru.wikipedia.org/wiki/международное_энергетическое_агентство)

SOLCON (Исроил), TOSHIBA (Япония), SIEMENS (Германия), DELTA (Хитой), ABB (Европа) ва бошқалар. Ҳар қандай ишлаб чиқариш жараёни ўзининг турли технологик жараёнлар кетма-кетлигига эга. Тежамкор ишлаб чиқаришни ташкил этишда айти шу кетма-кетликларнинг барчаси ягона – энергия тежамкорлиги нуқтаи-назаридан ташкил этилади. Масалан нон тайёрлашнинг технологик кетма-кетлигини буғдойни экишдан бошлаб тайёр нон ҳосил бўлгунгача жараёнларга ажратиб кўрайлик.



1.13-расм. Нон ишлаб чиқариш технологиясидаги кетма-кетлик.

Демак, нон (ва бошқа ҳар қандай маҳсулотни тайёрлашда ҳам) етиштиришда энг дастлабки хом ашёни етиштиришдан бошлаб тайёр маҳсулот олгунча бўлган барча технологик жараёнларни анализ қилиб, бу жараёнларга тегишли замонавий энергия тежамкор технологияларни қўллаш охир оқибатда энергия сарфини ва натижада маҳсулот нархини пасайтиришга, олиб келади. Кам энергия сарфлаб табиатга кам экологик

зарар етказганлиги учун бундай технологиялар экологик тоза деб ҳам айтилади. Кўриб ўтилган мисолдаги технологик жараёнлар турли муҳандислик тармоқларига тегишли (қишлоқ хўжалиги, машинасозлик, автомобил хўжалиги, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сақлаш ва қайта ишлаш, озиқ-овқат маҳсулотлари технологияси ва ҳоказо). Бу соҳалар ҳар бири ўзи мустақил соҳалар сифатида ривожланиб такомиллашиб боради. Лекин уларни бирлаштириб турувчи ягона мақсад мавжудки-бу энергия тежамкорлигидир.



Оддий уйни энергия тежамкор  
уйга айлантириш

Замонавий бино

1.14-расм. Энергия тежамкор ва замонавий технологияларнинг амалий тадбиқлари.



Энергия ва таракқиёт.

Энергия ва озиқ-овқат.

Энергия исрофгарчилиги.

1.15-расм. Энергиянинг исрофини биз турли кўринишларда, ҳар қадамда учратамиз.



Бугунги кунда илғор технологиялар энергия хавфсизлиги, энергия тежамкорлиги, энергия аудити тушунчаларини ўз ичига олади. Бу тушунчалар махсулот ишлаб чиқаришнинг энг оптимал ва экологик тоза технологияларини яратишга қаратилган.

### **Масалалар.**

1. Ернинг радиусини 6400 км деб ҳисоблаб Ер шари сиртига тушаётган қуёш нури қувватини топинг. 1 м<sup>2</sup> юзага мос қувват 1000 Вт деб олинг.

2. Ўзбекистонда бир йилда 50 млрд кВт соат электр энергияси ишлаб чиқарилади ва истеъмол қилинади. Юқоридаги масала шартдан Ўзбекистон худудига тушаётган қуёш энергиясини ҳаммасини электр энергиясига айлантирилса бир кунлик Қуёш энергияси Ўзбекистон учун қанча вақтга етади?

3. Ер шари сиртига бир секундда тушган Қуёш энергияси қанча қуруқ ўтиннинг ёниш энергиясига мос келади?

4. Электр ҳисоблагичнинг кўрсатиши дастлаб 0023456 эди бир ойдан сўнг унинг кўрсатиши 0023728 бўлди. 1 кВт соат электр энергияси 204 сўм бўлса, ҳисоблагич бўйича қанча сўмлик энергия истеъмол қилинган.

5. 1-жадвалда берилган барча моддаларнинг солиштирма ёниш иссиқликларини шартли ёнилғига нисбатан ифодаланг (жадвалдаги кўрсаткичларни ўртачасини олинг).

6. Уйингиздаги бир кунлик электр энергия сарфини шартли ёнилғи ва қуруқ ўтин ҳисобида ифодаланг.

7. Мамлакатимизда ишлаб чиқарилган йиллик умумий электр энергияни ҳосил қилиш учун тўғонининг баландлиги 100м бўлган ГЭС нинг сув сифими қанча бўлиши керак? Гидро электр станциянинг ф.и.к. 80 % деб олинг.

8. Бир йил давомида мамлакатимиз иссиқ электр станциялари (ИЭС) тахминан қанча миқдорда метан гази сарф қилади. ИЭС ларнинг ф.и.к. ни ўртача 40% деб олинг.



9. Чорвоқ сув омборининг сув сифими 4 млрд м<sup>3</sup> бўлса, шу сув хавзасига қурилган, тўғони баландлиги 200 м бўлган ГЭС нинг қуввати қанча бўлиши мумкин. ГЭС нинг ф.и.к. ни 80 % деб олинг ва у йил давомида бир меъёрда ишлаб барча сувни сарфлайди деб қаранг.

10. Сирдарё ИЭС нинг ўртача қуввати 3 МВт бўлса, бу станция суткасига қанча метан гази ёқади. ИЭС нинг ф.и.к. ни 35 % деб олинг.

11. Мамлакатимизда йиллик ишлаб чиқарилган электр энергиясининг тақсимотидан, битта оилага, бир кунда қанча электр энергияси мос келишини топинг. Мамлакатимиз аҳолисини 8 млн. оиладан иборат деб қаранг.

### **Таянч сўз ва иборалар.**

Энергия, ёқилғиларнинг ёниш энергияси, шартли ёнилғи, нефт ёнилғиси, электр энергияси, электр энергиясини ишлаб чиқариш, электростанциялар, магнит майдони, энергетик захиралар, ядро энергияси, геотермал энергия, қуёш энергияси, шамол энергияси. Электростанциянинг қуввати, атом электр станциялари, иссиқлик электр станциялари, гидро электр станциялар, энергия самарадорлиги, энергия исрофи, технологик жараён, энергетик хавфсизлик, энергия аудити, йиллик энергия ишлаб чиқариш, энергия тақсимоти, энергия назорати.

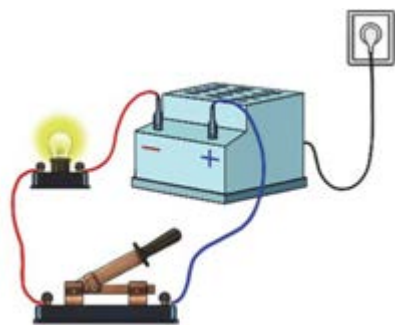
### **Назорат саволлари:**

1. Энергиянинг қандай турлари мавжуд ва улар инсоният тараққиётида қандай аҳамиятга эга?
2. Энергия фанда ва амалиётда қандай бирликларда ўлчанади?
3. Электротехника фани пайдо бўлишида ўзининг қандай ривожланиш босқичларини босиб ўтган?
4. Нима учун саноат электротехникаси фақат 19-аср охирларига келиб ривожлана бошлади?
5. Фарадейнинг электромагнитик индукция қонунини амалий аҳамиятини тушунтиринг.

6. Электр энергиясини катта масштабларда ишлаб чиқаришнинг салбий жihatлари нималардан иборат?
7. Мамлакатимизда электр энергияси асосан қандай усулда ишлаб чиқарилади ва нима учун?
8. Жаҳон электр энергетикасида қайси усулда электр энергияси ишлаб чиқариш етакчилиги қилади?
9. Жаҳон ва мамлакатимиз электр энергетикасининг ва умуман энергетиканинг глобал муаммоси нимадан иборат?
10. Нима учун жаҳон электр энергетикаси сўнгги йилларда кўмирга асосланмоқда?
11. Энергия тежамкор технологиялар нима ва уларни қўллаш нималарга олиб келади?
12. Тежамкор технологиялар соҳасида жаҳоннинг қандай йирик ишлаб чиқарувчилари етакчилиги қилмоқда?
13. Мамлакатимиз шароитида энергия тежамкор технологияларни қандай жорий этиш мумкин? Бунинг учун нима қилиш керак?
14. Мамлакатимизнинг кичик бизнес ва тадбиркорлик тизимларидаги озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқарувчиларини рақобатбардошлигини ошириш ва жаҳон бозорига чиқиши учун нималар қилиш керак?

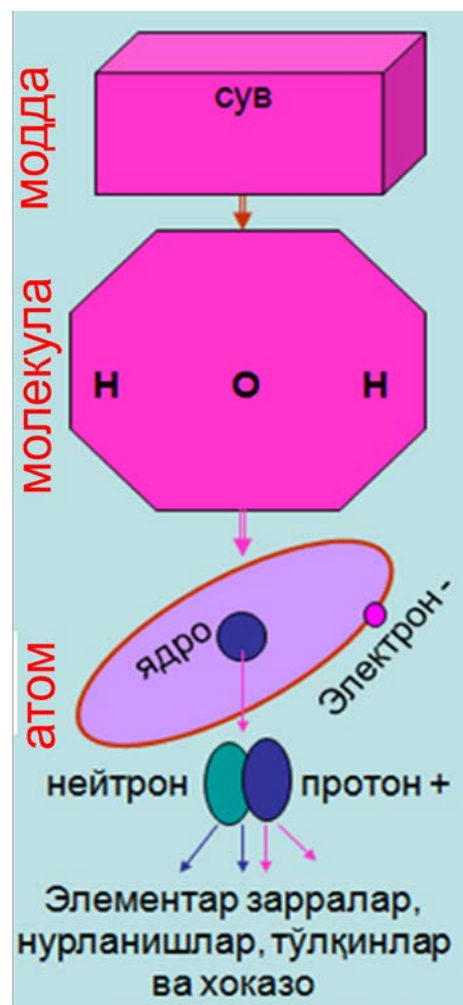
## ИККИНЧИ БОБ

### ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРИ



#### 2.1. Ўзгармас электр токи ва занжирлари

**21.1. Электр заряди, электростатик майдон. Кулон қонуни, конденсаторлар.** Табиатдаги барча моддаларни ташкил қилувчи моддий асос мавжуд бўлиб бу асосларнинг турли хил миқдорлардаги жамланмаси турли моддаларни ташкил қилади. Бу моддий асосни фанда **атом** деймиз. Атомлар жамланмаси турли **молекулаларни**, улар эса моддаларни **ташкил қилади**. Электрни ташкил қилувчи энг кичик зарралар ҳам мавжуд бўлиб, бу зарралар зарядланган заррача - **электрон ва протондир**. Табиатдаги барча электр ҳодисаларини ташкил қилувчи асос- электрон ва протон бўлиб, уларнинг турли муҳитлардаги ҳаракати электр токини ҳосил қилади. Шунинг учун ҳам электр ҳодисаларни ўрганиш турли муҳитлардаги электронлар ёки протонларнинг ҳаракатини ва уларнинг бошқа моддалар, ҳамда бири-бири билан таъсирлашувларини ўрганишдан иборат.

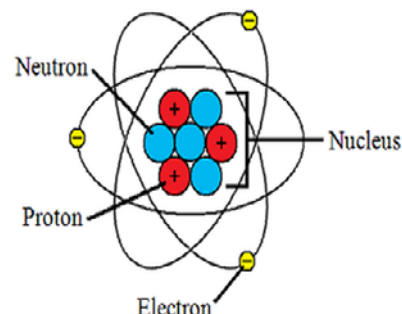


Электр зарядлари электрон ва протонлар зарядларидан иборат. Энг кичик зарядли элементар зарралар электрон – манфий зарядли, ва протон – мусбат зарядли деб қабул қилинган. Электрон ва протоннинг зарядлари абсолют миқдорлари эса тенг:

$$|p| = |e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл.}$$

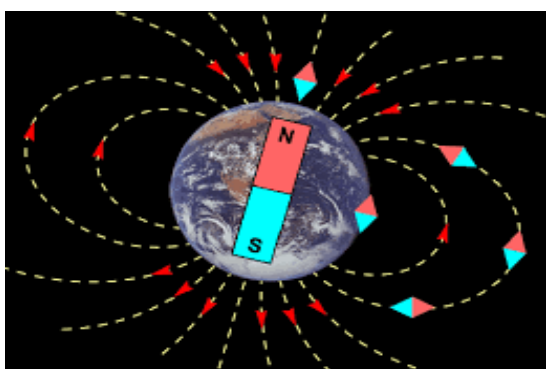
1897 йил Дж. Томсон электронни кашф этди	
1919 йил Э. Резерфорд протонни кашф этди	
1932 йил Дж. Чэдвик нейтронни кашф этди	

### Модданинг атом модели

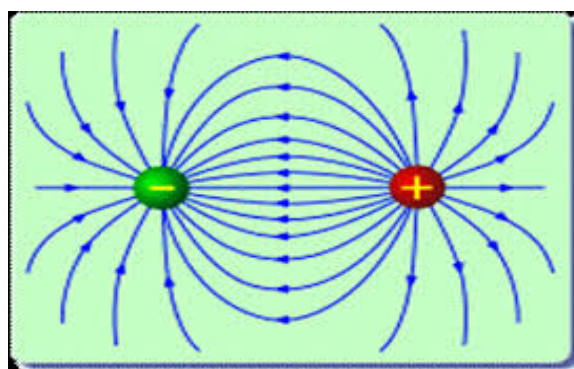


Турли хил моддаларнинг атомлари бир- биридан электронлар, протонлар ва нейтронларнинг сонлари билан фарқ қилади. Турли хил молекулалар бирлашиб турли хил кимёвий моддаларни ҳосил қилади. Атом ва молекула лардаги электрик кучларнинг табиати модданинг кимёвий ва физикавий хусусиятларини келтириб чиқаради.

Нормал ҳолда одатда моддаларда электронлар ва протонларнинг сони тенг бўлиб модда электр жихатдан зарядсиз-нейтрал бўлади, шунинг учун бу моддалар орасида Кулон кучлари пайдо бўлмайди. Агар моддадан қанчадир электрон бошқа моддага кўчирилса, ёки моддага ташқаридан қанчадир электрон киритилса, модда зарядланади ва зарядли моддалар орасида Кулон кучи пайдо бўлади. Масалан, инсон танасида электронлар ва протонлар сони 1 % га фарқ қилса, 1м масофада турган иккита одам орасидаги Кулон кучи тасаввур қилиб бўлмас даражада катта бўлган бўлар эди (хисоблаб кўринг).



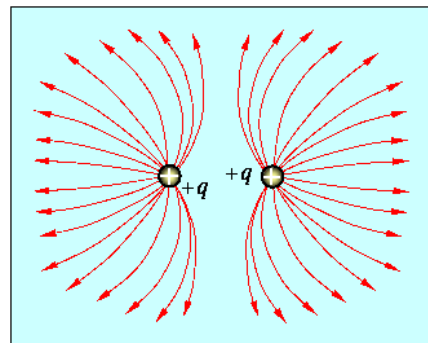
Ернинг магнит майдони.



Диполнинг (иккита қарама-қарши заряд) электростатик майдони

**Қўзғалмас заряднинг электр майдони электростатик майдон деб аталади.** Майдон куч чизиқларининг йўналиши шартли равишда қабул қилинган, бунда мусбат заряднинг куч чизиқлари заряддан ташқарига, манфий зарядники зарядга қараб йўналган деб қаралади.

Электростатик майдон куч чизиқларининг асосий хусусиятларидан бири шундаки, куч чизиқлари доимо тўғриланишга ҳаракат қилади, шунинг учун ҳам бир хил ишорали зарядлар ўзаро бир-биридан узоклашишга, қарама-варши зарядлар яқинлашишга ҳаракат қилади.



Куч чизиқларининг ўзаро таъсири миқдорий кўрсаткичлари Кулон қонуни орқали аниқланади.

Иккита заряднинг ўзаро таъсир Кулон кучи шу зарядлар катталикларига тўғри, улар орасидаги масофанинг квадратига тесқари пропорционал. Агар эътибор берсангиз Кулон кучи формуласи Ньютоннинг бутун олам тортишиш қонуни-гравитацион кучга ўхшаш. Фақат фарқ шундаки, Кулон кучлари ўзаро тортишиш ва итаришиш хусусиятига эга бўлса, гравитацион куч эса фақат тортишиш хусусиятига эга.

**Кулон қонуни**

$$F = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{R^2}$$

$$k = 8.992 \times 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon}$$

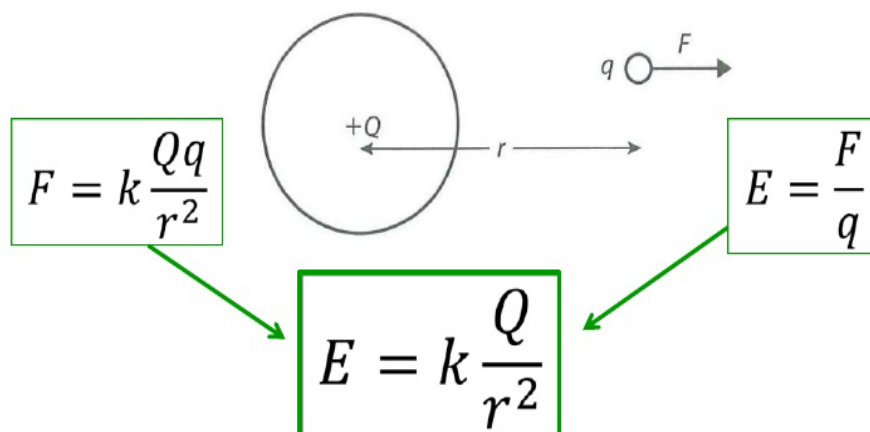
$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

Бу ерда к-пропорционаллик коэффициентини, яъни ўзаро 1 м масофада жойлашган, ҳар бирининг заряди 1 Кулондан бўлган иккита заряд вакуум да ўзаро  $9 \times 10^9 \text{ Н}$  куч билан таъсирлашади дегани.

Электростатик майдон унинг кучланган ганлиги  $E$  билан характерланади.  $Q$  заряднинг бирор  $A$  нуқтадаги ҳосил қилган кучланганлиги шу заряднинг катта лиги ва  $A$  нуқта билан заряд орасидаги масофага боғлиқ.



Q заряддан r масофадаги майдоннинг кучланганлиги

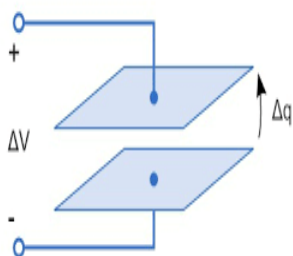


Майдон кучланганлиги бевосита ўлчаш учун А нўқтада бирор q заряд мавжуд деб қараймиз. Бу зарядга Q заряд тасир кўрсатади албатта. Энди шу таъсир кучини Кулон қонуни орқали топамиз, ва бу кучни q заряднинг миқдорига нисбати майдоннинг кучланганлигини беради.

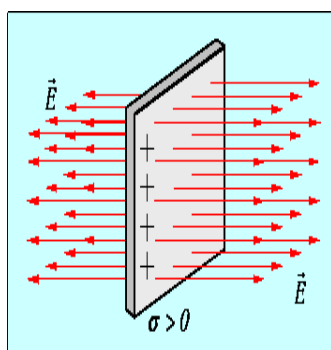
Демак кучланганлик  $E = F / q$

Унинг ўлчов бирлиги Н/ Кл = В/м

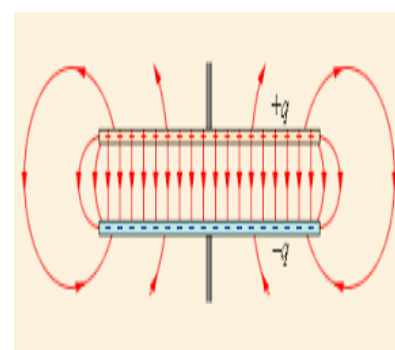
Электростатик майдон энергиясидан фойдаланиш учун майдонни йиғилади, бунинг учун конденсаторлардан фойдаланилади. Энг содда конденсатор ясси конденсатор, яъни иккита паралел пластинкадир



Ясси конденсатор



Пластиклардаги майдон



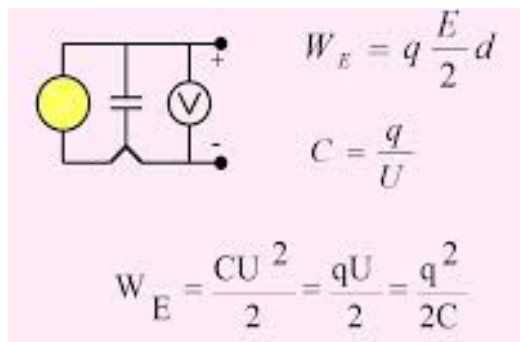
Конденсатордаги майдон

**Конденсаторнинг сиғими ва энергияси.** Электр сиғимнинг ўлчов бирлиги

**Фарада (Ф)**  $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$

Одатда сиғимнинг мкФ ( $10^{-6}$  Ф), пФ ( $10^{-9}$  Ф), нФ ( $10^{-12}$  Ф), бўлаклари ишлатилади.

Конденсатор энергияси унинг электр сиғимига ва қопламалар орасидаги кучланишнинг квадратига тўғри пропорционал. Хулоса қилиб айтганда, амалда кондесаторлар электр майдонини (демак, қўзғалмас электр зарядларни) ўзида йиғади. Бу худди махсулотларни идишга солишга ўхшаб кетади, масалан, сувни челакка, картошкани қопларга, газни ёпик идишга солинади ва ҳоказо. Бу идишларни сиғими бўлгани сингари конденсаторни ҳам сиғими мавжуд. Агар челакни сиғими унга қанча сув сиғишига қараб литрда ўлчанса, конденсаторни сиғими у қанча заряд солинганда учларда қанча кучланиш ҳосил қилишига қараб (Фарадаларда) баҳоланади ( $\Phi = \text{Кулон/Вольт}$ ).



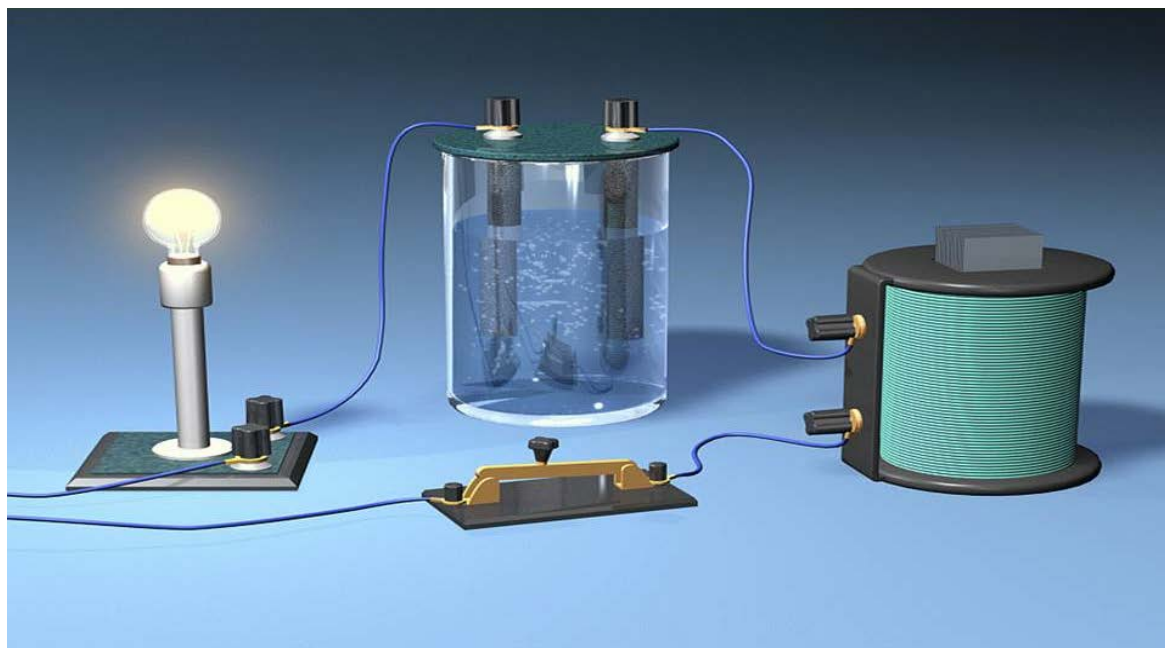
Конденсаторлар одатда электр схемаларда сигналларни фазалари бўйича силжитиш (кечиктириш) учун ишлатилади. Амалда уларнинг керамикали, қоғоз қопламали, электролитли турлари мавжуд. Шаклига кўра конденсаторлар ясси, цилиндрик, шарсимон, кўп қопламли, шунингдек, сиғими ўзгармас ва сиғими ўзгарувчан турлари мавжуд.



Сиғими ўзгарувчан конденсатор

**2.1.2. Электр токининг кимёвий манбалари.** Бугунги кунда кам қувватли электр ва электрон қурилмаларда асосан, кимёвий ток манбалари аккумулятор ва батареялар кенг қўлланилади. Кимёвий ток манбаларида кимёвий реакциянинг энергияси электр энергиясига айлантирилади. Биринчи кимёвий ток манбаи 1800 йилда италян олими Александ Вольтта томонидан яратилган. Бу ток манбаи жуда содда бўлган, яъни тузли сувга туширилган

иккита мис ва рух электродлардан иборат бўлган. 1836 йилда инглиз кимёгар олими Жон Даниэл Вольта тажрибасидаги шўр сув ўрнига олтингугурт кислотасини қўллаган. 1865 йилда францз олими Ж . Лекланше аммоний аралашмали суюқликли элементни ва марганец оксидли  $MnO_2$  қуруқ кимёвий элементни кашф қилди. Унинг ихтироси асосида 1896 йилда [National Carbon](#) компанияси қуруқ батареяларни оммавий ишлаб чиқаришни бошлади <sup>1</sup>.



2.1-расм. Оддий сувда ош тузининг эриши жараёнида электр токи ҳосил бўлиши.

Кимёвий ток манбалари кимёвий реакция натижасида ҳосил бўлиб ажралиб чиқадиган реакция маҳсулотларининг таркиби электр жиҳатдан зарядли бўлиб қолишига асосланган. Бунда реакция натижасида зарядли зарралар-ионлар ҳосил бўлди деб юритилади. Албатта, ҳар қандай реакцияда ҳам ионлар ҳосил бўлавермайди. Бунинг учун керакли кимёвий таркибни танлаган ҳолда кимёвий реакцияни амалга ошириш зарур. Шунинг учун ҳам кимёвий ток манбалари айрим моддаларнинг реакцияларига асосланади.

Кимёвий реакция натижасида ҳосил бўлган электр энергиясининг ташқи занжирга берилиши аккумуляторнинг иш жараёни (разрядланиши)

<sup>1</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический\\_аккумулятор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_аккумулятор)

аксинча, ташқаридан энергия олиб кимёвий жараённинг қайта тикланиши аккумуляторнинг зарядланиши деб айтилади.

Агар кимёвий жараёнлар тикланмас бўлса, бундай ток манбалари аккумулятор эмас, бир марталик ток манбалари (батареялар) деб юритилади. Демак, батареяларда ток ҳосил бўлиш жараёни қайта тикланмайдиган кимёвий реакциялар натижасида содир бўлади. Аккумуляторларда эса ток ишлаб чиқариш жараёнининг кимёвий реакцияси қайтувчан, яъни тикланувчандир. Бунинг учун аккумуляторга ташқаридан энергия берилса, жараён тикланади ва биз бу тикланиш жараёнини аккумуляторни зарядлаш деб атаёмиз.

Ишлаб чиқарувчи томонидан аккумуляторларда унинг ишчи кучланиши, ток сиғими, заряд-разряд цикллари сони, кимёвий элементи, ишлаб чиқарувчининг номи, аккумуляторнинг тури кўрсатилган бўлади. Батареяларда ҳам бу кўрсаткичлар (заряд-разряд цикллари сонидан ташқари) келтирилган бўлади, лекин аксарият ҳолларда батареяларда ток сиғими кўрсатилмайди.

Аккумулятор ва батареялардаги ишчи элементлар нафақат кимёвий жиҳатдан, балки электрик хусусиятлари билан ҳам фарқ қилади. Аккумуляторларда ишлатилувчи, кимёвий реакциялари қайта тикланувчи кимёвий таркиблар асосан 1,2 В э.ю.к. (электр юритувчи кучи) ҳосил қилади. Кимёвий реакциялари тикланмайдиган реакцияларда эса 1,5 В э.ю.к. ҳосил бўлади. Шунинг учун аккумуляторларнинг номинал кучланиши 1,2 В, батареяларда эса 1,5 В бўлади. Катта кучланишли аккумуляторлар 1,2 В кучланишли ячейкаларни ўзаро улаб ҳосил қилинади (масалан 12В, 24 В ва ҳоказо).

Бугунги кунда саноатда аккумулятор ва батареяларнинг жуда кўплаб турлари ишлаб чиқарилмоқда. Энг кенг тарқалган турлардан бири халқ тилида “бармоқ” (пальчик) номини олган А тип элементлардир (бундан кейинги матнларда аккумулятор ва батареялар умумий номда-элемент деб юритилади). Унинг уч хил ўлчамдаги турлари мавжуд, ўлчамларнинг

кичиклашиб боришига қараб А, АА, ААА турларга бўлинади. Бу турлар стандарт асосида элементнинг (аккумулятор ёки батарея бўлишидан қатъий назар) геометрик ўлчамлари ва массасини белгилайди. Масалан ААА тур элементнинг ўлчамлари: узунлиги — 44,6 мм, диаметри — 10,5 мм, массаси ўртача 12 грамм атрофида бўлади.



Қуйидаги расмда АА турдаги аккумулятор кўрсатилган. Ушбу кўрсатилган аккумуляторни асосий кўрсаткичларини санаб ўтамыз:

Тури (тип ва ўлчами-типоразмер)- АА;

Номинал кучланиши -1,2 В;

Ток сифими 2100 мА соат, (ёки  $2,1\text{А} \cdot 3600\text{с} = 7560\text{ Кл}$ );

Заряд-разряд цикллари сони -1000 тадан кўп;

Кимёвий таркиби NiMH;

Ишлаб чиқарувчи (Фирма) - GP



2.2-расм. Амалда кенг тарқалган электр токининг кимёвий манбалари-аккумуляторлар.

Ушбу келтирилган расмдаги аккумуляторларда жамланган электр энергия мос ҳолда:

$$1,2\text{ В} \times 2100\text{ мА соат} = 1,2\text{ В} \times 2,1\text{ А} \times 3600\text{ с} = 9072\text{ Ж.}$$

$$12\text{ В} \times 100\text{ А соат} = 12\text{ В} \times 100\text{ А} \times 3600\text{ с} = 4\,320\,000\text{ Ж.}$$

Демак, автомобил аккумуляторида оддий бармоқ типдаги аккумуляторга қараганда 470 марта катта энергия жамланган.



Бугунги кунда саноатда қуйидаги кимёвий таркибли аккумулятор ва батареялар кенг миқёсда ишлаб чиқарилади

Кимёвий таркиби	Катод	Электролит	Анод	Кучланиши, В
<u>Марганец-рухли элемент</u>	MnO <sub>2</sub>	KOH	Zn	1,56
<u>Марганец-оловли элемент</u>	MnO <sub>2</sub>	KOH	Sn	1,65
<u>Марганец-магнийли элемент</u>	MnO <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	Mg	2,00
<u>Қўрғошин-рухли элемент</u>	PbO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Zn	2,55
<u>Қўрғошин-кадмийли элемент</u>	PbO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Cd	2,42
<u>Қўрғошин-хлорли элемент</u>	PbO <sub>2</sub>	HClO <sub>4</sub>	Pb	1,92
<u>Симоб-рухли элемент</u>	HgO	KOH	Zn	1,36
<u>Симоб-кадмийли элемент</u>	HgO <sub>2</sub>	KOH	Cd	1,92
<u>Симоб олов оксидли элемент</u>	HgO <sub>2</sub>	KOH	Sn	1,30
<u>Хром-рухли элемент</u>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Zn	1,8—1,9



2.3-расм. Жаҳон саноатида ишлаб чиқариши кенг тарқалган, бармоқ туридаги аккумуляторлар.

Ток манбаларида ишлатилувчи асосий кимёвий элементлар ва уларни ишлашида юзага келувчи кимёвий реакциялар ҳақида тўлиқроқ маълумотлар олиш учун Charls Gross Fundamentals of Electrical Engineering. 2012 by Taylor & Francis Group, 136-141 p. тавсия этилади.

**2.1.3. Ўзгармас электр токи, металлларнинг электр ўтказувчанлиги, қаршилик, Ом қонуни.** Ўзгармас ток манбаида манфий зарядлар бир томонда мусбат зарядлар иккинчи томонда йиғилган бўлади ва ташқи занжир орқали

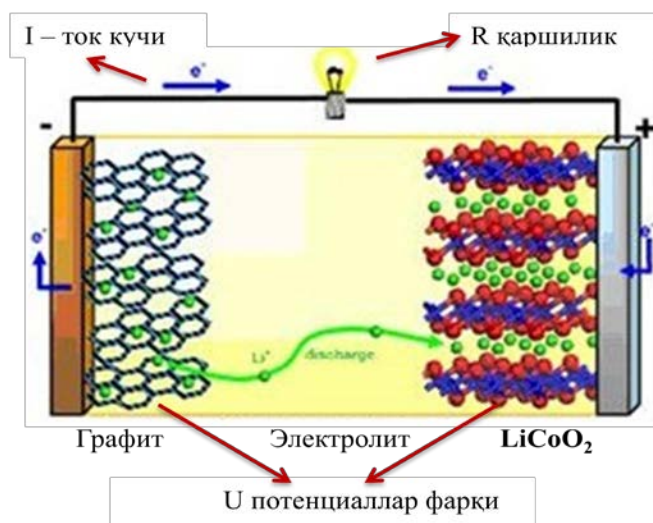
электронлар бир томонга (манфий электрод катоддан мусбат электрод анод томонга) ҳаракатланади. Шунинг учун ҳам, ўзгармас электр токи деганда, фақат бир томонга қараб оқувчи ток тушунилади. Электр токининг катталиги ток кучи  $i$  орқали ҳарактерланади ва у ўтказгичдан оқиб ўтаётган  $q$  заряд миқдорининг  $t$  вақтга нисбати билан аниқланади

$$I = \frac{q}{t} \quad \left( A = \frac{Кл}{с} \right)$$

Ток кучи  $I$  маълум электр зарядлар ( $q = eN$ , бунда  $e$  электрон заряди,  $N$ - электронлар сони) йиғиндисининг узлуксиз ҳаракатидан иборат бўлиб, сон жихатдан ана шу зарядлар миқдорининг вақтга нисбати билан аниқланади. Ток кучининг ўлчов бирлиги сифатида Ампер (А) қабул қилинган.

**Масалан, ўтказгичдан 1 Ампер ток кучи ( $1 A = 1 Кл / 1 с$ ), ўтиши учун, унинг кесимидан ҳар секундда  $N = 1 Кл / 1,6 \cdot 10^{-19} Кл = 6,25 \cdot 10^{18}$  та электрон ўтиб туриши керак, чунки шунча миқдордаги электронлар 1 Кулон зарядни ҳосил қилади .**

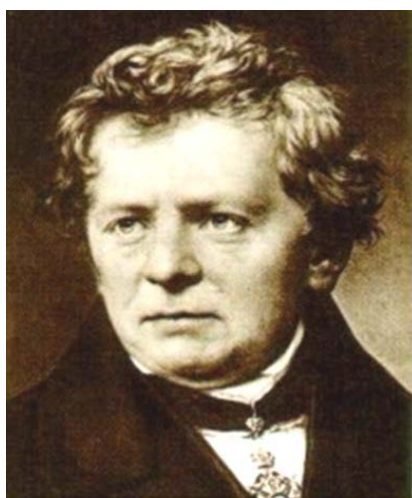
Аккумуляторнинг катода ортиқча электронларга эга, анодда эса электронлар учун бўш ўринлар бор. Ташқи занжир орқали электронлар анодга томон ҳаракатланиб ток оқимини ҳосил қилади. Бу ўзгармас электр токи деб айтилади.



2.4-расм. Аккумуляторда электр токи ҳосил бўлиши.

Аккумуляторда анод ва катод пластинкалари (мусбат ва манфий электродлар оралигида) энергетик фарқ юзага келади, бу потенциаллар фарқи-кучланиш деб айтилади. Ташқи занжир орқали орқали қанча ток кучи ўтиши истеъмолчи қаршилигига боғлиқ. Занжирдаги ток кучи  $I$ , кучланиш  $U$  ва қаршилик  $R$  орасидаги муносабат **Ом қонуни** орқали аниқланади:

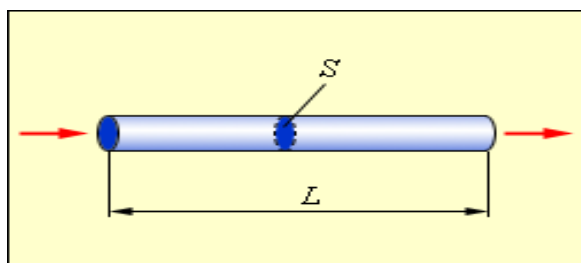
$$I = \frac{U}{R} \quad (1 \text{ A} = 1 \text{ V} / 1 \text{ ом})$$



1787-1854 йилларда яшаган машҳур немис олими Ом Георг Симон оддий тажрибалар асосида жуда муҳим амалий қонуниятларни яратди. У Германия мактабларида физика ва математика фанларини ўқитиш билан бирга буюк илмий кашфиётларни амалга оширган. Жумладан, электр занжирининг асосий қонунини шунингдек кристаллар оптикиси ва акустика соҳасида ҳам буюк кашфиётлар қилган. 1833 йилдан у Нюрнберг

университети профессори ва Лондон қироллик жамияти аъзоси бўлган. Г.С. Ом ўзининг ўта содда тажрибалари асосида электротехниканинг энг асосий фундаментал қонунларини ярата олган машҳур олимдир

Агар бирлик вақт ичида электрон оқими (уларнинг сони) ўзгармас бўлса, яъни тенг вақтлар орасида занжирга бир хил миқдордаги электр зарядлар



келтириб турилса, бундай ток ўзгармас ток дейилади. Ом ўз тажрибаларида манбага турлича қаршиликларни улаб токни ўзгаришини текширган

ва занжирдаги ток кучи қаршилик билан чизиқли боғланганлигини биринчи бўлиб аниқлаган. Ўтказгич симларнинг қаршилиги сим материалига ва унинг геометрик ўлчамларига боғлиқ.

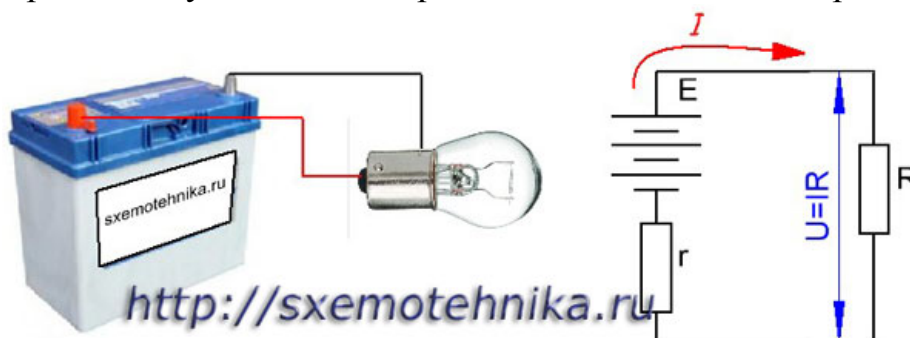
$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

бу ерда,  $\rho$  - симнинг солиштирма қаршилиги (Ом х мм<sup>2</sup>/м ёки Ом х м) бўлиб, шу симнинг материалига боғлиқ,  $S$ -симнинг кўндаланг кесим юзаси (м<sup>2</sup>),  $\ell$ -симнинг узунлиги (м).

Баъзан қаршиликка тескари катталиқ-электр ўтказувчанлик тушунчаси ҳам ишлатилади. Электр ўтказувчанликнинг бирлиги сифатида Сименс (См) қабул қилинган.

$$G = \frac{1}{R}; \quad \frac{1}{\text{ом}} = \frac{a}{b} = \text{См (Сименс)}$$

Агар манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олмасак, аккумулятор клеммалари даги кучланишни қаршиликка нисбати занжирдаги ток кучини беради,

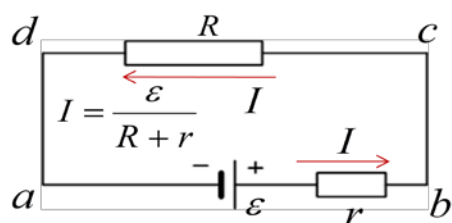


$I = U / R$ - бу занжирнинг бир қисми (фақат ташқи занжир) учун Ом қонуни деб юритилади. Одатда, ток манбаларидан фойдаланганимизда манбанинг кучланишини аккумулятор клеммаларида ўлчанади. Бу катталиқ ташқи занжирга берилаётган кучланиш деб қаралади. Аслида эса, манбанинг ички қисмидаги (аккумуляторлар пластинкаларидаги) элементлар ҳам қаршиликка эга ва уларда ҳам кучланиш тушувлари юзага келади. Баъзи идеал ҳолларда (масалан, ташқи занжирнинг қаршилиги жуда катта бўлганда) манбанинг ички қаршиликларини ҳисобга олмаслик мумкин. Лекин, амалда аккумуляторнинг ички қисмларидаги қаршиликлар ҳам занжирдаги

жараёнларга ўз таъсирини ўтказди, шунинг учун ҳам манбанинг ички қаршиликларини ҳисобга олиш зарур.

Бунинг учун манбани ички қаршилигини  $r$  деб белгилаб, уни ташқи занжир қаршилиги (истеъмолчи) билан кетма-кет улаймиз. Натижада ёпик электр занжири ҳосил бўлади, энди занжирдаги умумий кучланиш  $R$  ва  $r$  қаршиликлардаги кучланишларнинг йиғиндиси ( $E = IR + Ir$ ) дан иборат бўлади, бу йиғинди манбанинг электр юритувчи кучи  $E$  (э.ю.к.) деб аталади. Ом қонуни эса тўла занжир учун Ом қонуни деб юритилади.

$$I = \frac{E}{R+r}$$

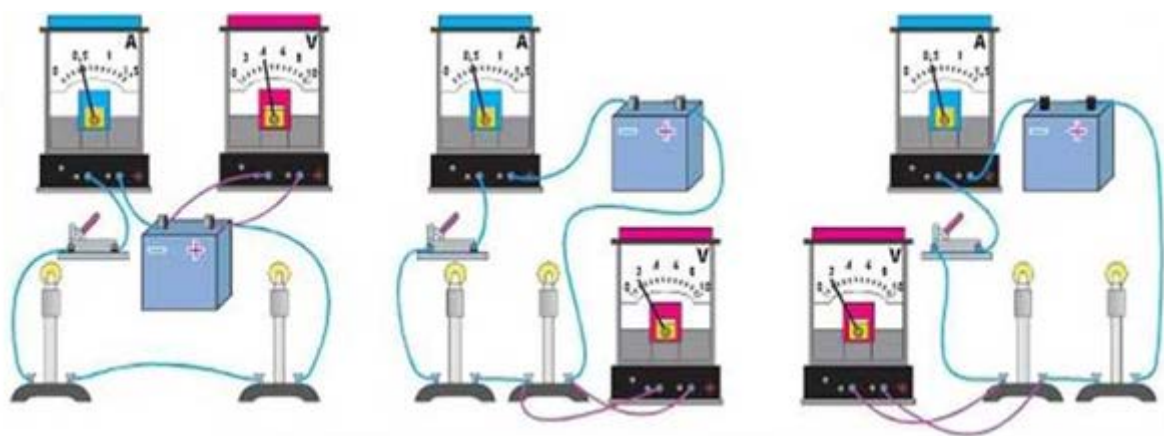


2.5-расм. Ом қонунига доир.

Тўла занжир учун Ом қонунидан ташқи занжирдаги кучланишни топсак,

$$U = E - I r.$$

Кетма-кет уланган электр занжирида кучланишларнинг тақсимотини тажрибада кўриб чиқамиз.



1-схема

2-схема

3-схема

2.6-расм. Истеъмолчиларни кетма-кет улаш-Ом тажрибалари.



1-схемада иккита истеъмолчи кетма –кет уланган, умумий кучланиш 4 В, занжирдаги ток кучи 0,5 А, демак, занжирнинг умумий қаршилиги Ом қонунига кўра,  $R = U / I = 8 \text{ Ом}$ . 2 ва 3-схемаларда эса ҳар икки истеъмолчи-лампарлардаги кучланишлар алоҳида–алоҳида ўлчанди. Лампарлардаги кучланиш 2 В дан, умумий кучланиш 4 В га тенг. Демак, истеъмолчилар кетма-кет уланганда:

$$U_{\text{ум}} = U_1 + U_2 ; \quad R_{\text{ум}} = R_1 + R_2$$

**2.1.4. Электр токининг қуввати.** Қувватни ҳосил қилувчи энергетик системанинг туридан қатъий назар, вақт бирлигида бажарилган иш қувват деб аталади. Демак, қувват системанинг маълум вақтда қанча иш бажара олишини билдирувчи катталиқдир. Қувватнинг умумий таърифига кўра

$$P = \frac{A}{t}, \quad \left( \text{Вт} = \frac{\text{Жоул}}{\text{секунд}} \right)$$

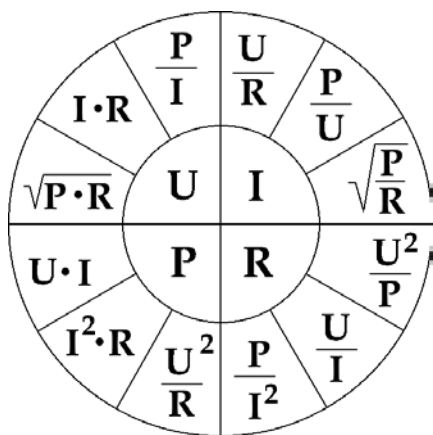
Электр занжирдан ток ўтганда маълум энергия ажралиб чиқади (иш бажарилади) бунда электр токининг қуввати

$$P = I U, \quad \text{Вт} = \text{А} \times \text{В} \quad \left( \text{Вт} = \text{Ампер} \times \text{Вольт} \right)$$

Қувватнинг ўлчов бирлиги Ватт қисқача Вт ёзилади ( $\text{Вт} = \text{В} \times \text{А}$ ).

Амалда, масалан, катта қувватли машина ва механизмларни, электр станцияларни қувватини ифодалашда кўпроқ қувватниг киловат, Меговат, ГегоВат бирликлари ишлатилади:

1кВт = 1000 Вт; 1МВт = 1 000 000 Вт; 1ГВт = 1 000 000 000 Вт. (айрим чет эл адабиётларида қувват W орқали ҳам белгиланади).



Ушбу схема занжирдаги асосий катталиқларнинг муносабатларини билдиради.

Ом қонуни ва қувват формуласидан фойдаланиб

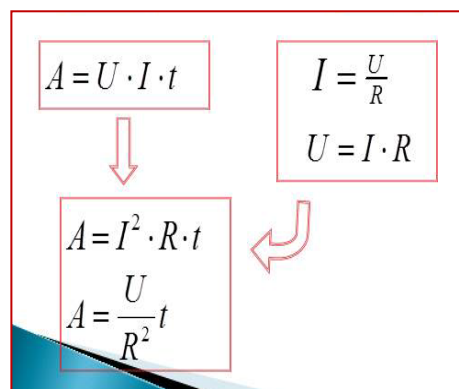
- ток кучи  $I$ ,
- кучланиш  $U$ ,
- қаршилик  $R$ ,
- қувват  $P$ ,

каби катталиқларни турли кўринишларда

ифодалаш мумкин.

**Электр токининг иши (энергияси).** Қувватга эга ҳар қандай система иш бажариш қобилиятига (ўз энергиясини бошқа системага узатиш) эга. Унинг қанча иш бажариши қувват ва вақтга тўғри пропорционал

$$A = P \cdot t$$



Электр ҳисоблагич электр токининг бажарган ишини (энергиясини) ўлчайди ва уни **кВт соат** кўринишда ифодалайди.

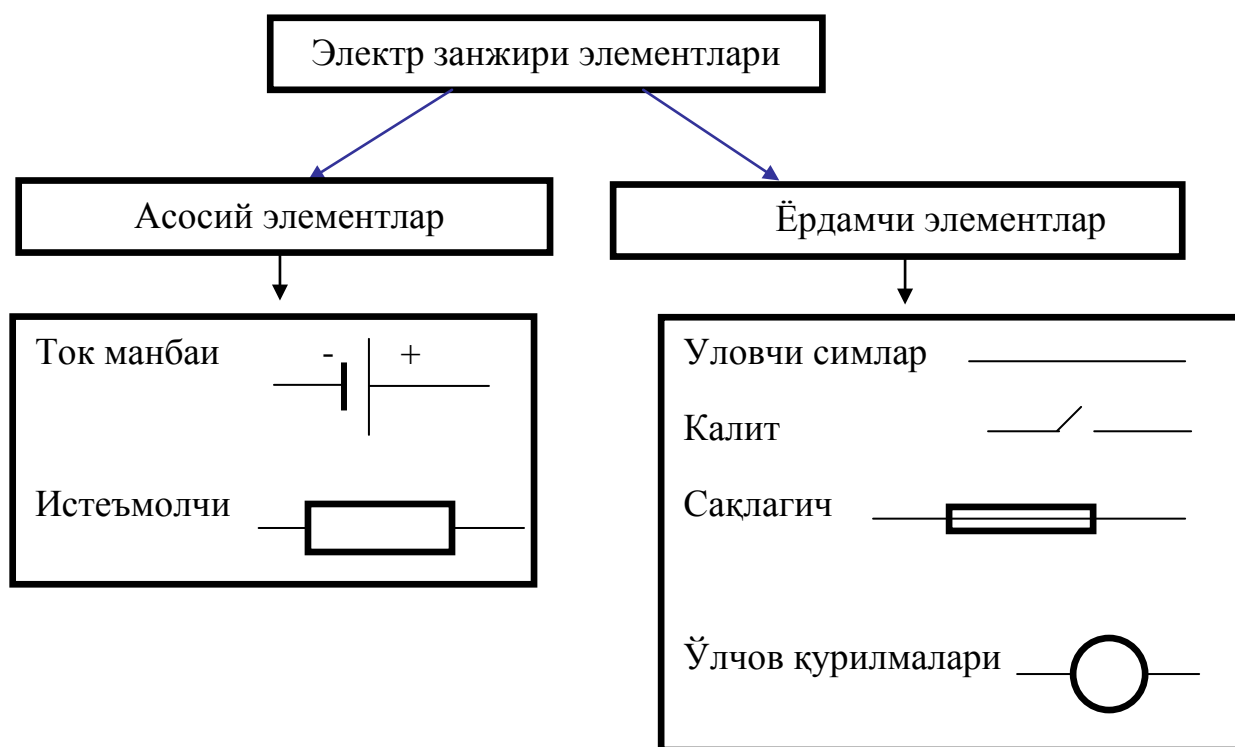
$$1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 1000\text{Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \text{ МЖ}$$

Электр токи манбасининг энергияси (масалан аккумуляторнинг энергияси) иш бажаришга сарфланади, бу бажарилган иш фойдали иш ёки исроф бўлиши мумкин. Шунга қараб на фақат электр қурилмалар учун, балки бошқа ҳар қандай, иш бажара олиш қобилиятига эга системалар учун фойдали иш коэффициентлари ф.и.к. тушунчаси киритилади.

**2.1.5. Электр занжири элементлари ва иш режимлари.** Электр токини ҳосил қилувчи ҳамда унинг оқиб ўтишини таъминловчи қурилмалар йиғиндиси **электр занжир** деб аталади. Электр занжири асосий ва ёрдамчи элементлардан иборат бўлади. Занжирдаги асосий вазифани бажарувчилар занжирнинг асосий элементларидир, булар ток манбаи ва истеъмолчилардир.

Лекин амалда электр токидан фойдаланиш манба ва истеъмолчидан ташқари яна бир қатор элементларни қўллашни тақозо этади. Масалан, уйимизда ёритиш чироқларини қулай жойга осиб қўямиз, унга электр

токини симлар орқали тортамыз, ўчириб-ёқиш учун қулай жойга калит (включател) ўрнатамыз, фойдаланилган электр энергиясини ҳисобини юритиш ва пул тўлаш учун чироқни электр ҳисоблагич орқали улаймиз, симларни қизиб кетишидан ҳимоялаш учун махсус (эрувчан ёки автоматик ренели) сақлагичлардан фойдаланамиз. Ёки автомобил электр тизимини кўрайлик. Ёритиш чироқлари ва бошқа қурилмалар симлар орқали аккумулятордан ток билан таъминланади, керакли жойларга калитлар, сақлагичлар, назорат қурилмалари ўрнатилади ва ҳоказо. Истеъмолчини ток манбаига улаш ва занжирнинг ишлашини бошқариш ва назорат қилиш учун зарур бўлган бундай элементлар занжирнинг ёрдамчи элементлари деб юритилади. Электр занжирларида барча элементлар шартли белгилар орқали ифодаланади. Шартли белгилар, айрим фарқларни ҳисобга олмаганда, деярли барча давлатларда бир хил<sup>2</sup>

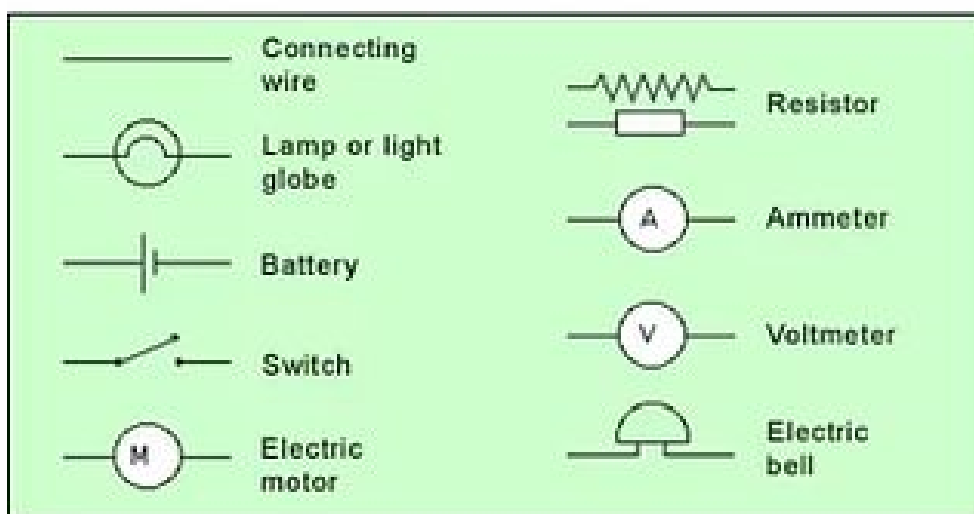


Схемалардаги шартли белгилар Европа давлатлари ва Америкада ҳам деярли шундай, фақат унча катта бўлмаган айрим фарқлар мавжуд<sup>3</sup>

<sup>2</sup> <http://www.curriculum.edu.au>

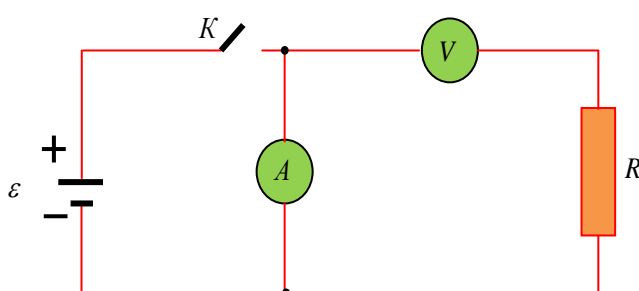
<sup>3</sup> <http://www.curriculum.edu.au>

## Symbols Used in Circuit Diagrams

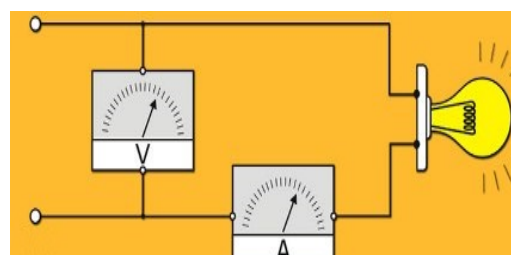


Америка ва Европа давлатларида амалдаги шартли белгилар

Белгилашлардан фойдаланиб оддий электр занжирини тузамиз



а



б

2.7-расм. Оддий электр занжирини схемаси (а) ва занжирнинг элементлари (б).

Электр занжирларини таҳлил қилиш ва уларни ҳисоблашда занжирларга хос бўлган “тугун”, “тармоқ” ва “контур тушунчалари қўлланилади.

**Тугун**-занжирдаги уч ва ундан ортиқ элементларнинг бирлашган нуқтаси, тугун занжирларда қуюқ нуқта қилиб белгиланади.

**Тармоқ**-тугунларнинг оралиғи тармоқ деб айтилади. Электр занжирларида тармоқларнинг тоқлари тугунларда йиғилади ва қайта янги тармоқларга ажралади.

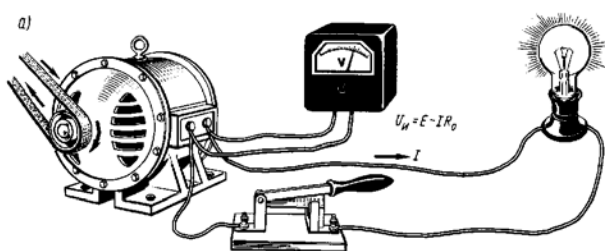
**Контур**-ёпиқ электр занжиридир. Одатда электр занжирлари кўплаб контурлардан иборат бўлади. Контурлар сони занжирнинг мураккаблик даражасини аниқлайди. Энг содда электр занжири битта контурдан иборат бўлади.



2.8-расм. Электр занжиридаги асосий тушунчалар.  
Тугун – узел – knot; Тармоқ - ветвь – branch; Контур - контур-contour

**Электр занжири иш режимлари.** Электр занжирларининг иш режимлари амалда кўпроқ электр қурилмалари иш режимларига мос келади.

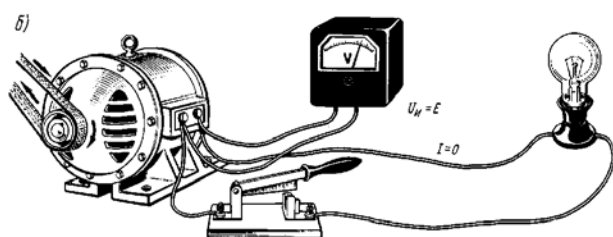
Занжирнинг, ёки электр қурилмасининг иш режими уч турга бўлинади:



- номинал режим; (nominal operating)

манбага (генераторга) истеъмолчи (лампа) уланган, электрзанжири

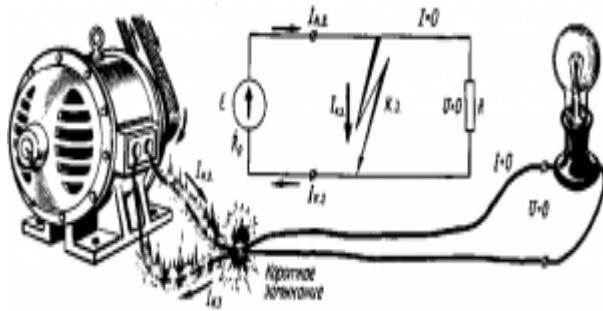
номинал (меъёрий) иш режимида ишламоқда.



-салт (холостой) режим; (single operating) манбага истеъмолчи

уланмаган





-қиска туташув режими (mode of short) занжир бирор қисмида қиска туташув содир бўлган. Занжирда ток кучи кескин ошиб ёнғинга олиб келади. Занжирнинг авария режими.

Электр занжирлари иш режимида номинал иш режими муҳим аҳамиятга эга. Занжирнинг (қурилманинг) номинал иш режимини таъминлаш уни узоқ муддат сифатли ва ишончли қўлланилишини таъминлайди. Шунинг учун, электр қурилмалари ва занжирларида номинал режимни таъминлаш муҳим амалий аҳамиятга эга. Электр қурилмалари учун номинал режим шартлари қурилмани ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланади ва уни конструкциялаш жараёнларида ишлаб чиқилади.



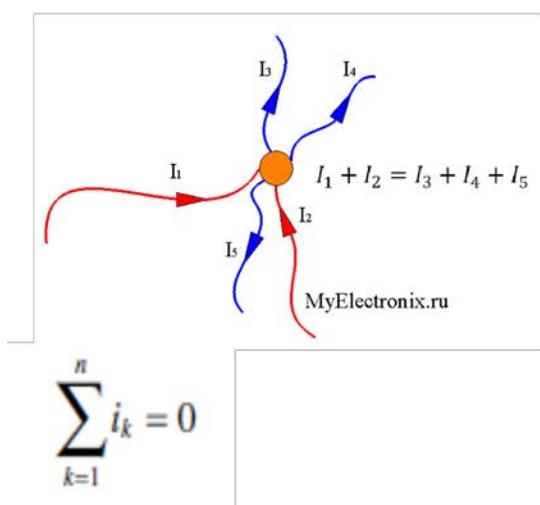
Масалан бармоқ шаклдаги AA турдаги GP аккумулятор ишчи кучланиши 1,2 В, ва 2100 мА ток гача меъёрда ишлайди, ток кучи ундан ортиб кетса аккумулятор қизиб, тез ишдан чиқади. Аккумуляторни 1000 мартагача қайта зарядлаш мумкин. Айнан мана шу параметрлар ушбу аккумулятор учун номинал ҳисобланади.

Ёки оддий чўғланма толали электр лампасини олсак. Унда 230 В, 100 Вт, 1000 соат ёзувлари бор, демак, бу лампа 230 В кучланишда 100 Вт қувват олиб ишлайди. Умумий ҳолда лампа 1000 соат ёниб туриши мумкин.

Умуман олганда, барча қурилмалар, машина ва механизмлар учун номинал кўрсаткичлар мавжуд. Масалан, автомобилларнинг тезликлари кўрсаткичи, юк кўтариши, ёнилғи сарфи, ёки электр двигателининг қуввати, айланиш тезлиги ва ҳоказо. Номинал кўрсаткичлар таъминланган шароитда ҳар қандай машина ва механизм ишлаб чиқарувчи томонидан қафолатланган даражада ва муддатларда ишлайди.

## 2.1.6. Кирхгоф қонунлари.

Электр занжирлари тугунларида тоқлар йиғилиб яна қайта тақсимланади. Агар электр занжиридаги тоқнинг оқимини сувга қиёсласак, (Амазонка дарёсининг қуйилиш қисмига қаранг) сув оқими давомида бўлиниб боради. Сувнинг тармоқланиш нуқталарини тугун деб атасак, бўлинган сувлар миқдорининг йиғиндиси бўлинишдан олдинги сув миқдорига тенг эканлиги равшан. Кирхгоф ҳам ана шу ҳолатни электр занжирлари учун қўллаган.



2.9-расм. Кирхгоф қонунларига доир.

**Кирхгофнинг биринчи қонунига** кўра, тугундаги тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг. Ёки тугунга қанча тоқ келса, тугундан шунча тоқ чиқиб кетади.

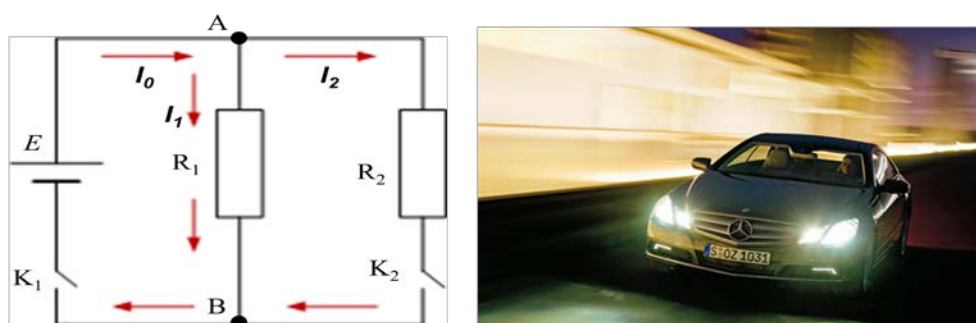


Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887). Густав Роберт Кирхгоф 1824-1887 йилларда яшаган машҳур немис физик ва математик олими. Электр занжирларига тегишли фундаментал тадқиқотлар ўтказган ва занжирлар учун асосий қонунларни яратган. Унинг қонунлари занжирдаги тоқлар учун (биринчи қонуни) занжирдаги кучланишлар учун (иккинчи қонуни). Бу қонунлар электротехникада муҳим амалий аҳамиятга эга.

Кирхгоф электр қонунларидан ташқари яна механика, гидродинамика, математика физика ва оптика соҳаларида ҳам кўплаб илмий ишлар қилган. Масалан, иссиқлик нурланишининг асосий қонунларидан бирини, яъни нурланиш ва ютилиш хусусиятларининг нисбати жисмга боғлиқ эмаслиги ҳақидаги қонуниятни Кирхгоф яратган.

Кирхгофнинг биринчи қонунини қуйидаги амалий масала орқали кўрамиз. Манбанинг-автомобил аккумуляторининг кучланиши  $E=12\text{ В}$ , унга автомобилнинг яқинни ва узоқни ёритиш чироқлари параллел уланган. Яқинни ёритиш чироғи лампасининг қаршилиги  $R_1=12\text{ Ом}$ , узоқни ёритиш чироғининг қаршилиги эса  $R_2 = 3\text{ Ом}$ .  $K_1$  калит уланганда  $R_1$  лампа ёнади,  $K_2$  калитни уласак  $R_2$  лампа ҳам ёнади, занжирни тўла қаршилиги

$$R_{\text{ум}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2,4\text{ Ом.}$$



2.10-расм. Иккита истеъмолчини паралел улаш схемаси (а) ва амалий тадбиқи (б).

Демак, иккита лампа биргаликда аккумулятордан  $I = U / R_{\text{ум}} = 12\text{ В} / 2,4\text{ Ом} = 5\text{ А}$  ток истеъмол қилади. Яъни манбадан  $I_0 = 5\text{ А}$  ток оқиб чиқади.

Иккинчи томондан, лампалар паралел уланган, ҳар бир лампа бир хил, яъни  $12\text{ В}$  кучланиш остида. Ом қонунига кўра, лампалардаги ток кучлари:

$$I_1 = U / R_1 = 12\text{ В} / 12\text{ Ом} = 1\text{ А.}$$

$$I_2 = U / R_2 = 12\text{ В} / 3\text{ Ом} = 4\text{ А.}$$

Занжирда токнинг оқимиغا эътибор берамиз (схемада қизил стрелкалар билан кўрсатилган). А тугунда  $5\text{ А}$  умумий ток  $4:1$  нисбатда тақсимланади ва В тугунда яна қўшилиб  $5\text{ А}$  ток ҳосил бўлади. Демак, тугунлар учун

$$I_0 = I_1 + I_2, \quad \text{ёки} \quad I_0 + I_1 + I_2 = 0$$

Бу Кирхгофнинг биринчи қонуни эди.

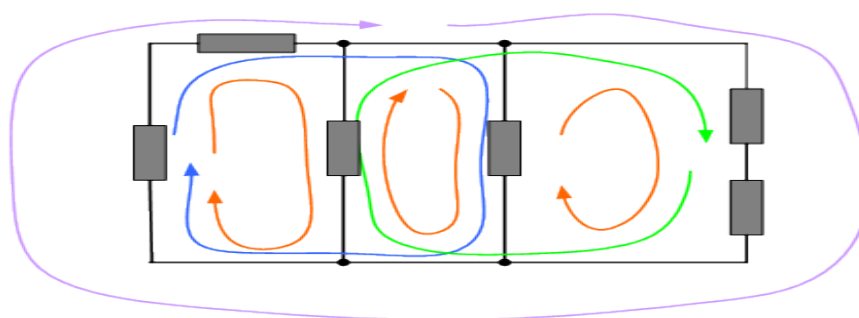
**Кирхгофнинг 2-қонуни** контурдаги кучланишлар учун. Яъни ёпик контурдаги электр юритувчи кучларнинг йиғиндиси шу контур элементларидаги кучланишлар тушувлари йиғиндисига тенг. Бу қонун инглиз забон адабиётларда Kirchhoff's Voltage Law (KVL) деб юритилади. Автомобил чироқлари электр схемаси мисолида ушбу қонунни кўриб чиқамиз. Схепада 3 та контур мавжуд. Контурдаги э.ю.к. лар шу контур истеъмолчилари кучланишлари йиғиндисига тенг:

$$1\text{-контур учун (чап томондаги)}- E_A R_1 K_1 E; \quad E = I_1 R_1.$$

$$2\text{-контур (ўнг томондаги)}- A R_2 K_2 B R_1 A; \quad I_1 R_1 + I_2 R_2 = 0.$$

$$3\text{-контур (ташқи занжир)}- E_A R_2 K_2 B K_1 E. \quad E = I_2 R_2.$$

2-контурда манба йўқ, шунинг учун  $I_1 R_1 = - I_2 R_2$ , яъни иккала қаршилиқларда кучланишлар тенг ва ишоралари қарама-қарши. Электр занжири қанча тармоқ ланган бўлса у шунча мураккаб ва контурлари кўп бўлади. Масалан расмда келтирилган занжирни 6 та контурларга ажратиш мумкин (контурлар турли рангларда кўрсатилган).



2.11-расм. Электр занжирида контурлар.

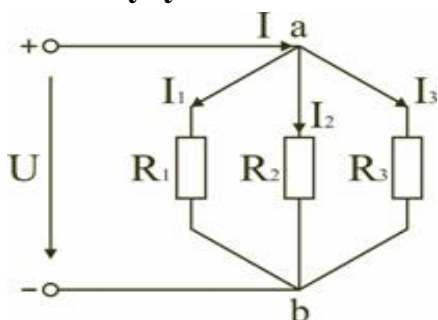
**2.1.7. Электр занжирларини ҳисоблаш усуллари.** Электр занжирларини ҳисоблаш занжир элементларидаги ток кучи ва кучланишларни аниқлашдан иборат. Бунинг учун Ом ва Кирхгоф қонунларни занжир учун беосита қўллаш мумкин. Бунда занжир элементларини кетма-кет ёки паралел уланган ҳолатга келтириб олиш

мумкин. Агар занжирни бундай ҳолатга келтириб бўлмаса бу мураккаб электр занжири бўлиб уни ҳисоблашнинг бир қанча усуллари мавжуд:

**Тугун ва контур тенгламалар усули**-бунда занжирни контурларга ажратиб олиб аввал Кирхгофнинг биринчи қонуни асосида тугунлар учун тоқларга нисбатан тенгламалар тузилади. Агар номаълум тоқлар кўп бўлса, қолган тенгламаларни Кирхгофни 2-қонуни асосида контурларга нисбатан тузилади.

**Контур тоқлар усули**<sup>4</sup>-бу усулда занжир контурларга ажратилиб, ҳар бир контур ўз тоқига ва тоқнинг йўналишига эга деб қаралади. Барча контурлар учун Кирхгофнинг 2-қонуни асосида тенгламалар тузилиб контур тоқлари топилади. Контурдаги элементларнинг тоқи эса контур тоқлари асосида аниқланади. Бунда битта элемент бир вақтда бир нечта контур тоқлар таъсирида бўлиши мумкин. Бу ҳолда элементлардаги тоқлар контур тоқлари йиғиндисидан иборат бўлади.

**Тугун потенциаллар усули**-бу усул кўпроқ параллел электр

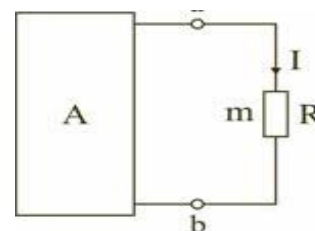


занжирлари учун қўлланилади.<sup>5</sup>

Бунинг учун занжир аввал параллел уланган тармоқлар кўринишига келтириб олинади. Тармоқларнинг умумий қаршиликлари аниқланиб, барча тармоқлар учун кучланиш

ўзгармас бўлгани учун тармоқ тоқлари топилади.

**Эквивалент генератор усули**-электр занжирининг маълум бир қисмини таҳлил қилиш учун қўлланилади. Одатда, электр занжирлари жуда мураккаб бўлиб, занжирни тўлиқ анализ қилгандан кўра, маълум-керакли қисмини таҳлил қилиш етарли бўлади. Шундай пайтда занжирнинг



<sup>4</sup> [http://model.exponenta.ru/electro/pz\\_01.htm](http://model.exponenta.ru/electro/pz_01.htm)

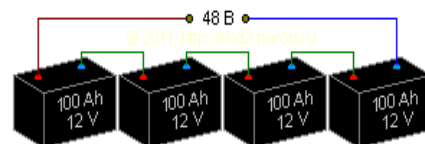
<sup>5</sup> [study.urfu.ru/Aid/ViewFiles/6202](http://study.urfu.ru/Aid/ViewFiles/6202)



Ўрганилаётган қисми ажратиб олинади ва унинг қаршилиги  $R$  деб қаралиб, Занжирнинг қолган қисми умумий ҳолда икки қутбли система-ички қаршилиги  $r$  ва электр юритувчи кучи  $E$  бўлган манба ( $A$ ) деб қаралади. Занжирнинг ўрганилаётган қисми эса унга уланган истеъмолчи бўлиб қолади

### Масалалар.

1. Расмда келтирилган аккумуляторлар батареясининг умумий энергиясини, зарядини топинг. Аккумуляторлар уланишининг электр схемасини чизинг.



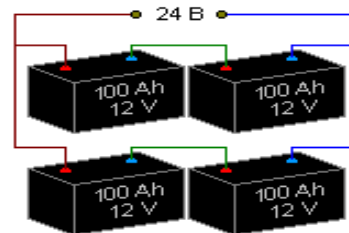
2. Арча ўйинчоқлари чироқчалари 2,2 В кучланишда ишлашга мўлжалланган. Лекин шундай чироқлардан бир шодаси 220 В кучланишга улаб ёқилган. Шу ўйинчоқлар шодасида қанча лампа бор ва улар қандай уланган. Схемасини чизинг.

3. Кучланишлари 12 В, ток сиғимлари мос ҳолда 60 А соат ва 75 А соат бўлган иккита аккумулятор паралел уланиб аккумуляторлар системасини ташкил қилади. Системанинг умумий қувватини ва энергиясини топинг. Уланишнинг схемасини чизинг.

4. 1.5 В кучланишли батареялар билан 12 В ишчи кучланишли электр двигателини ишга тушириш керак. Бунинг учун нечта батареяни, қандай улаш керак? Схемасини чизинг.

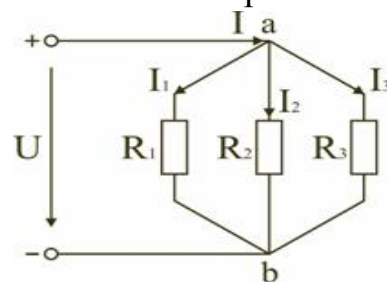
5. 2 та аккумуляторнинг ҳар бирида 12 В, 50 Аh ёзувлари бор, учинчи аккумуляторда 24 В, 50 Аh ёзуви бор. Шу аккумуляторларга ишчи кучланиши 24 В максимал токи 75 А бўлган истеъмолчини уланиш схемасини чизинг. Аккумуляторлар берилган истеъмолчини қанча вақт ток билан таъминлаб тура олади.

6. 4 та бир хил аккумулятор расмда кўрсатилган тартибда уланиб, умумий кучланиши 24В бўлган манбани ҳосил қилади.



Аккумуляторлар блокнинг умумий энергиясини, ток сифимини ва умумий зарядини топинг. Аккумуляторлар уланишининг электр схемасини чизинг.

7. Тармоқланган занжирдаги қаршиликларнинг катталиклари 1:2:3 нисбатда бўлиб а b тугунларга 12 В кучланиш берилганда схема манбадан 72 Вт қувват истеъмол қилади. Қаршиликларнинг катталикларини топинг.



8. Катталиклари бир хил бўлган 4 та қаршилик ўзаро аввал параллел, сўнг кетма кет уланганда умумий қаршилик неча марта ўзгаради.

9. Автомобилнинг узоқни ва яқинни ёритувчи чироқлари қуввати мос ҳолда 36 Вт ва 12 Вт. Бу чироқлар биргаликда ва алоҳида-алоҳида ёнганда 12 В кучланишли аккумулятордан қанча ток истеъмол қилади. Чироқларнинг аккумуляторга уланиш схемаларини чизинг (схемада калитларни кўрсатинг, уларни шундай жойлаштирингки, лампаларнинг ёниши реал ҳолатдагидек бўлсин). Масалани Ом ва Кирхгоф қонунларини бевосита қўллаш ва контур тоқлар усуллари билан ечинг.

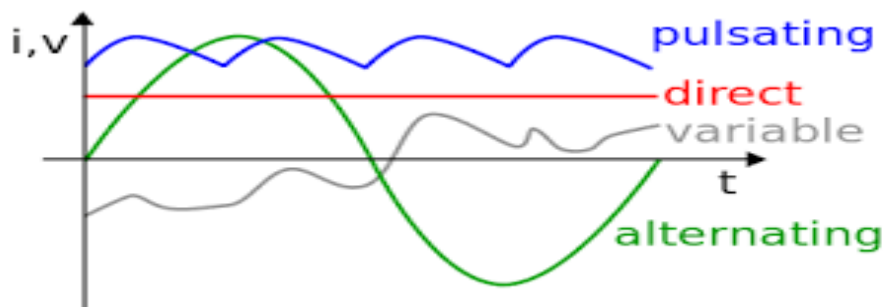
**Таянч иборалар.** Аккумулятор, тармоқ, тугун, контур, электр занжири, занжир элементлари, манба, истеъмолчи, ёрдамчи элементлар, электр тоқининг қуввати, энергияси.

#### Синов саволлари.

1. Ўзгармас ток манбасининг асосий энергетик кўрсаткичи нима?
2. Кимёвий ток манбаларининг бирламчи энергия манбалари нима?
3. Батарея ва аккумуляторлардаги кимёвий жараёнлар нимаси билан тубдан фарқланади?
4. Электр занжири қандай элементлардан ташкил топади?
5. Кирхгофнинг 1- ва 2- қонунлари.
6. Электр тоқининг қуввати ва бажарган иши.
7. Электр истеъмолчиларининг иш режимлари.

## 2.2. Ўзгарувчан ток электр занжирлари

Энергия манбаи сифатида биз амалда фойдаланадиган электр токлари ўзгармас ва ўзгарувчан ток турларига бўлинади. Аввал кўрганимиздек, аккумулятор ва батареяларнинг электр токи ўзгармас токдир. Агар ўзгармас электр токи (DC-direct current) кучланишини (ёки ток кучини) вақт давомида ўзгаришини график равишда ифодаласак, унинг графиги абцисса ўқига параллел тўғри чизиқдан иборат бўлади. Агар кучланишнинг фақат сон қийматигина ўзгариб, унинг йўналиши ўзгармас бўлса, бундай ток пульсацияси (pulsating) ток деб айтилади. Агар токнинг ҳам йўналиши, ҳам сон қиймати тасодифий ўзгариб турса, бундай токни ўзгарувчан (variable) ток деб аталади. Сон қиймати ва йўналиши даврий равишда (синусоидал қонун асосида) ўзгариб турувчи электр токи (AC-alternating current), синусоидал ток деб аталади. Амалда электр токи синусоидал ток кўринишида энг кўп ишлаб чиқарилади ва электр энергиясининг бирламчи манбаи сифатида ундан фойдаланилади.



2.12-расм. Турли хил тоklarнинг вақт бўйича диаграммалари.

**2.2.1. Синусоидал ўзгарувчан электр токи.** Жаҳон электроэнергетика саноатида асосан ўзгарувчан электр токи ишлаб чиқарилади. Бу ўзгарувчан электр токи бугунги кунда асосан иссиқлик, гидро ва атом электр станцияларида ишлаб чиқарилмоқда. Жаҳондаги барча бундай станцияларнинг қуввати бугунги кунда 3000 ГВт дан ҳам ортиқ бўлиб, улар йилига 23500 млрд. кВт соат электр энергиясини ишлаб чиқармоқда. Айнан

Ўзгарувчан электр токи ишлаб чиқариш маълум технологик ва амалий афзалликларга эга. Бу афзалликлар қуйидагилардан иборат:

- Ўзгарувчан электр токи кучланишини трансформаторлар ёрдамида ўзгартириш осон;
- Ўзгарувчан электр токини исталганча узоқ масофаларга жуда кам исроф билан узатиш мумкин;
- Ўзгарувчан ток генераторларида ўзгармас ток генераторига нисбатан анча катта қувват ишлаб чиқариш мумки.

Ўзгарувчан кучланиш вақт бўйича маълум қоида бўйича ўзгаради, яъни токнинг миқдори вақтнинг функцияси бўлади:

$$U = F(t)$$

бу ерда  $t$  – кучланишнинг оний (яъни исталган вақтдаги қиймати),  $t$  – вақт.

Даврий ўзгарувчан кучланишнинг оний қийматлари давр деб аталадиган ( $T$ ) тенг вақтлар ичида маълум қонуният билан такрорланади, яъни:

$$U = F(t) = F(t + \kappa T).$$

бу ерда  $\kappa$  – бутун сонлар ( $\kappa = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

Агар кучланишнинг ўзгариши синусоидал қонуният асосида деб қарасак давр  $T = 2\pi$ .

Кучланишнинг оний қийматини  $U$ , амплитудавий қийматини  $U_m$  деб қарасак

$$U = U_m \sin \omega t$$



2.13-расм. Синусоидал кучланишнинг ҳосил бўлиши.

## Синусоидал кучланишнинг асосий параметрлари

$U$ -кучланишнинг оний қиймати;

$U_m$  –кучланиш амплитудаси;

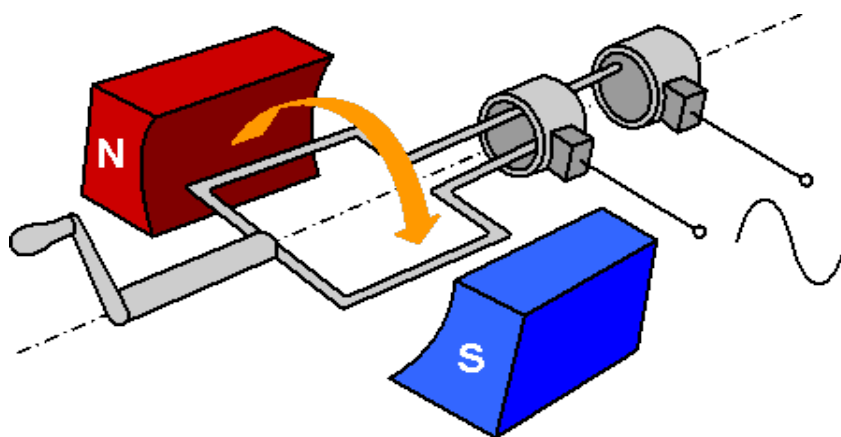
$\omega = 2\pi/T = 2\pi f = 314$  рад/с, бурчак тезлик;

$f = 50$  Гц - частота.

Одатда стандарт ўзгарувчан ток деганда айнан шу параметрлар кўзда тутилади.

Электромагнитик индукция қонунига кўра, ўтказгич магнит майдони куч чизикларини кесиб ўтганда унда э.ю.к. ҳосил бўлади. Рамканинг икки учи иккита алоҳида контакт халқаларига уланган. Рамка айланганда халқалар карама-қарши қутбли кучланишлар остида бўлади.

Энг катта кучланиш  $U_m$  рамка магнит майдонини тик кесиб ўтганда юзага келади (расмдаги 6- ва 18- ҳолатлар), аксинча рамка магнит майдони куч чизиклари билан паралел бўлганда (0 ва 12 –ҳолатлар) ток ҳосил бўлмайди яъни  $U = 0$  бўлади.



2.14-расм. Электромагнитик индукция қонуни асосида ишловчи генератор.

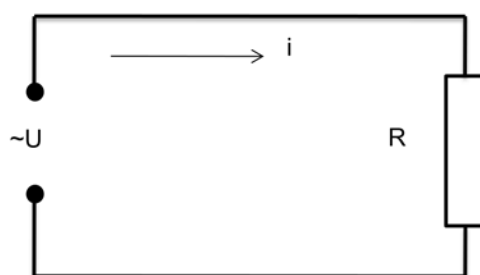
### 2.2.2. Актив қаршиликли занжир

Кучланиш:  $U = U_m \sin \omega t$

Ом қонунига кўра ток кучи

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$$

Ток ва кучланиш бир хил қонуният







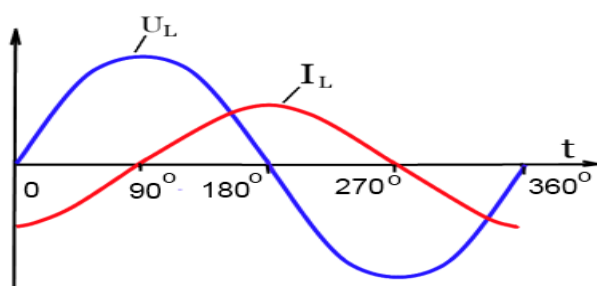
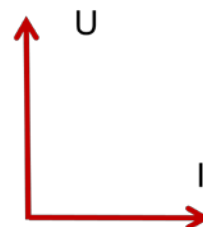
$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} \text{ ёки } U dt = -L di$$

Бу биринчи даражали оддий дифференциал тенглама, уни ток кучига нисбатан ечсак  $I = I_m \cos \omega t$

Бу ерда,  $I_m = \frac{U_m}{X_L}$  ток кучининг амплитудаси

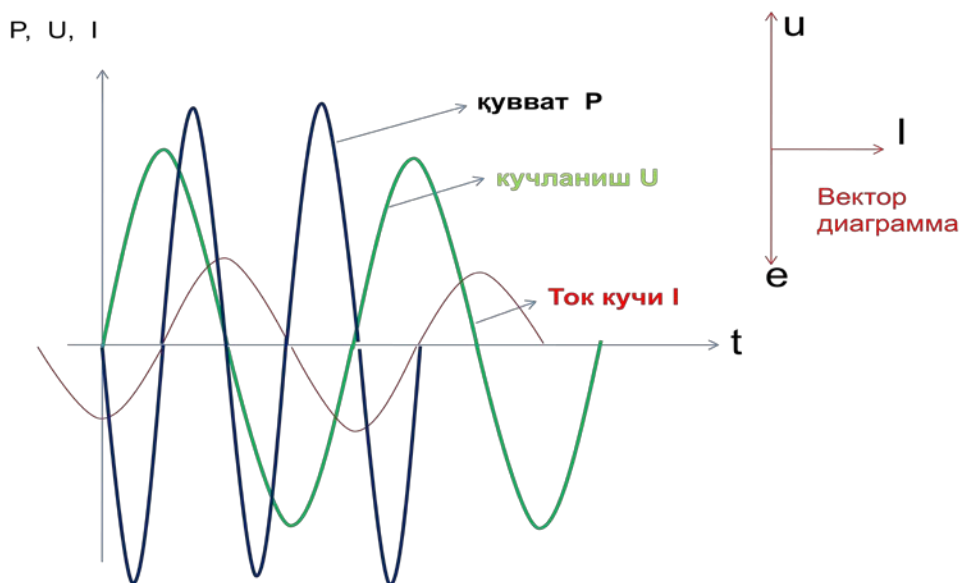
$X_L = \omega L$  - ғалтакни индуктив қаршилиги.

Шундай қилиб, индуктив элементли занжирда ток  $I = I_m \cos \omega t$  қонуният билан ўзгаради. Яъни қучланиш токдан  $90^\circ$  орқада қолади.



2.17-расм. Индуктив элементли занжирда қучланишнинг ток кучидан ортда қолиши.

Бундай занжирда қувват манфий қийматлар ҳам қабул қилиши мумкин. Шунинг учун бу занжирда реактив қувват мавжуд деб қаралади.



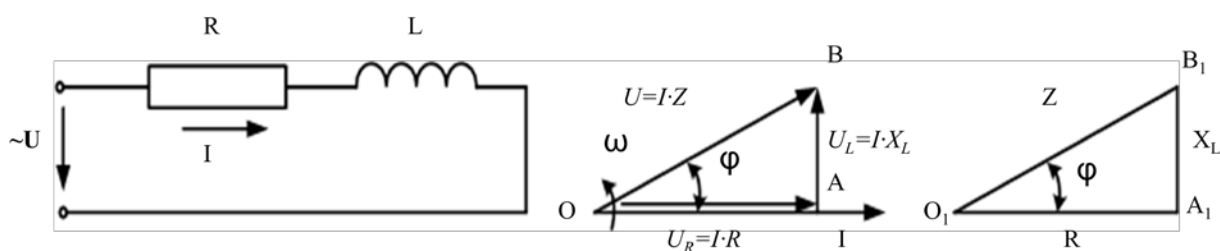
2.18-расм. Индуктив элементли занжирда қучланиш, ток кучи ва қувватнинг диаграммалари (а) ва занжирнинг вектор диаграммаси (б)

Диаграммадан кўриниб турибдики, бундай занжирда қувват вақтнинг маълум қисмларида манфий ҳам бўлади. Бу шу пайтда электр энергияси бошқа кўринишга (магнит майдонига) айланганлигини билдиради. Натижада манбадан олинаётган актив қувватнинг бир қисми йўқолади ва иш бажариш жараёнида қатнашмайди. Бундай ҳолат ток кучи ва кучланиш бир-бирига қарама-қарши бўлган ҳолда юзага келади.

Индуктив элементли занжирда ғалтакнинг индуктив қаршилиги  $X_L = \omega L$  дан ташқари ғалтак симининг актив қаршилиги ҳам мавжуд. Шунинг учун ғалтак уланган занжирни актив  $R$  ва реактив  $X_L$  қаршилиқлар кетам-кет уланган занжир деб қараш мумкин (2.17-а расм.). Энди ғалтакнинг тўла қаршилиги актив ва реактив қаршилиқларнинг геометрик йиғиндисидан иборат бўлади 2.17-в расм.

$$Z_L^2 = R^2 + X_L^2$$

Электр генераторлари, двигателлари ва трансформаторларида чулғамларнинг қаршилиқлари бунга мисол бўлади. Айрим ҳолларда уларнинг актив қаршилиқларини ҳам ҳисобга олишга тўғри келади. Шунинг учун индуктив элементли занжирни кўпроқ актив-индуктив элементли занжир деб қарашга тўғри келади. Амалда аксарият истеъмолчилар актив-индуктив хусусиятга эга



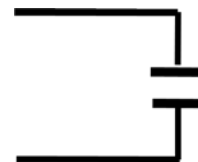
2.19-расм. Индуктив элементни актив ва индуктив қисмларга ажратиш

#### 2.2.4. Сифим элементли занжир

Ўзгарувчан ток занжирига сифим қаршилиқ, яъни конденсатор улаймиз. Манбанинг кучланиши синусоидал  $U = U_0 \sin \omega t$ . Конденсатор манбанинг кучланиши тасирида зарядланади, ундаги заряд  $q = C U$ .

$$q = CU = CU_0 \sin \omega t$$

$$\text{Занжирдаги ток кучи } I = \frac{q}{t} = \frac{CU}{t}$$



Демак, занжирдаги токни топиш учун конденсатордаги  $q$  заряд дан вақт бўйича ҳосила олиш керак.

$$I = q' = (CU)' = (CU_0 \sin \omega t)' = U_0 \omega C \cos \omega t = I_0 \cos \omega t$$

$$\text{бу ерда } I_0 = \frac{U_0}{X_L} - \text{токнинг амплитудаси;}$$

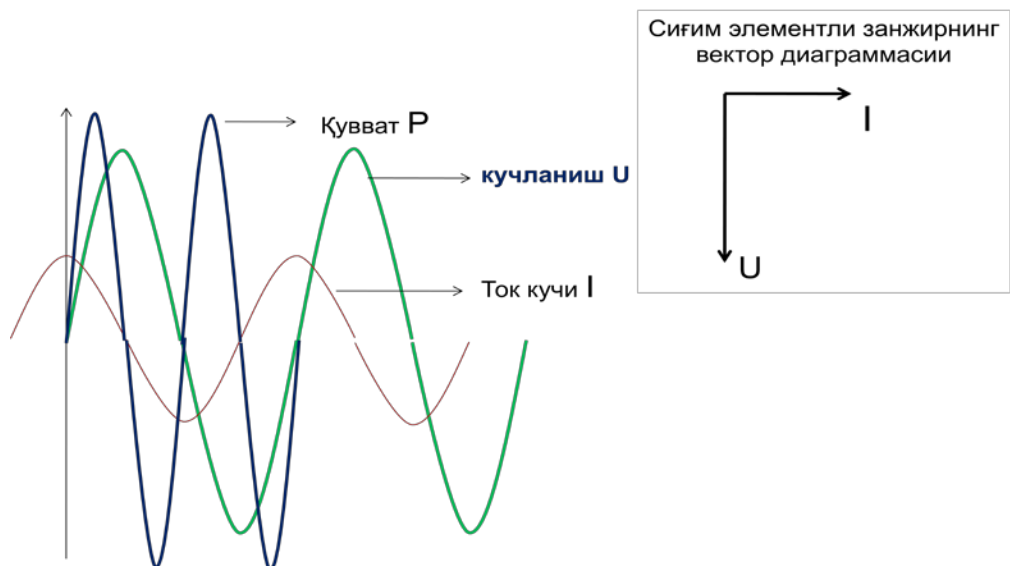
$$X_L = \frac{1}{\omega C} - \text{конденсаторнинг реактив қаршилиги.}$$

Шундай қилиб, сиғим элементли занжирда кучланиш синусоидал қонун асосида ўзгарса, ток кучи косинус қонунига асосан ўзгаради, яъни конденсаторда кучланиш ток кучидан  $90^\circ$  илгарилаб кетади. Бу эса конденсаторда ҳам ғалтакдаги сингари қувватнинг манфий бўлишига, яъни реактив қувват пайдо бўлишига олиб келади.

Сиғим элементли занжирда ҳам кучланиш ток кучидан фаза бўйича фарқ қилади. Фақат бунда ғалтакдагига нисбатан тескари-яъни кучланиш ток кучидан олдинда бўлади. Бундай занжирда ҳам қувват манфий қийматлар қабул қилиб, занжирда реактив қувват мавжуд деб қаралади. Кондесатор пластикаларининг актив қаршилиги амалда жуда кам бўлгани учун уни ҳисобга олинмайди ва конденсатор қаршилиги фақат унинг реактив қаршилигидан иборат бўлади.

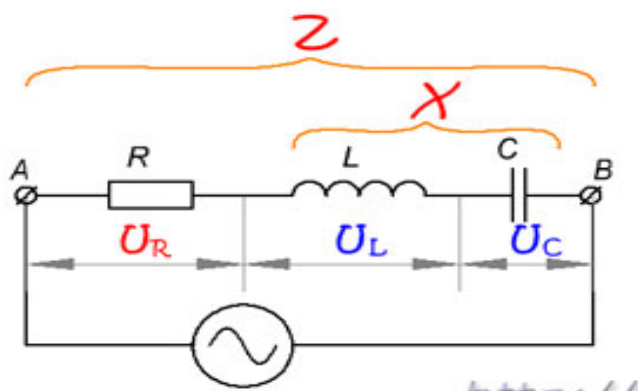
Бу занжирда ҳам қувват манфий қийматлар қабул қилиши мумкин. Бундай занжирда ҳам ток ва кучланишлар бир-бирига қарама-қарши бўлганда актив қувватнинг йўқолиши юзага келади.

Энди актив, индуктив ва сиғим элементлар биргаликда уланган ҳолатни кўраимиз. Аслида ҳар қандай электр занжири бир вақтнинг ўзида актив, индуктив ва сиқим қаршиликка эга бўлади. Фақат бир турдаги қаршиликка эга электр занжирлари кам учрайди.



2.20-расм. Сигим элементли занжирда кучланиш, ток кучи қувват диаграммалари ва занжирнинг вектор диаграммаси.

**2.2.5. R, L ва C элементли занжир.** Занжирда R L C элементлар кетма-кет уланган бўлсин. Юқорида келтирилган вектор диаграммалардан фойдаланиб, урта элемент кетма-кет уланган ҳолат учун вектор диаграмма кураимиз.



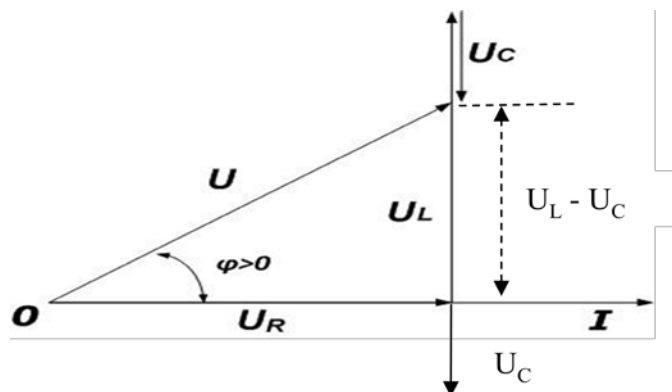
2.21-расм. R, L ва C элементлар кетма-кет уланган электр занжири.

Энг аввало кетма-кет уланган занжирда ток бир хил ва битта ташкил этувчидан иборат эканлигини ҳисобга оламиз. Актив қаршиликда ток ва кучланиш фазалари бир хил, ғалтакда кучланиш токдан  $90^\circ$  орқада қолади, конденсаторда эса  $90^\circ$  илгарилаб кетади.  $U_R$ ,  $U_L$  ва  $U_C$  кучланишларни занжирдаги  $I$  ток кучига нисбатан силжишларини битта вектор диаграммада ифодаласак, 2.20-расмдаги диаграммага эга бўламиз

Тўғри бурчакли учбурчакдан фойдаланиб Пифагор теоремасига кўра гипотенуза (умумий кучланиш) учун қуйидагини ёзамиз



$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$



2.22-расм. R, L ва C элементлар кетма-кет уланган занжирнинг вектор диаграммаси.

Агар ифоданинг ҳар бир ҳадини ток кучига бўлиб юборсак, занжирнинг тўла қаршилигига  $Z$  учун қуйидагига эга бўламиз

$$X = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Занжирдаги актив қаршиликни тўла қаршиликка нисбати занжирнинг қувват коэффиценти (power factor) деб юритилади<sup>6</sup>

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

Актив, реактив ва тўла қаршиликларга мос ҳолда занжирдаги қувватлар ҳам актив, реактив тўла қувватларга бўлинади. Ўз-ўзидан равшанки актив қаршиликдан ажралиб чиққан қувват актив, реактив қаршиликдан ажралиб чиққан қувват реактив қувват бўлиб уларнинг геометрик йиғиндиси тўла қувватни беради.

Актив қувват  $P = I^2 R t = IU \cos \phi$ , ўлчов бирлиги Ватт (Вт);

Реактив қувват  $Q = I^2 X t = IU \sin \phi$ , ўлчов бирлиги (Вар)

Вольт Ампер реактив сўзларининг қисқартилгани;

Тўла қувват  $S = IU = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , ўлчов бирлиги Вольт Ампер (ВА).

Актив ва реактив ташкил этувчиларни ўзаро тўғри бурчак остида жойлаштириб қаршиликлар, кучланишлар ва қувватлар учун ўхшаш

1 [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_мощности)

учбурчалар ҳосил қилиш мумкин. Бу учбурчакларнинг гипотенузлари мос ҳолда тўла қаршилик, тўла кучланиш ва тўла қувватни беради.



Ўзгарувчан электр токида ишловчи қурилмаларнинг асосий кўрсаткичларидан бири уларнинг қувват коэффициентиدير. Қувват коэффициенти қурилманинг фойдали иш коэффициентиға бевосита таъсир кўратади. Саноатда катта қувватли машина ва механизмларни қувват коэффициентиғни оширишнинг махсус чоралари кўрилади. Сўнгги пайтларда энергия тежамкорлиғини ошириш мақсадида кам қувватли истеъмолчилар (масалан, хонадонлар) учун ҳам махсус реактив қувват компенсаторлари ишлаб чиқарилмоқда.



2.23-расм. Алоҳида хонадонлар учун ва тақсимлаш станцияларининг реактив қувват компенсаторлари

Бу коменсаторлар сиғим қаршилик хусусиятиға эға бўлиб занжирдаги индуктив қаршиликка мосланиш хусусиятиға эға ва натижада  $X_L - X_C$  айирма минимумға келтирилади.

Ўзгарувчан ток электр истеъмолчилари ичида актив-индуктив хусусиятға эға истеъмолчилар энг кенг тарқалган. Булар асосан трансформатор ва электр двигателларидир. Масалан энг кенг истеъмолда

бўлган уч фазали асинхрон двигателлардан бирининг паспорт маълумотларига эътибор беринг<sup>7</sup>:

Уч фазали электр двигатели

Тип Sf-56-2В (Польша)

Актив қуввати 120 Вт;

**Қувват коэффициенти 0,78;**

Айланиш тезлиги 2800 айл/мин;

Ток тармоғи 220/380 В;

Ток частотаси 50 Гц;

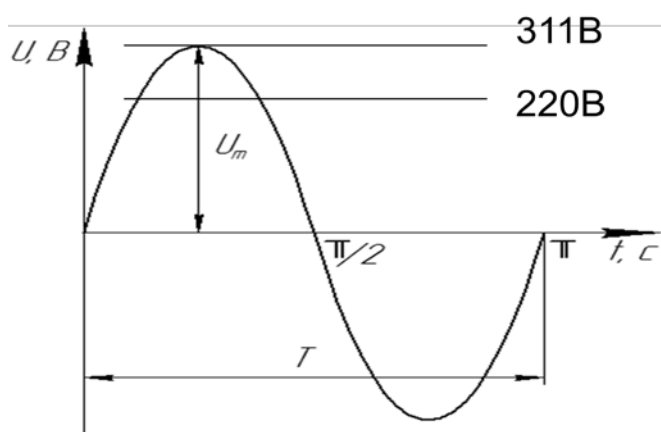
Чулғамлар уланиши “учбурчак”

Чулғам токлари 0,64/0,37 А.



**Изоҳ:** Польша электр двигателлари ишлаб чиқаришда Европа ва Осиёда етакчилик қилади. Мамлакатимизда ҳам бу двигателлар жуда кенг тарқалган.

**2.2.6. Синусоидал кучланишнинг таъсир этувчи қиймати.** Вақт давомида синусоидал қонун асосида ўзгарувчи кучланиш учун эффектив-таъсир этувчи қиймат тушунчасини киритамиз. Чунки биз учун кўпроқ электр токининг оний (лаҳзалик) қиймати эмас, таъсир этувчи (бирор вақт давомида олинган ўртача



$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

$$U_m = U \sqrt{2}$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,71 U_m$$

қиймати) аҳамиятлидир. Бунинг учун кучланишни вақт (бир тебраниш даври) давомидаги интеграл қийматини топамиз.

<sup>7</sup> <http://electricalschool.info/spravochnik/1434>

Бу муносабатни тажрибада текшириш учун иккита бир хил лампани биринчисини ўзгарувчан токка иккинчисини ўзгармас токка улаймиз 2.23-расм. Ўзгармас токда 220 В кучланиш ўрнатамиз. Ўзгарувчан ток манбаси кучланишини ҳам лампаларнинг ёниши бир хил бўлгунча ошириб борамиз. Шунда ўзгарувчан кучланишнинг амплитудаси 311 В бўлганда лампаларни ёниши бир хил бўлади. Тажрибани нафақат ёритиш ўлчаб, балки бошқа ҳар қандай энергетик катталиқни ўлчаб ҳам амалга ошириш мумкин. Демак амплитудаси 311В бўлган ўзгарувчан кучланишнинг тўлиқ Т даврдаги ўртача энергияси 220 В ўзгармас кучланишнинг энергиясига эквивалент экан.

$$220 / 311 = 0,71.$$

Амалда ўлчов қурилмалари доимо кучланишнинг эффектив (бир тебраниш давридаги ўртача) қийматини ўлчайди. Лекин амплитудавий қиймат ҳам муҳим технологик аҳамиятга эга. Масалан, кабелларнинг изоляция мустаҳкамлигини таъминлашда амплитудавий қиймат ҳисобга олинади.



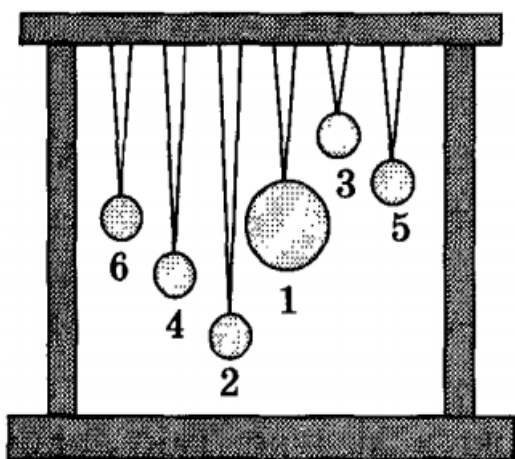
Ўзгарувчан ток 311В

Ўзгармас ток 220 В

2.24-расм. ўзгарувчан кучланишнинг таъсир этувчи қийматини аниқлаш.

Демак, таъсир этувчи қиймати 220 В бўлиши учун синусоидал ўзгарувчан кучланишнинг амплитудаси  $U_m=311$  В бўлиши керак.

**2.2.7. Электр занжирларида резонанс.** Механика курсидан маълумки ҳар қандай тебранувчи системалар учун резонанс ҳодисаси ўринлидир. Бирор системага таъсир этувчи кучнинг частотаси шу системанинг хусусий тебраниш частотасига мос келганда системада резонанс юз беради ва системадаги тебранишнинг амплитудаси кескин ортиб кетади. Бундай ҳодисаларни биз ҳаётда кўп учратамиз, масалан автомобилнинг тебраниши йўлнинг маълум нотекистикларида кескин ортиб кетади, ёки тарихий маълумотларда келтирилишича, аскарлар кўприкдан саф қадами билан ўтиб бораётганда кўприк бузилиб кетган (кўприкнинг хусусий тебраниш частотаси билан ундан ўтиб бораётган аскарлар қадамлари частотаси тенг келиб қолиб кўприк тебраниши амплитудаси кескин ортиб кетган).



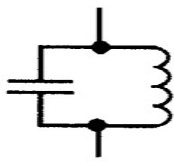
Қуйидаги оддий тажрибага эътибор беринг. Расмда турли узунликдаги математик маятниклар кўрсатилган. 1-шарни тебранириб юборамиз. Бироз вақт ўтгач, тебранишлар барча шарларга узатилади. Резонанс шартига кўра, 6-шар энг катта амплитудада (1-шарга ўхшаб) тебраниши керак. Ҳақиқатан ҳам, 2 ва 3-шарлар деярли тебранмайди, 4 ва 5-шарларнинг тебраниши сезиларли даражада, 6-шар эса 1-шардек тебранади, чунки 6 ва 1-шарлар осилган ип узунликлари, демак маятник хусусий тебраниш частоталари тенг  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ .

Резонанс ҳодисаси механик тизимлар, айниқса, қурилиш конструкциялари учун жуда муҳим. Ҳар қандай система, айниқса, баланд бинолар ва кўприклар ўзининг хусусий тебраниш частотасига эга, агар уларга худди шу частотали куч таъсир қилса бинонинг тебраниши кескин ортиб кетади. Шунинг учун бундай иншоотларда резонансга қарши махсус системалар қўлланилади.





Электр занжирларида эса резонанс тебраниш контурларида юз беради.



Паралел контур

Тебраниш контури эса L-индуктив ғалтак ва C- конденсатордан иборат бўлиб, улар ўзаро кетма-кет ёки паралел уланиши мумкин. Шунга қараб, тебраниш контурлари ҳам параллел ва кетма-кет контурларга

бўлинади.



кетма-кет контур

$X_L = X_C$  шарт бажарилганда паралел контурда тоқлар резонанси, кетма-кет контурда кучланишлар резонанси юзага келади. Контурнинг хусусий частотаси L ва C орқали қуйидагича аниқланади  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{2\pi c}{\lambda}$  контурдаги

тебраниш даври эса  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  бу Томсон формуласи деб аталади. Ўзгарувчан ток занжирининг тўла қаршилиги формуласида  $X_L = X_C$  шарт бажарилганда тўла қаршилик фақат актив қаршиликдан иборат бўлиб

$$Z = R \text{ ва } \cos\phi = \frac{R}{Z} = 1, \phi = 0 \text{ бўлади.}$$

Демак резонансда занжирнинг реактив элементлари йўқолади, занжир гўёки фақат актив қаршиликдан иборат бўлиб қолади. Занжирда ток кучи ва кучланишларнинг фазалари бир хил бўлади.

Энди контурда нима тебранади деган саволга жавоб берамиз.

Контур конденсатор ва ғалтакдан иборат. Конденсаторда электр тоқи электростатик майдонга айланади, бу майдоннинг энергияси

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

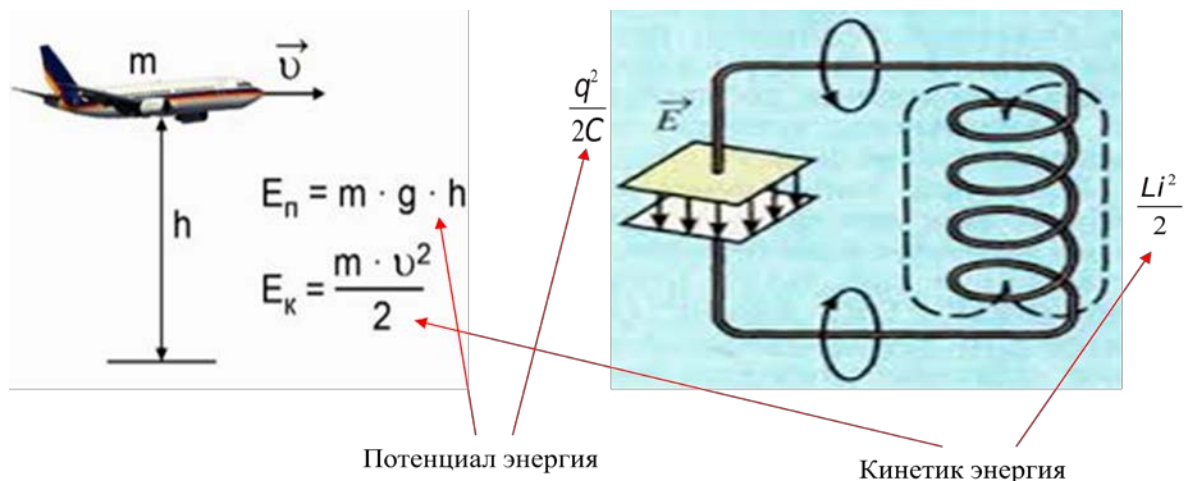
магнит майдоннинг энергияси эса

$$W_M = \frac{Li^2}{2}$$

Тебраниш контуридаги тўла энерги эса конденсатордаги ва ғалтакдаги энергияларнинг йиғиндисига тенг

$$W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

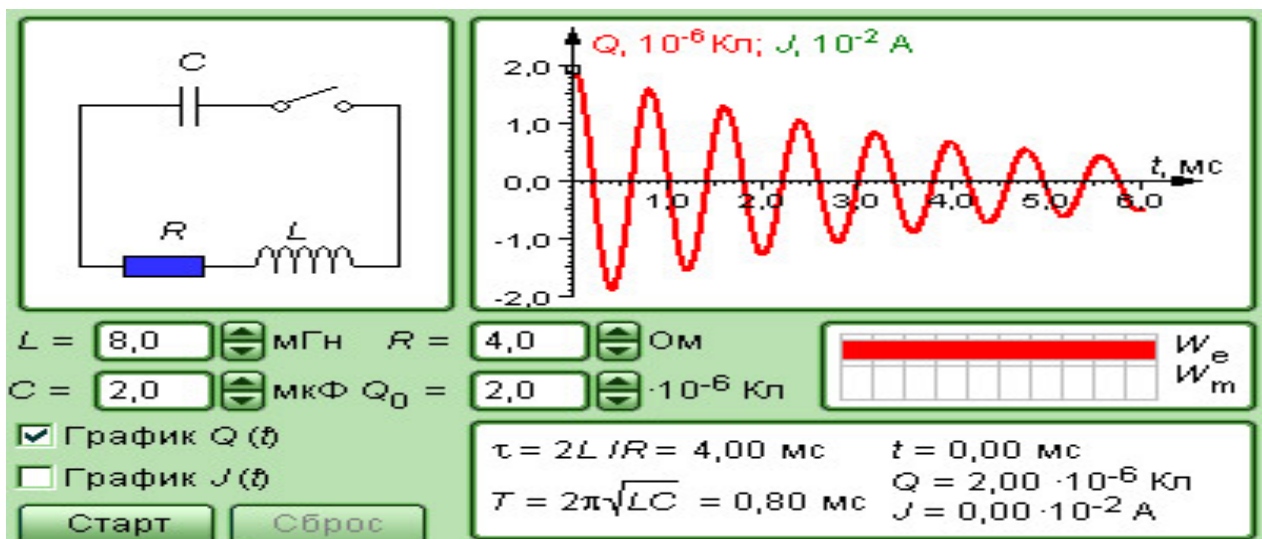
Бу тўлиқ механик энергияга ўхшаш. Системанинг тўлиқ механик энергияси ҳам унинг кинетик ва потенциал энергиялари йиғиндисига тенг.



2.25-расм. Механик ва электр энергиялари.

Демак тебраниш контурида электр токи электростатик майдон ва магнит майдон кўринишларида бир-бирига айланиб туради. Худди шу айланиш жараёни контурдаги тебраниш деб айтилади.

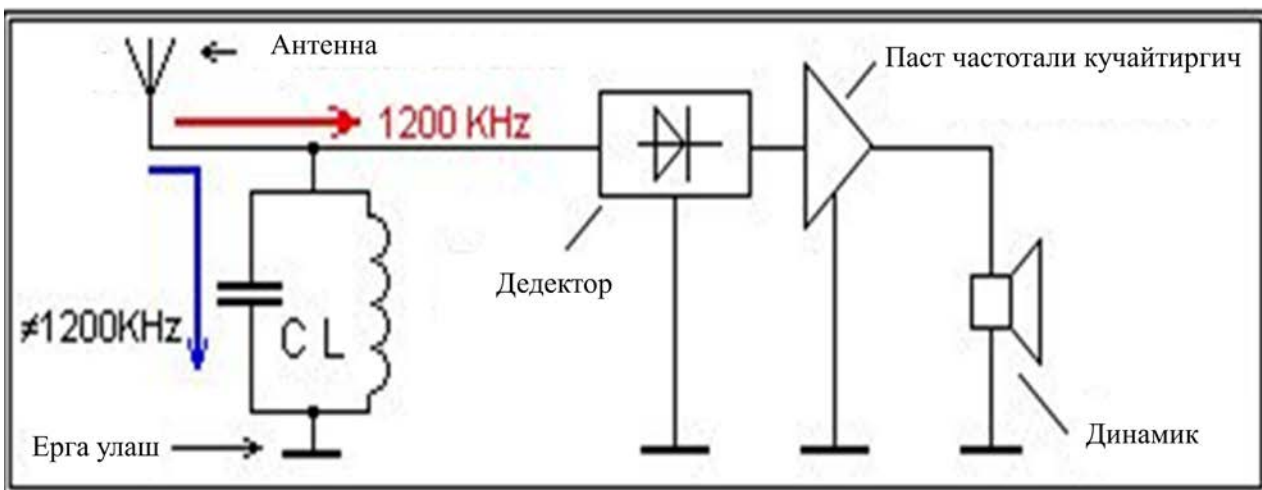
Масалан, куйида келтирилган электр занжирида конденсатор R қаршилик орқали разрядланиб, электростатик майдони энергияси ғалтакда магнит майдонга айланади, бу майдоннинг ўзгариши яна R қаршиликда ток ҳосил қилади, бу токдан конденсатор яна зарядланади, лекин заряд миқдори энди камроқ бўлади, чунки R қаршиликда энергия исрофи мавжуд.



Ушбу занжирдаги Томсон формуласига кўра даври  $T = 0,8$  мс бўлган сўнувчи тебранишлар юзага келади. Коденсатордаги заряднинг тебраниши расмда келтирилган.

Электр занжирларидаги резонанс ҳодисаси радиотехникада жуда кенг қўлланилади. Айнан резонанс ҳодисаси туфайли алоқа, радио, телевидение каналларида керакли сигнал бошқа миллионлаб шундай сигналлар ичидан танлаб ажратиш олинади. Агар резонанс ҳодисаси бўлмаганда эди Ер юзида фақат биттагина алоқа, радио ёки телеканал мавжуд бўлар эди холос.

Резонанс ёрдамида радиоканалларни ажратиш олиш қуйидаги расмда келтирилган.



2.26-расм. Резонанснинг радиотехникада қўлланилишига доир.

А антенна барча диапазондаги электромагнитик тўлқинларни қабул қилади ва унда шу частоталарга мос кучсиз электр токи (тебранишлар) юзага

келади. Бу тебранишларнинг ичидан частотаси Томсон формуласи билан аниқланувчи

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{2\pi c}{\lambda}$$

частотали тебранишларгина резонанс кучайтирилиб детекторга (фильтр) узатилади. Шу тариқа контурда ғалтакнинг индуктивлиги ва конденсаторнинг сиғимини танлаб керакли частотани танлаб кучайтириш мумкин.

### **Масалалар:**

**1.** Синусоидал ўзгарувчан  $U = 300 \sin \omega t$  кучланишнинг частотаси  $f = 60$  Гц . Шу кучланишнинг тебраниш даври  $T$  ва бурчак частотаси  $\omega$  ни топинг. Масштаб асосида кучланишнинг вақт диаграммасини чизинг.

**2.** Стандарт ток ишлаб чиқараётган ўзгарувчан ток генератори роторининг айланиш тезлиги 125 айл/мин. бўлса, генераторнинг жуфт кутблари сони ва ишлаб чиқараётган токнинг даври аниқлансин.

**3.** Индуктивлиги  $L = 100$  мГн бўлган ғалтак  $u = 300 \sin \omega t$  синусоидал конун асосида ўзгарувчи, частотаси  $f = 50$  Гц бўлган тармоққа уланган. Қуйидагилар аниқлансин:

- ток кучининг эффектив ва оний қийматлари;
- қувватниг оний ва ўртача қийматлари;
- ғалтак магнит майдонида йиғилган энергиянинг максимал қиймати;

**4.** Стандарт электр тармоғига (220 В ва 50 Гц) бир гал конденсаторни, кейин индуктив ғалтакни уланди. Ҳар икки ҳолда ҳам ток кучи 10 А бўлган бўлса, конденсаторнинг сиғимини ва ғалтакнинг индуктивлигини топинг. Занжирни электр схемасини чизинг.

**5.** Электр занжири кетма-кет уланган актив қаршилик ва ғалтақдан иборат. Шунингдек занжирга умумий кучланишни ўлчаш учун вольтметр, ток кучини ўлчаш учун амперметр ва занжирнинг актив қувватини ўлчаш учун ваттметр уланган. Занжирдаги ток ва кучланиш орасидаги фаза силжиши  $\varphi = 60^\circ$ . Амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишлари  $I = 10$  А,

$U=220$  В. Занжирнинг электр схемасини чизинг. Ваттметрнинг кўрсатишини, занжирнинг актив ва индуктив қаршиликлари ҳамда реактив ва тўла қувватларни топинг.

**6-масала.** Сигими  $79,6$  мкФ ли конденсатор, қаршилиги  $r=15$  Ом бўлган реостат билан кетма-кет уланган. Агар манбанинг кучланиши  $U =127$  В, частотаси  $f=50$ Гц бўлса занжирдаги ток кучини, реостат ва конденсатордаги кучланишнинг тушувини, ҳамда занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватларини аниқланг. Занжирни вектор диаграммасини қуринг.

**7-масала.** Электр занжири кетма-кет уланган актив қаршилик ва индуктивликдан иборат. Занжирга шунингдек ваттметр, амперметр ва кучланишларни ўлчаш учун учта вольтметр ҳам уланган. Занжирни схемасини чизинг. Занжир га  $220$  В кучланиш берилганда ваттметр  $387,2$  Вт қувватни, амперметр  $2,2$  А ток кучини кўрсатган бўлса, занжир элементларидаги кучланиш ва қувватларни, занжирнинг қувват коэффицентини топинг. Занжирни вектор диаграммасини қуринг.

**Таянч иборалар:** синусоидал кучланиш, эффектив қиймат, реактив қаршилик, реактив қувват, қувват коэффицентини, тўла қувват, тебраниш контури, тоқлар резонанси, кучланишлар резонанси.

#### **Синов саволлари:**

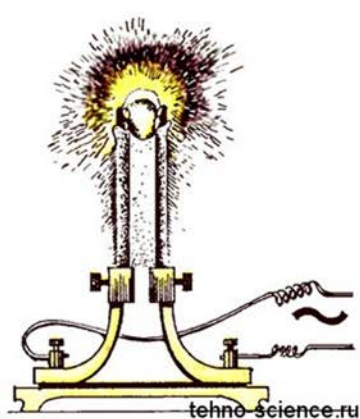
Нима учун саноатда асосан синусоидал кучланиш ишлаб чиқарилади?

1. Синусоидал кучланишнинг эффектив қиймати нимани билдиради?
2. Реактив қаршилик нима?
3. Қувват коэффицентининг физик маъноси нимадан иборат?
4. Электр занжирларида резонанс нима?
5. Тоқлар ва кучланишлар резонанси қачон ва қандай занжирларда юз беради, уларнинг амалий аҳамияти нимада?
6. Резонанснинг радиотехникадаги аҳамияти нимада?
7. Қувват коэффицентини оширишнинг амалий аҳамияти.



### 2.3. Уч фазали ўзгарувчан ток занжирлари

**Тарихий маълумотлар.** 19-асрнинг иккинчи ярми, айниқса 70-80-йилларга келиб электр токи ишлаб чиқариш борасидаги олимларнинг изланишлари жуда кенг миқёсда ривожланиб борди. 1870-йилларда Европада катта қувватли ўзгармас ток машиналари-динамомашиналар ишлаб чиқарила бошланди. Лекин ўзгармас ток энергиясини узоқ масофаларга узатиш катта муаммоларни келтириб чиқарар эди. Хусусан электр энергиясини узатишда линиялардаги исроф жуда катта бўлиб бу исрофни камайтиришнинг иложи йўқ эди.



#### Яблочков Павел Николаевич



1847-1894 йилларда яшаб ижод қилган рус ҳарбий инженери ёйли электр чирокларни ихтиро қилган

1876 йилда рус инженери Павел Николаевич Яблочков ўзгарувчан токда



ишловчи лампани ихтиро қилди. Бу лампа олдинги ўзгармас ток лампаларидан анча ёруғ ёнар эди. Яблочков ўзгарувчан токни трансформатор системаси орқали кучланишини ошириб лампаларни ёқиш учун қўллади<sup>8</sup>.

Яблочков чирокларининг равшан ёруғлик бериш сирини кучланишнинг катталигида эди. Шундан сўнг ўзгарувчан

<sup>8</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

кучланишни ишлаб чиқариш ва унинг асосидаги лампаларни яратиш бўйича ишлар авж олди.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, 19-асрнинг охирларида электр токининг асосий тадбиқлари электр ёритиш лампалари эди ва бу лампалар электротехника тараққиётида, айниқса ўзгарувчан электр токи ишлаб чиқаришни пайдо бўлишида катта рол ўйнади.

1876 йилда Яблочков лампалари саноат миқёсида ишлаб чиқарила бошланди ва қисқа муддатда Париж опера театрларини, катта саройларни, хатто кемаларни ёритиш тизимларида қўлланила бошланди. 1879 йилда америкалик муҳандис Эдисон ўзгармас ток лампаларини ишлаб чиқара бошлади ва унинг раҳбарлигида катта қувватли ўзгармас ток электр станциялари қурилди. Лекин, бу станциялар қувватини 1 км дан узоқ масофага узатиб бўлмас эди.

19-асрнинг 80-90-йиллари орасида саноат миқёсида электр энергияси ишлаб чиқариш ўзгармас токда бўлиши керакми ёки ўзгарувчан токдами деган масала кун тартибиде турар эди. Бу соҳанинг машҳур муҳандислари



Доливо-Добровольский, Тесла кабилар ўзгарувчан токни маъқул деса, ўша даврнинг машҳур муҳандиси ва саноатчиси Эдисон ўзгармас ток тарафдори эди. 1891 йилда Франкфуртда Доливо-Добровольский раҳбарлигида уч фазали ўзгарувчан ток электр станцияси ишга туширилиб унинг электр қуввати 170 км масофага узатилди. Бу эса келажак электро

энергетикаси ўзгарувчан электр токига асосланиши кераклигини амалда бутунлай исботлаб берди. Франкфурт-Лауфен оралиғидаги 170 км узунликдаги биринчи линия

Бир фазали ток ўзгарувчан токнинг барча афзаликларига эга бўлишига карамай, халқ хужалигида кенг қўлланишига унинг айрим камчиликлари тўсқинлик қилади. Масалан, бир фазали ток ёрдамида айланувчи магнит майдони ҳосил қилиб бўлмайди. Бундай майдон эса ўзгарувчи токда барча двигителларнинг "юраги" ҳисобланади. Технологик қурилмаларни ҳаракатга келтириш учун катта қувватли ва ишончли бўлган ўзгарувчи ток двигителларни яратиш эса фақат кўп фазали ток орқали амалга оширилади.

**Нима учун айнан учта фаза?** 1891 йилда рус инженери М.О.Доливо-Добровольский уч фазали ток системасини двигителларни ишлатишга татбиқ этди<sup>9</sup>. Бу система ҳозирги вақтда электрлаштириш соҳасида бутун дунёга тарқалган системага айланди. Айнан уч фазали ток ишлаб чиқаришнинг асосий сабаби оддий тригонометрик айният билан боғлиқ

$$\sin \omega t + \sin (\omega t + 120^\circ) + \sin (\omega t + 240^\circ) = 0.$$

Синусоидал ўзгарувчан кучланиш вақтнинг ихтиёрий моментидаги оний қиймати  $U = U_m \sin \omega t$ . Демак уч фазали учта синусоидал кучланишнинг амплитуда ва частоталари бир хил бўлса бу ўзгарувчан кучланишларни фазаларини бир биридан ўзаро  $120^\circ$  бурчак остида силжитиб кўшсак, йиғинди кучланиш вақтнинг ҳар қандай моментида ҳар доим нолга тенг бўлади. Айнан шунинг учун, анъанавий электр токи ишлаб чиқариш тизимларида (электростанцияларда) айнан уч фазали ток ишлаб чиқарилади.

**2.3.1. Уч фазали токнинг афзалликлари.** Уч фазали токнинг кенг қўламда ишлатилиши қуйидаги сабаблар билан ҳам боғлиқ:

1. Уч фазали системада қувват бир фазага қараганда 3 марта катта бўлади.

2. Электр энергиясини уч фазали ток системаси ёрдамида узоқ масофаларга узатиш уни фазалар сони бошқача бўлган ўзгарувчан ток билан узатишга қараганда иқтисодий жиҳатдан тежамли ҳисобланади. Чунки электр энергияси уч фазали ток системаси билан узатишда линиядаги рангли

---

<sup>9</sup> [tehnо-science.ru/history-2225.html](http://tehnо-science.ru/history-2225.html)

металлар сарфи 25% иқтисод қилинади (юқори кучланиш линиялари фақат фаза симларидан иборат, нол сим бўлмайти).

3. Уч фазали ток системаси айланувчи магнит майдон ҳосил қилиш имкониятини, ва унинг асосида катта қувватли уч фазали асинхрон двигателлар яратиш имконини беради.

4. Уч фазали системада бир йўла иккита ишчи кучланиш, яъни фаза кучланиш  $U_{\phi}$  ва линия кучланиши  $U_{\text{л}}$  мавжуд

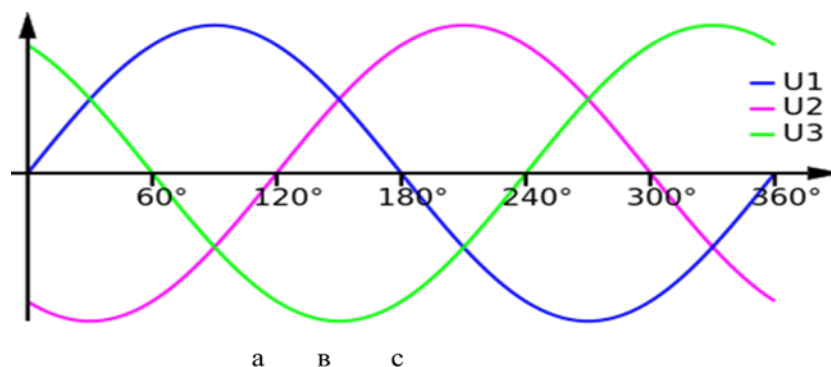
Демак, уч фазали ток деганда бир хил частота ва амплитудали, фазалари ўзаро бир-бирига нисбатан  $120^\circ$  бурчакка силжиган учта ўзгарувчан ток системасига айтилади. Фазаларни А, В, С деб белгилаш қабул қилинган (баъзан L1, L2, L3 деб ҳам белгиланади)

$$U_A = U_m \sin \omega t;$$

$$U_B = U_m \sin(\omega t + 120^\circ);$$

$$U_C = U_m \sin(\omega t + 240^\circ);$$

Бу кучланишларнинг диаграммалари ҳам ўзаро  $120^\circ$  бурчакка силжиган синусоидалардан иборат.

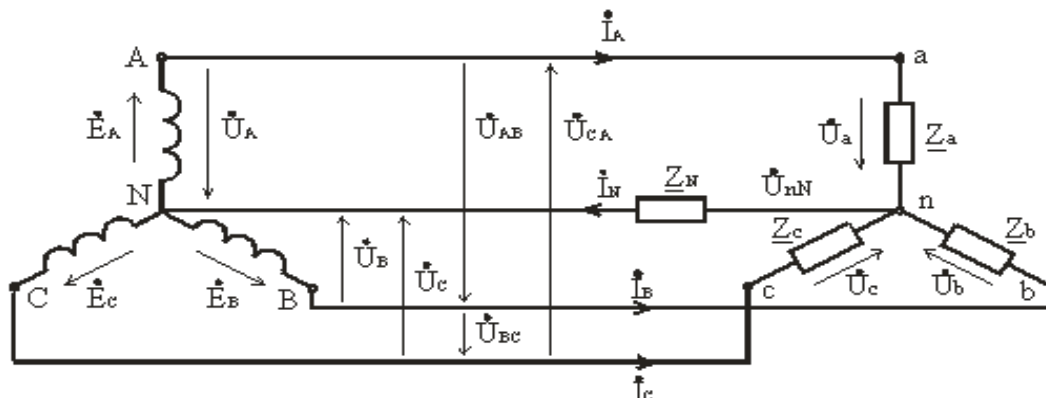


2.27-расм. Уч фазли кучланишнинг вақт диаграммаси

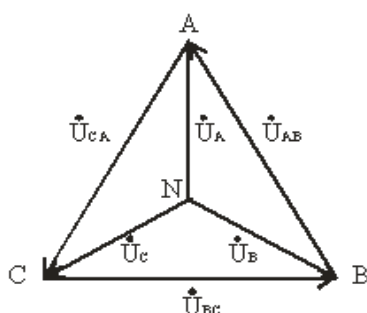
### 2.3.2. Уч фазали токда истеъмолчиларни улаш усуллари.

**Юлдузсимон схемада улаш.** Уч фазали системада генераторнинг учта чулғамлари юлдуз шаклда уланган бўлса бу генераторнинг умумий нуқтасидан нейтрал-нолинчи сим чиқади. Ҳар бир фаза чулғамининг учлари ва нол сим ораси фазалар кучланишлари деб айтилади ва  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  деб белгиланади. Фазаларнинг оралиғи эса линия кучланишлари деб айтилади ва

$U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{AC}$  деб белгиланади.



2.28-расм. Чулғамлари юлдузсимон уланган уч фазали генераторга учта истеъмолчини юлдузсимон усулда улаш.



$$U_{\text{Л}} = 660\text{В}; U_{\text{Ф}} = 380\text{В};$$

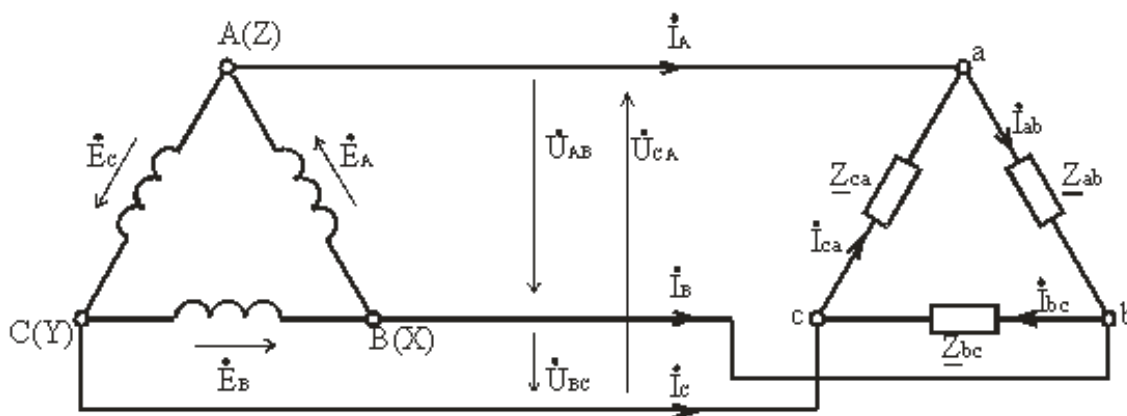
$$U_{\text{Л}} = 380\text{В}; U_{\text{Ф}} = 220\text{В};$$

$$U_{\text{Л}} = 220\text{В}; U_{\text{Ф}} = 127\text{В}.$$

Юлдуз схемада уланганда фаза ва линия токлари тенг бўлади

$$I_{\text{Ф}} = I_{\text{Л}}$$

**Учбурчак схемада улаш.** Учбурчак шаклда уланган схемада ҳар бир фазанинг бошланиши олдинги фазанинг охири ва аксинча ҳисобланади. Бунда нолинчи (нейтрал) сим ишлатилмайди. Бундай уланишлар одатда симметрик системалар учун кўпроқ ишлатилдаи.



2.29-расм. Чулғамлари учбурчак уланган уч фазали генераторга учта истеъмолчини учбурчак усулида улаш.

Схемадан кўришиб турибдики, фаза ва линия кучланишлари бир хил маънога эга, тоқлар эса фарқ қилади

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}} \quad \text{ва} \quad U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$$

### 2.3.3. Уч фазали занжирларнинг қуввати.

Бир фазали ток занжирида кўрилган актив, реактив ва тўла қувват тушунчалари уч фазали ток занжирида ҳам ўз маъносини тўла сақлайди. Нагрузка симметрик ва носимметрик бўлганда юлдуз ва учбурчак усулида уланган истеъмолчиларнинг актив, реактив ва тўла қувватларни ҳисоблаш (аниқлаш) формулалари билан танишиб чиқамиз.

Нагрузка носимметрик бўлганда ҳар бир фазанинг қуввати алоҳида ҳисоблаб топилади.

Y усулида уланганда

$$I_A \neq I_B \neq I_C$$

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C$$

Δ усулида уланганда

$$I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}$$

Актив қувват

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \varphi_{AB}$$

$$P_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos \varphi_{BC}$$

$$P_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos \varphi_{CA}$$

Уч фазали занжирнинг актив қуввати, уланиш туридан қатъий назар, алоҳида фазалар актив қувватларининг йиғиндисига тенг, яъни:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Худди шунингдек, уч фазали занжирнинг умумий реактив қуввати ва тўла қуввати ҳам алоҳида фазалар қувватларининг йиғиндисига тенг,

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C,$$

$$S = S_A + S_B + S_C .$$

Қувватларни линия тоқи ва линия кучланишлар орқали ифодаласак, уч фазали системанинг тўла, актив ва реактив қувватлари учун қуйидагиларга эга бўламиз

$$S = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}$$

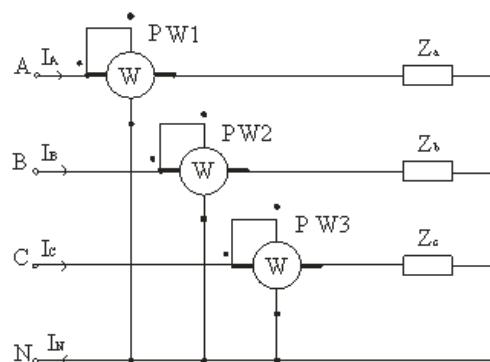
$$P = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{н}}$$

$$Q = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{н}}$$

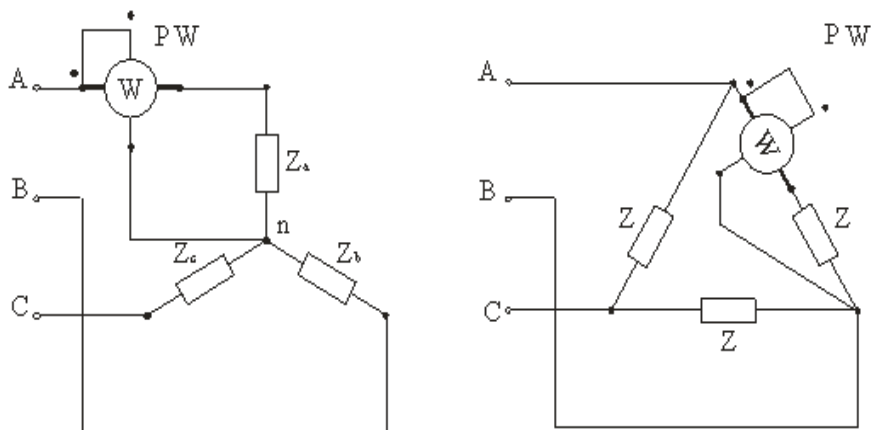


### 2.3.4. Уч фазали системанинг қувватини ўлчаш.

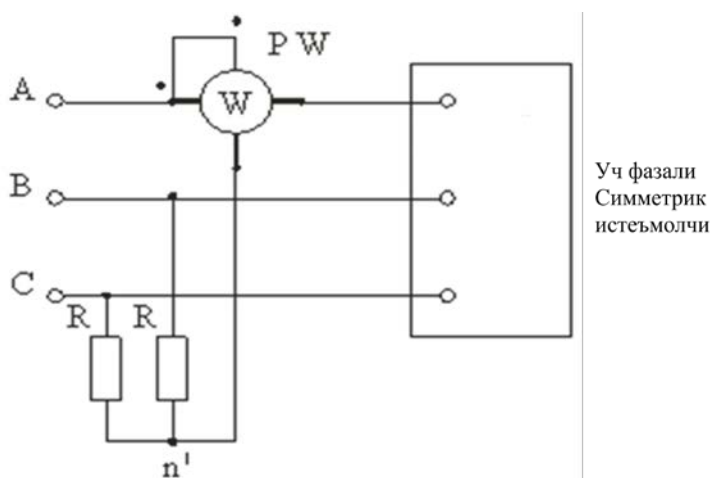
Системанинг қуввати фазалардаги қувватлар йиғиндисига тенг. Шунинг учун учта фазадаги ваттметрлар кўрсатишлари йиғиндиси, системанинг умумий қувватини беради. Ҳамма вақт ҳам барча фазаларга ваттметрлар улаш шарт эмас. Масалан система симметрик бўлса, уланиш туридан катъий назар битта фазадаги қувватни ўлчашнинг ўзи етарли, системанинг умумий қуввати эса



$$P = 3P_{\phi} \quad P = 3 P_{\phi}$$



2.27-расм. Юлдуз ва учбурчак схемаларда ваттметрларни уланиши.



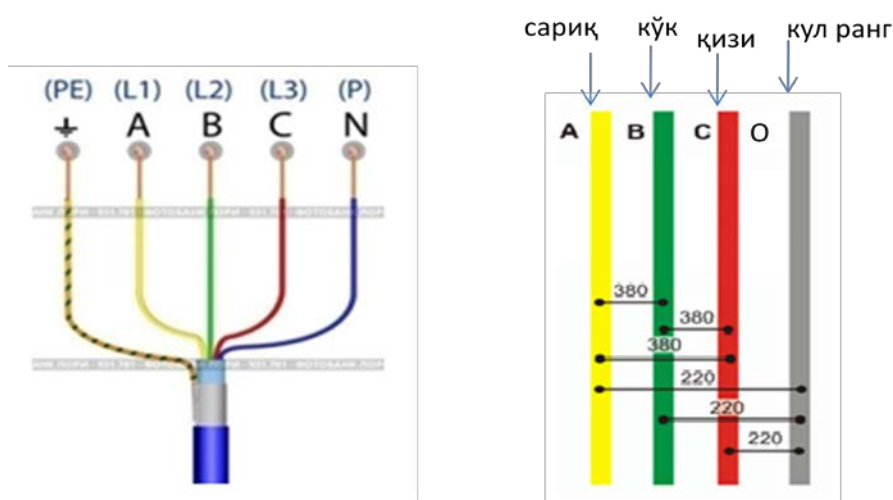
Уч фазали  
Симметрик  
истеъмолчи

2.28-расм. Сунъий нол ҳосил қилиб ваттметрни улаш.

Агар схемада ваттметрни иккинчи учини улаш учун нейтрал сим чиқарилмаган, бўлса сунъий равишда нол ҳосил қилиш мумкин. Бунинг учун колган иккита фазага ваттметр қаршилигига тенг қаршиликларни юлдуз схемада улаб нол ҳосил қилинади.

Қабул қилинган меърий талабларга кўра, (Европа ва Осиёда) электр линияларида нолинчи симнинг ранги оч кўк ёки ҳаворанг бўлиши керак. Америка стандартларида эса нолинчи сим оқ ёки оч кулранг бўлади. Нолинчи сим “N” ёк “0” деб, агар у ерга ҳам уланган бўлса, PEN деб белгиланади. Лекин буни қатъий меъёр деб бўлмайди.

Айниқса, кейинги пайтларда турли регионларда стандартлар бир-биридан фарқ қилиб бормоқда.

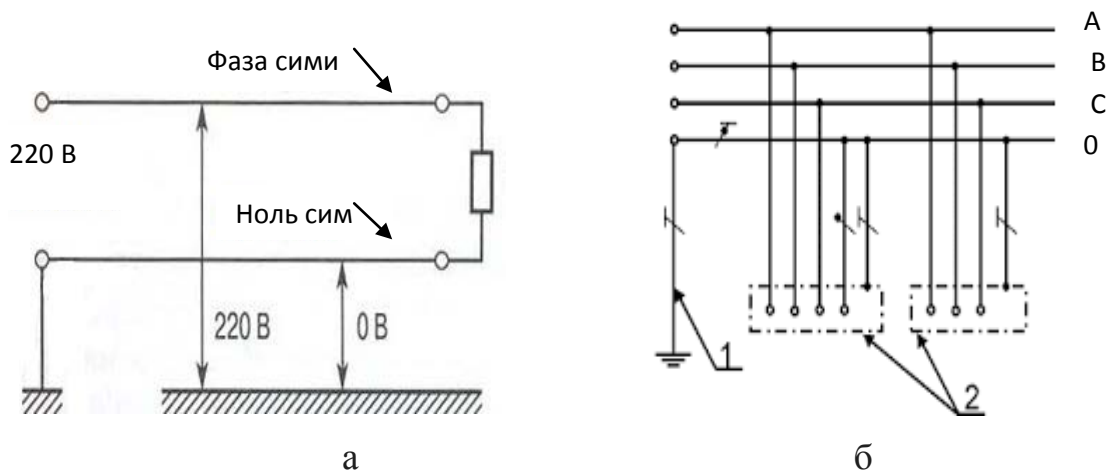


2.29-расм. Уч фазали системада симларни ранглари бўйича ажратиш

Ҳатто АҚШ ўзида ҳам бир қанча стандартларда белгиланишлар бир-биридан фарқ қилади<sup>10</sup>.

**Нол симнинг вазифаси.** Фазалардаги юкламалр ҳар хил бўлганда нол симда силжиш кучланиши пайдо бўлади (фазалардаги кучланишларнинг йиғиндиси нолдан фарқли). Бу кучланишнинг фазаларга қайта тақсимланиши натижасида айрим фазада кучланиш ортиб кетади, баъзи фазада камайиб кетади, албатта бу электр истеъмолчилар ишига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун, нолинчи сим орқали кучланиш яна генераторга қайтариб юборилади ва фазалардаги кучланишлар тақсимоти бир хиллиги таъминланади.

<sup>10</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхфазная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхфазная_система)



2.30-расм. Бир фазали ва уч фазали системаларда ноль сим.

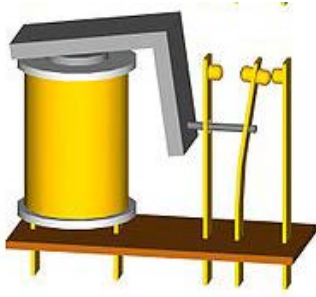
Нолинчи сим одатда тақсимловчи трансформаторда ерга уланади. Бир фазали алоҳида истеъмолчиларда у ердан изоляцияланган бўлади. Катта қувватли ва уч фазали электр истеъмолчиларда хавфсизлик нуқтаи-назаридан қурилмаларнинг корпуси ҳам ноль симга уланган бўлади 2.30-б расм.

#### Таянч иборалар.

Уч фазали система, фаза, линия, учбурчак улаш, юлдуз улаш, нол сим, ерга улаш, система қуввати, симметрик система, носимметрик система.

#### Синов саволлари:

1. Нима учун электростанциялар айнан уч фазали ток ишлаб чиқаради?
2. Симметрик ва носимметрик системалар нима?
3. Нол симнинг вазифаси нимадан иборат?
4. Нол сим узилса, уч фазали системада нима содир бўлади?
5. Уч фазали системада фазалар симларидан бири узилса, қолган фазаларда кучланишлар қандай ўзгаради?
6. Уч фазали система қуввати фазалардаги қувватлар билан қандай боғланган?
7. Уч фазали системада нол сим ва фазалар симлари қандай ажратилади?

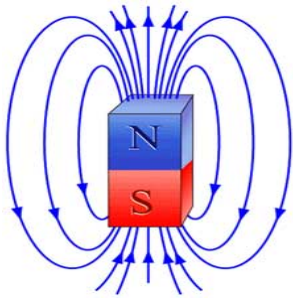


## УЧИНЧИ БОБ

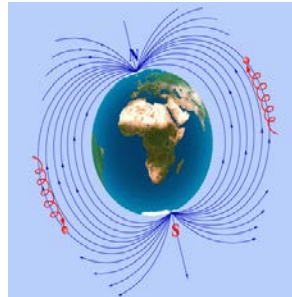
### МАГНИТ МАЙДОНИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТЛАР

#### 3.1. Магнит майдони ҳақида тушунча

Замонавий фан тасаввурларига кўра магнит майдони ҳам материянинг алоҳида кўринишларидан бўлиб, у хатто массага ҳам эга



Доимий магнит



Ернинг магнит майдони



Магнит таркибли тош

Магнит тошлар бундан икки ярим минг йиллар олдин ҳам маълум бўлган ва ундан инсонлар фойдаланиб келган<sup>1</sup>. Масалан хитойликлар эрамизнинг 6-асрида тошлар таркибидан магнит зарраларини ажратиш олишни билган.

Магнит номининг келиб чиқиши ҳақида аниқ ёзма маълумотлар йўқ. Бу номланиш қадимги грек тилидаги (*Magnētis lithos*), Магнесия тоши сўзидан келиб чиққан бўлиши мумкин деган тахмин ҳақиқатга яқинроқ. Магнесия Осиёдаги қадимги шаҳар бўлган.

Доимий магнитлар медицинада қадимдан қўлланилиб келинган. Аристотел, Ибн Сино ва Гиппократлар магнит ёрдамида даволагани медицинадан маълум. Магнит кучи инсон танасидаги энергияни бошқаради деб қарашган, шунинг учун император Клеопатра магнитдан ясалган тақинчоқ тақиб юрган. Ўрта асрларда яшаган Гилберт эса магнит билан киролича Елизаветани артритдан даволаган. Шундан кейин магнит

<sup>1</sup> [magnit-info.ru/about/history/](http://magnit-info.ru/about/history/)

медицинага кенг кириб келди, медицинада магнитотерапия йўналиши пайдо бўлди.

Ҳозиргача маълум бўлган энг катта табиий магнитнинг бўлаги 13 кг бўлиб у 40 кг юкни кўтариш кучига эга. Сунъий равишда магнит ҳосил қилиш учун дастлаб таркибида 1,5% углерод бўлган пўлат ишлатилган. Лекин бу пўлатлар магнитлик хусусиятларини узоқ сақлай олмас эди. Ҳозирги пайтда эса узоқ вақт магнитик хусусиятини сақловчи сунъий магнитлар ишлаб чиқарилмоқда, бунинг учун кобальтдан фойдаланилади.

Магнитнинг умумий формуласи  $MeFe_2O_4$  кўринишда бўлиб, бунда Me-аралашма материалдир ( никел , кобальт магний, кадмий ва бошқа).

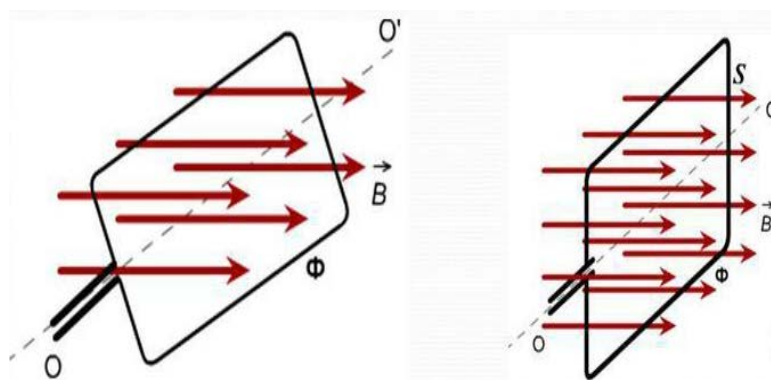
Магнитни қадимда хитойликлар **чу-ши**; греклар – **геркулес тоши**; французлар эса – **айман**; испанлар – **пьедрамант**; немислар – **магнесс ёки зигельштейн**; инглизлар – **лоудстоун** деб атаганлар<sup>2</sup>.

Магнит майдонини характерлаш ва уни микдорий жиҳатдан ўлчаш учун бугунги кунда халқаро бирликлар системасига киритилган қуйидаги магнитик катталиқлар ишлатилади:

**Магнит оқими  $\Phi$** , ўлчов бирлиги Вебер (Вб);

Актив қаршилиги 1 Ом бўлган контурдан 1 Кулон заряд ўтганда ҳосил бўладиган оқим. Ёки магнит майдони индукциясининг оқим ўтаётган юзага кўпайтмаси

$$\Phi = BS \cos \alpha$$



3.1-расм. Магнит индукцияси оқими

**Магнит сингдирувчанлик  $\mu$** , ўлчов бирлиги Генри / м (Гн/м);

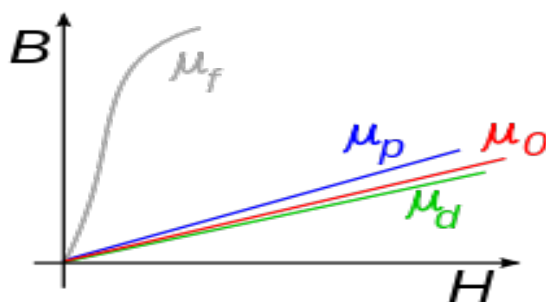
<sup>2</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнит>

Магнит сингдирувчанлик мухитнинг магнитик хусусиятини ифодаловчи катталиқ бўлиб, миқдор жиҳатдан магнит майдони кучланганлиги билан магнит майдон индукциясини боғлайди.

$$\mu = \frac{B}{H} \quad \text{ёки} \quad \mu = \frac{B_M}{B_B}$$

бу ерда  $B_M$  ва  $B_B$  мос ҳолда магнит майдоннинг мухитдаги ва вакуумдаги индукцияси.

### Магнит майдонни ҳаракатланаётган электрон ҳосил қилади



3.2-расм. Турли мухитлар учун  $B(H)$  боғланиш. Вакуум учун  $\mu_0 = 1$ ,  $B = H$ .

**Магнит майдон индукцияси  $B$** , ўлчов бирлиги Тесла (Тл). Хар қандай ўтказгичдан электр токи ўтганда бу ўтказгич атрофида магнит майдони ҳосил бўлади. Токли ўтказгичнинг магнит майдони физиканинг электромагнетизм қисмида тўлиқ ўрганилади<sup>3</sup>. Бу ерда фақат токли ўтказгичдан ҳосил бўлган магнит майдоннинг йўналишини аниқловчи ўнг парма қоидасини такрорлаб ўтамиз. Агар ўнг парма учининг илгариланма ҳаракати ўтказгичдаги ток йўналишига мос бўлса, шу пайтдаги парма дастасининг йўналиши ўтказгич атрофида ҳосил бўлган магнит майдон кучланганлиги  $H$  куч чизикларининг йўналишини кўрсатади (Майдон йўналишини аниқлашда ўнг қўл қоидаси ҳам қўлланилади).

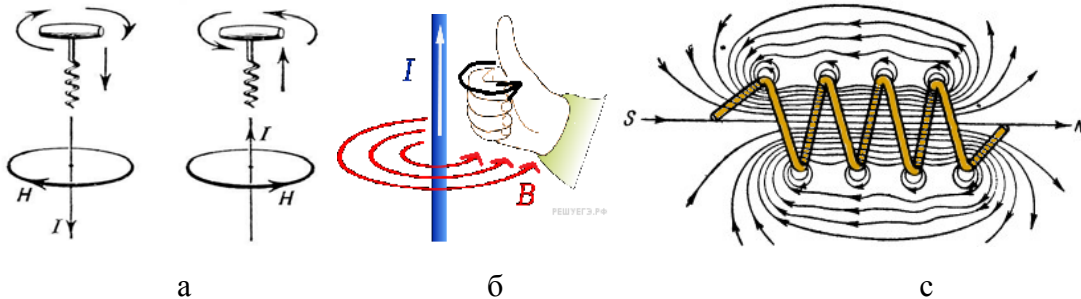
Магнит майдонини миқдорий жиҳатдан баҳолайдиган асосий кўрсаткич майдон индукциясидир. Унинг катталиги шу магнит майдонда жойлашган токли ўтказгичга майдон томонидан таъсир этувчи куч орқали аниқланади

<sup>3</sup> С. Г. Калишников Электр Тошкент Ўқитувчи нашриёти 1979й. 8-боб, 149-179 б.



$$B = \frac{F}{IL}$$

Бу ерда  $F$  магнит майдонининг токли ўтказгичга тасир кучи,  $I$ - ўтказгичдаги ток кучи,  $L$ - токли ўтказгични магнит майдони тасиридаги қисми- нинг узунлиги.



3.3-расм. Токли ўтказгич (а, в) ва чулғамнинг(с) магнит майдони

Агар ўтказгичдан ток ўтаётган бўлса , бу ўтказгични магнит майдонига жойлаштирсак, майдон токли ўтказгичга  $F$  куч билан механик таъсир кўрсатади.  $F$  куч биринчи марта француз олими Ампер томонидан аниқланган, шунинг учун уни Ампер кучи деб юритилади.

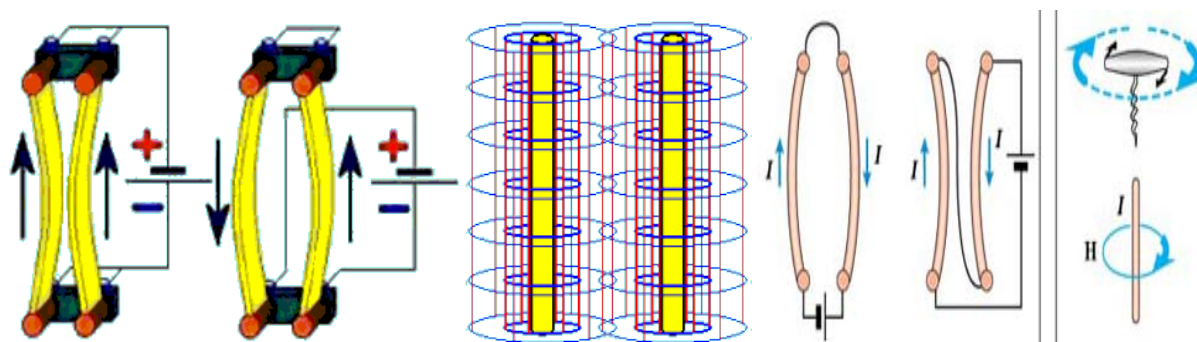


3.4- расм. Ампер кучи ва чап қўл қоидаси

**Ампер Андре Мари.** Буюк француз физик ва математик олими. Электр токи ва магнетизм соҳасида улкан кашфиётлар қилган ва токнинг магнитик таъсирларини ўрганган. Унинг шарафига ток кучи бирлиги Ампер деб қабул қилинган. Ампер ўз даврининг машҳур шахсларидан бўлиб, кўплаб давлатлар академияларининг, шу жумладан Петербург фанлар академиясининг аъзоси бўлган. У Авогадро билан биргаликда кимё фанига ҳам катта ҳисса қўшган, биринчи бўлиб телеграфни



кашф этган. Фанга кибернетика терминини ҳам (1830 йилда) Ампер киритган эди.



3.5- рсм. Ампер тажрибалари

Токларнинг магнит майдонлари ва уларнинг таъсирлашишлари бўйича Ампер жуда оддий, лекин катта амалий аҳамиятга эга тажрибалар ўтказган. Бу тажрибалар кейинчалик электр машиналарини яратилишига асос бўлди.

### 3.2. Гистерезис ҳодисаси.

Моддалар магнитик хусусиятларига кўра уч хил турга ажратилиб қаралади:

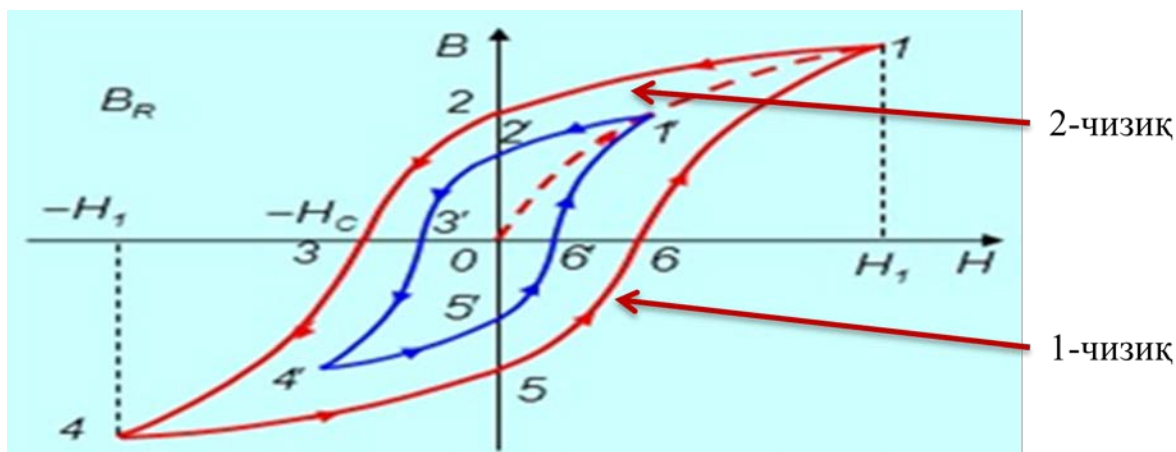
диамагнетиклар-уларда  $\mu < 1$ , бундай материалларга масалан кўрғошин, рух, азот киради, улар деярли магнитланмайди;

парамагнетиклар – уларда  $\mu > 1$ , бундай материалларга кислород, никел кабилар киради. Уларни магнитлаш қийин кечади;

ферромагнетиклар- уларда  $\mu \gg 1$ , бундай моддаларга темир, пўлатнинг махсус турлари, кобальт киради. Уларнинг магнит сингдирувчанликлари бир неча ўн минг, ҳатто юзлаб минггача боради, масалан темирнинг никелли қотишмаси учун  $\mu = 250\ 000$ . Бундай моддалар электр машиналарининг ўзакларини яшашда ишлатилади.

Моддаларнинг магнитик хусусиятларини ўрганишда шу нарса аниқланганки, агар бирор моддани магнитлантурсак, ундаги қолдиқ магнитланиш сақланиб қолади ва шу моддани яна қайта магнитлашда жараёнлар энди бутунлай бошқача кечади. Бу ҳодиса магнит гистерезиси деб юритилади.

Магнит гистерезиси В-магнит майдони индукциясини Н-магнит майдони кучланганлигига боғлиқлиги эгри чизиғи билан характерланади. Бу боғланиш ўзига хос халқани ташкил қилади.



3.6-расм. Магнит гистерезис чизиғи

Гистерезиснинг маъноси шундаки, агар моддадаги магнит майдон кучланганлиги ортиб борса, магнит майдони индукцияси ҳам ортади. Бу боғланиш ўзига хос эгри чизикдан иборат (1-чизик). Энди кучланганликни камайтириб борсак, майдон индукцияси ҳамма нуқталарда олдинги қийматларига қараганда каттароқ қийматлардан ўтади (2-чизик).

Магнит майдон индукциясининг бундай ортиб қолиши қолдиқ магнитланиш деб айтилади. Бу ҳодиса электротехника ва электроникада жуда кенг амалий тадбиқларга эга.

Бугунги кунда магнит майдони генератор, двигатель ва трансформаторларда энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиш жараёнининг асосий механизмларида ва электрон қурилмаларда жуда кенг ишлатилмоқда.

Магнит майдонидан машина ва механизмларда фойдаланишнинг амалий асослари қуйидаги 4 принципга таянади<sup>4</sup>:

1. Токли ўтказгич атрофида магнит майдони ҳосил бўлади;

<sup>4</sup> Chapman S. J. Electric machinery fundamentals Mc. Graw Hill Education New York. NY10020. 2005 , 8-16p.

2. Ғалтакдаги магнит майдонининг ўзгариши, шу ғалтакда электр юритувчи кучни (э.ю.к.) индукциялайди (трансформаторнинг ишлаш принципи);

3. Токли ўтказгич магнит майдонига киритилса, бу ўтказгичга майдон томонидан таъсир этувчи куч пайдо бўлади (двигателларнинг ишлаш принципи);

4. Ўтказгич магнит майдонида ҳаракатланганда унда электр токи ҳосил бўлади (генераторларнинг ишлаш принципи).

### 3.3. Магнит майдонни ҳисоблаш ва ундан фойдаланиш.

Токли ўтказгич атрофида магнит майдон ҳосил бўлиши Ампер қонуни орқали тушунтирилади.

$$\oint H \cdot dl = I$$

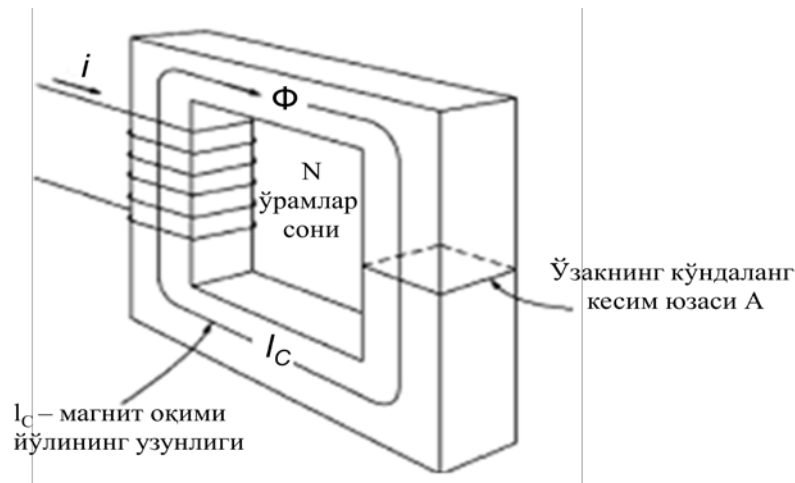
бу ерда,  $H$  - ўтказгичдан  $I$  ток ўтганда унда ҳосил бўлган магнит майдон кучланганлиги,  $L$  – ўтказгичнинг узунлиги. СИ бирликлар системасида  $I$ - ток кучининг бирлиги Ампер (А),  $H$  - майдон кучланганлигининг бирлиги Ампер•м (А м). (1.18) тенгламанинг маъносини тўлароқ тасаввур этиш учун 1.3. расмга мурожаат қиламиз. Расмда тўғри бурчакли ўзак ва унинг бир томонига ўралган чулғам кўрсатилган.

Агар ўзак ферромагнетик материалдан ясалган бўлса, (одатда ўзак электротехник пўлатдан ясалади) ғалтакдаги токдан ҳосил бўлган магнит майдони бутун ўзак бўйлаб оқади. Шунинг учун Ампер қонунида интегрални чулғам узунлиги бўйича олинади. Расмдан кўриниб турибдики, магнит майдони ғалтакнинг барча ўрамларини кесиб ўтади, шунинг учун

$$Hl_c = Ni$$

Бу ерда  $H$  магнит майдон кучланганлиги вектори  $\mathbf{H}$  нинг скаляр катталиги. Демак, магнит майдон кучланганлиги чулғамдаги ток кучига тўғри пропорционал.

$$H = \frac{Ni}{l_c}$$



3.7-расм. Энг содда электромагнит ўзак ва унга ўралган чулғам.

Бундан ташқари, кучланганлик ўзакнинг материалига ҳам боғлиқ равишда ўзгаради. Магнит майдон кучланганлиги  $H$  ва магнит майдон индукцияси  $B$  ўзак материалининг магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  орқали ўзаро қуйидагича боғланган

$$B = \mu H$$

Демак, магнит майдон индукцияси икки хил параметрга боғлиқ:

$H$  – магнит майдон кучланганлиги-ток кучи орқали аниқланувчи параметр;

$\mu$  - магнит сингдирувчанлик- ўзакнинг материалига боғлиқ бўлган параметр.

Вакуумнинг магнит сингдирувчанлигини  $\mu_0$  деб белгилаймиз ва уни абсолют магнит сингдирувчанлик деб юритилади,

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

Ҳар қандай модданинг магнит сингдирувчанлиги вакуумга нисбатан олинади ва нисбий сингдирувчанлик деб юритилади.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (1.23)$$

Нисбий магнит сингдирувчанликдан фойдаланиш амалда жуда қулай. Юқорида айтилганидек ферромагнетикларда бу сингдирувчанлик жуда катта. Масалан, пўлатнинг турларига қараб унинг нисбий магнит сингдирувчанлиги 2000 дан 6000 гача ўзгаради. Бу шуни билдирадики, пўлат ўзакда вакуумдагига нисбатан 2000 дан 6000 мартагача катта магнит майдон индукцияси ҳосил қилиш мумкин. Магнит сингдирувчанлиги ҳақида бундан

хам катта материаллар бор, масалан, пермаллойнинг махсус тури, пермаллой-68 (68% никел ва 32 % темирдан иборат махсус қотишма) учун магнит сингдирувчанлик 250000 гача етади. Шунинг учун электр машиналарида чулғамлар пўлат ёки пермаллой қотишмаларидан тайёрланади. Ҳавонинг магнит сингдирувчанлиги вакуум билан бир хил 3.1-жадвал. Шундан келиб чиқадики, трансформатор ва двигателларда магнит майдонни кучайтиришда ўзакнинг аҳамияти жуда катта.

3.1 жадвал

т/р №	Модда	Магнит сингдирувчанлиги	Модданинг магнитик хусусияти
	Вакуум (ҳаво учун ҳам)	1	Парамагнит
	Кобальт	175	Ферромагнит
	Никель	1100	Ферромагнит
	Пўлат	600-800	Ферромагнит
	Пермаллой	250000	Ферромагнит



3.8- расм. Катта қувватли электр машинасининг статор ва ротор ўзаклари

Ўзакнинг магнит сингдирувчанлиги ҳавога нисбатан катта бўлгани учун магнит майдон асосан ўзак бўйлаб кўчади. Ўзакдан ташқаридаги майдон эса кичик бўлади. Лекин бу сочилган майдон электр машиналарида ғалтакларнинг индуктив боғланиши ва ўзиндукция ҳодисаларида муҳим аҳамиятга эга.

Ўзакда ҳосил бўлган магнит майдон индукциясини қуйидагича аниқлаш мумкин

$$B = \mu H = \frac{\mu Ni}{l_c}$$



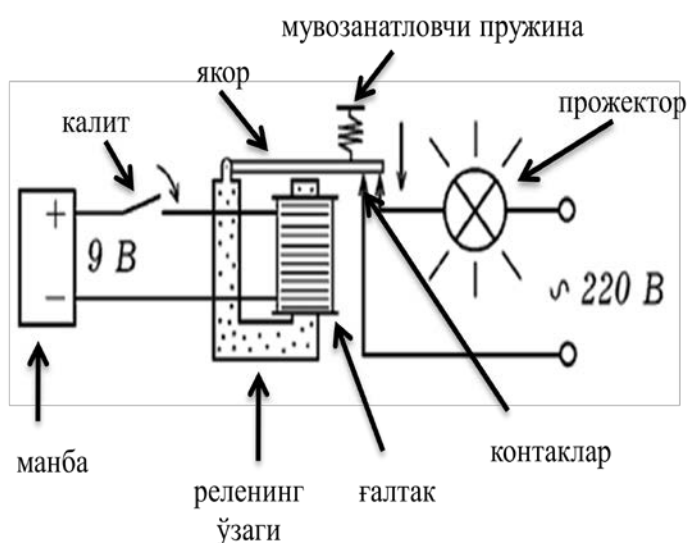


килади. Ернинг магнит қутблари эса бу ўққа нисбатан  $11,3^\circ$  бурчак ҳосил килади. Бундан ташқари Ернинг магнит майдони қутблари доимий бўлмай у маълум миқдорга ўзгариб туради, бу Ер шари марказидаги суюқ ҳолдаги ядронинг ҳаракати билан боғлиқ. Айрим олимларнинг текширишларига кўра магнит қутблари бир йилда 15 км масофагача силжиши мумкин. Бундай кичик силжишлар натижасида Ернинг магнит майдони ҳар 250 000 йилда алмашиб туради деган фаразлар ҳам мавжуд.

### 3.5. Электромагнитик қурилмалар.

Электромагнитик қурилмаларнинг асосини ғалтаклар ташкил қилади. Электр токининг ғалтакда магнит майдонига айланишини кўриб ўтдик. Энди, айнан шу магнит майдондан амалий мақсадларда фойдаланишни кўрамиз.

Электромагнитик қурилмаларда магнит майдони электр токи (ўзгармас ва ўзгарувчан) таъсирида ҳосил қилинади, демак, бу майдоннинг таъсири асосида электр токининг параметрларини ўлчаш мумкин. Энг содда электромагнитик ўлчов қурилмалари ана шу асосда тузилган бўлади. Кучли магнит майдонлар ҳосил қилиш эса электромагнитик релелар ва ҳатто электромагнитик кранлар яратиш имконини беради.



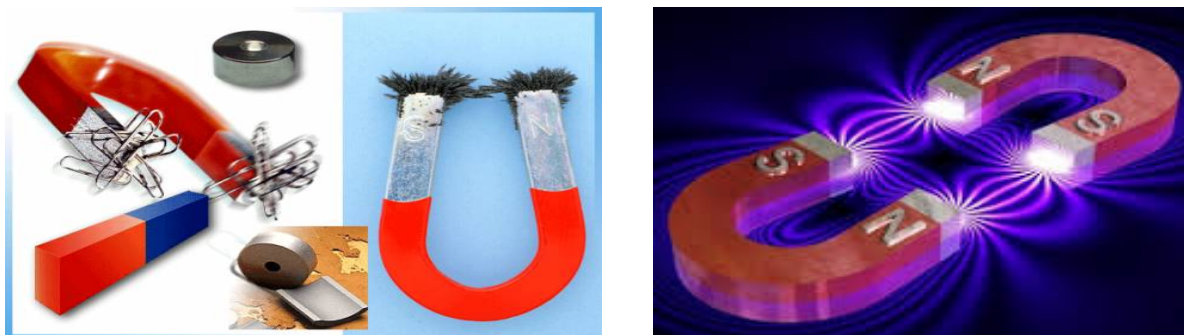
3.10- расм. Электромагнитик релели система ва реленинг умумий кўриниши.

Автоматик бошқарув тизимларида жуда кенг ишлатилувчи бир қатор электромагнитик релеларни ва уларнинг ишлашини кўриб чиқамиз<sup>5</sup>.

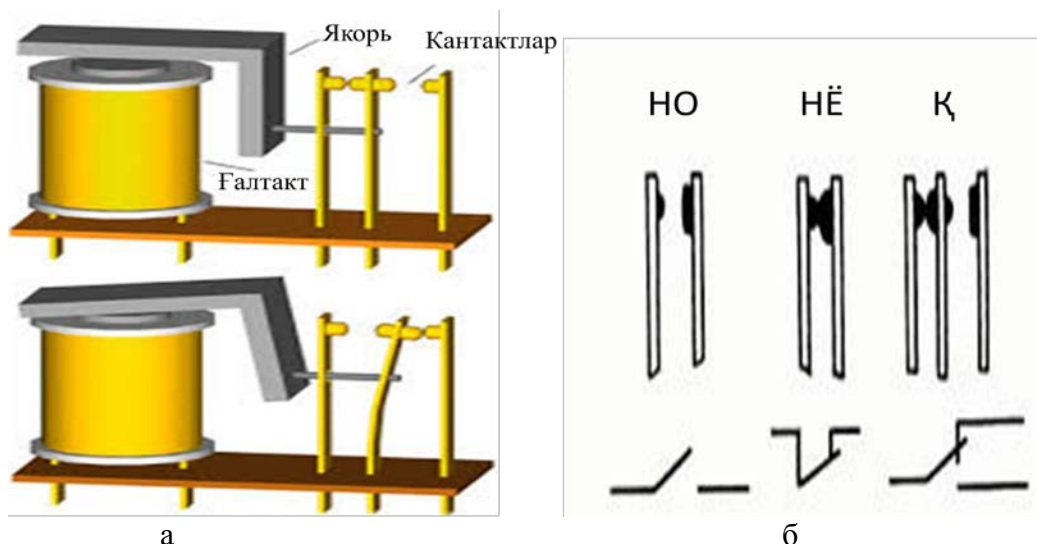
Масалан 220 В кучланишли тармоқдан ишловчи катта қувватли прожекторни 9 В кучланишли аккумулятор ёрдамида ўчириб-ёқувчи ярим автоматик реле системани кўрамиз.

Ўзгармас электр токи таъсирида ғалтак магнитланиб якор деб аталувчи ҳаракатланувчи пластинкани ўзига тортади ва контактларни улайди.

Ток узилса, мувозанатловчи пружинанинг эластиклик учи таъсирида якор ўз ўрнига қайтиб занжирни узади (айрим релеларда пружина ишлатилмайди, контакт пластинкалари ўзининг эластиклик кучи ҳисобига ўз ўрнига қайтади.



3.11-расм. Доимий магнитлар ва унинг майдони.

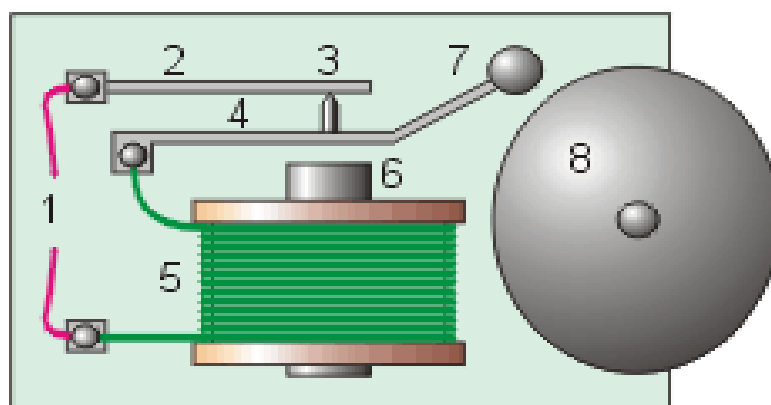


3.12-расм. Электромагнитик реле ва унинг контактлари. а - қутбланган реленинг умумий кўриниши, б-реле контактлари: НО-нормал очик; НЁ-нормал ёпик; Қ-қутбланган.

<sup>5</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/реле>

Релелар контактларининг дастлабки ҳолатига қараб очик, ёпик ва қутбланган турларга бўлинади. Дастлабки ҳолатда, ғалтакда ток бўлмаган пайтда реле контактлари узилган (в-расмдаги НО ҳолат) бўлса, бундай релелар очик контактли, агар уланган (в-расмдаги НЁ ҳолат) бўлса, ёпик контакли релелар турига киради. Агар реленинг якори бир контактни узиб, бошқа контактни уласа, бундай релелар (в-расмдаги Қ ҳолат) қутбланган релелар дейилади.

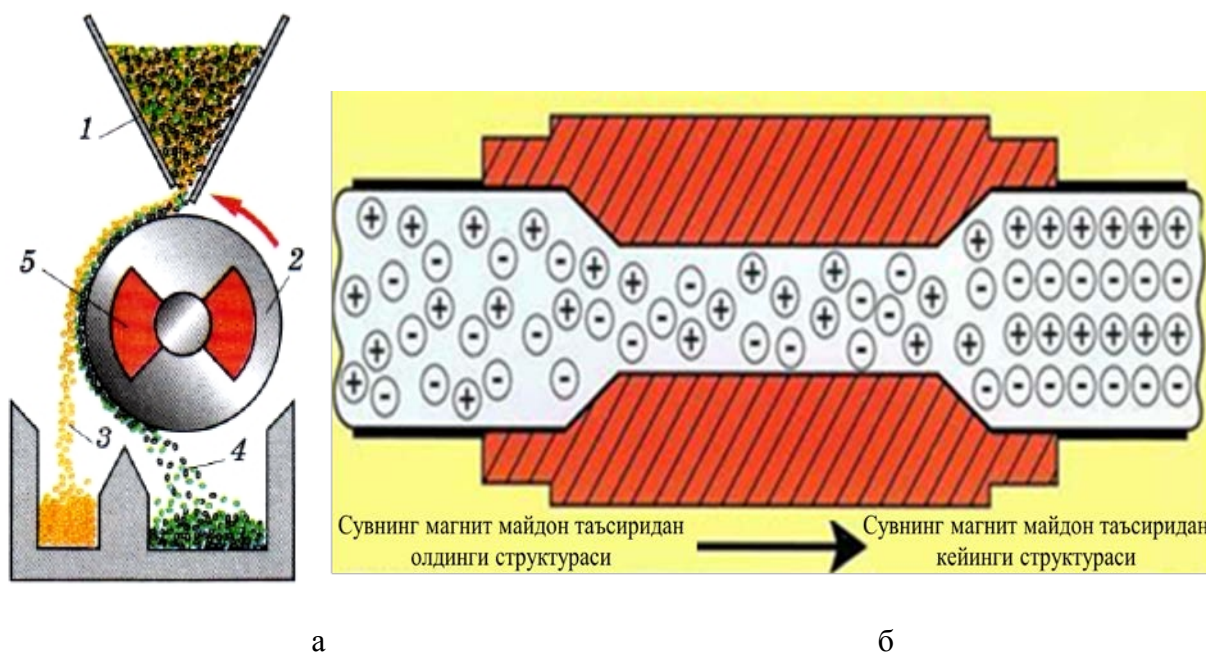
Электромагнитик қўнғироқларда ҳам релелар кенг ишлатилади. Кучланиш амплитудаси етарлича катта бўлганда якор ўзакка тортилиб, унга уланган шарча қўнғироқ қалпоқчасига урилда ва овоз чиқаради. Очик ва ёпик контактли релелердан фойдаланиб, ўзгармас ва ўзгарувчан токда ишлайдиган қўнғироқлар ҳосил қилиш мумкин.



3.13-рсм. Электромагнитик релели қўнғироқ

Магнитнинг турли моддалар билан таъсирлашуви ва электромагнитнинг хусусиятларидан фойдаланиб, турли технологик жараёнлар учун қурилмалар яратиш мумкин. Масалан, буғдойни бегона ўтлар уруғидан ажратишда буғдой металл қипиғи билан аралаштирилади. Буғдойга металл қипиғи ёпишмайди, ўтларнинг уруғига эса ёпишади. Технологиянинг яратилиши айнан шунга асосланади. Қурилманинг схемаси 3.14-а расмда кўрсатилган. Воронкасимон идишдаги 1 буғдой 2 барабанга ёпиштирилган 5 электромагнит атрофида айланиб, оғирлик кучи тасирида идишга тўкилади. Лекин, 3 буғдой донига металл зарралари ёпишмаганлиги учун, у барабандан

олдинроқ ажрайди. Ўтларнинг қипиқли донларига 4 эса металл қукунлари ёпишганлиги учун улар барабандан кечроқ ажрайди 4. Шу тарзда буғдой дони бегона ўтлар донидан тозаланади.



3.14-расм. электромагнитли сепаратор (а) ва магнит майдони ёрдамида сувни юмшатиш (б).

Маълумки сувнинг таркибидаги турли тузлар (калий, кальций, магний, кремний ва бошқалар) технологик жараёнларда ўзининг салбий таъсирларини кўрсатади. Қувурларнинг деворларида чўкинди сифатида йиғилиб уларнинг ўтказувчанлик хусусиятини камайтиради. Сув иситиш қурилмаларида эса бундай чўкиндилар энергия исрофига олиб келади. Чўкинди ҳосил бўлишини камайтириш учун магнит майдондан фойдаланилади. Бунда магнит майдони таъсирида сув таркибидаги туз ионларининг кристаллашиш хусусиятлари ўзгаради. Одатдаги текис кристаллар ўрнига магнит майдонида конуссимон учли кристаллар шаклланади. Бу кристалларнинг ўзаро бирлашиб чўкиндилар ҳосил қилиши эҳтимоллиги кескин камаяди. Магнит таъсирида сувдаги тузлар ўзгармайди, фақатгина уларнинг идиш деворларида йиғилиши камаяди.

Магнит майдонларидан бугунги кунда медицинада жуда кенг фойдаланилиши ҳаммамизга маълум (магнитотерапия), ҳатто турли хил



ҳашоратларга қарши курашувчи замонавий электрон тизимларнинг бевосита объектларга таъсири ҳам магнит майдони орқалидир. Яъни бу қурилмалар маълум частотали магнит майдоннинг айрим ҳашоратларга зарарли таъсири асосида яратилади.



3.15-расм. Магнитотерапия қурилмаси ва ҳашоратлардан магнит ёрдамида сақланиш.



3.16-расм. Электромагнитик кранлар айниқса металлларни юклашда жуда қулай.

**Таянч иборалар.** Магнит, магнит майдон кучланганлиги, магнит майдон индукцияси, магнит сингдирувчанлик, гистерезис, ўзак, ғалтак.

### **Синов саволлари.**

1. Магнит майдони қандай ҳосил бўлади?
2. Токли ўтказгичнинг магнит майдони йўналиши қандай аниқланади?
3. Магнит майдони токли ўтказгичга нима учун таъсир кўрсатади?
4. Токли ўтказгич ва магнит майдоннинг тасирлашувидан амалда қандай фойдаланиш мумкин?
5. Гистерезис халқаси нима?
6. Нима учун электр машиналари чулғамларида ўзаклар ишлатилади?
7. Ўнг парма ва ўнг қўл қоидаси билан нимани аниқланади?



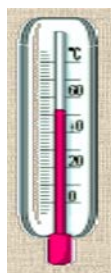
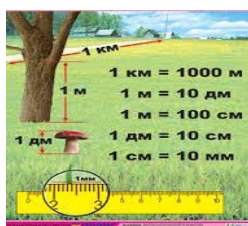
## ТЎРТИНЧИ БОБ ЎЛЧОВЛАР



### Кириш

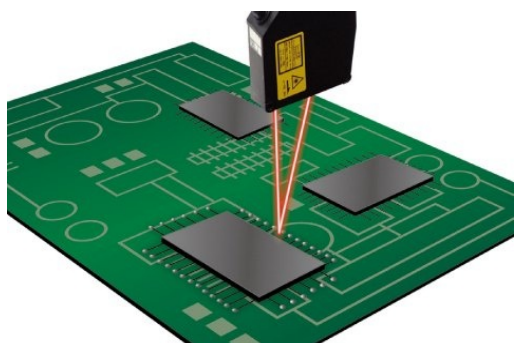
Ҳаётимизда, табиатда, коинотда бизни ўраб турган бутун борлиқ чекли ўлчовларга эга. Фазонинг, вақтнинг ўлчовлари мавжуд. Коинотдаги галактикалар, юлдузлар ва планеталарнинг ҳам фазо ва вақт ҳисобидаги ўлчамлари мавжуд. Бирор жисм ҳақида гап кетганда, албатта унинг ўлчамларини ҳисобга оламиз. Чексиз катта ўлчамли жисмни тасаввур ҳам этиб бўлмайди (коинот чексиз, шунинг учун коинот ҳақида тўла тушунча ҳам мавжуд эмас).

Оддий кундалик ҳаётимизда ҳам, биз ўз хоҳишимиздан ташқарида бўлган ўлчамлар билан иш кўришга, уларни ўлчашга мажбурмиз. Инсон ҳаётининг ўзи ҳам ўлчамли ва биз ундан самарали фойдаланишга уринамиз, вақтни ўлчаймиз, режалаштирамиз, тежаймиз. Ўзаро муносабатларимизда, кундалик турмушда, табиат ва жамият қонунларини ўрганишда, фан ва техникада, ишлаб чиқаришда ўлчовлар билан иш кўрамыз. Қисқача қилиб айтганда, бутун ҳаётини фаолиятимиз ва ўзаро муносабатларимиз давомида биз турли кўринишдаги ўлчовларни бажарамиз ва уларнинг натижалари асосида иш юритамиз.



4.1- расм. Ҳаётимизнинг таркибий қисмларига айланган кундалик ўлчов жараёнлари

Айниқса, фан ва техникани, ишлаб чиқаришни ўлчовларсиз тасаввур этиш қийин. Бугунги техник тарақиётнинг ривожланиш даражаси ҳам аслида ўлчовларни (вақт, масса ва масофани ўлчашни) қай даражада аниқ бажара олишимиз билан баҳоланади. Масалан, 1970-75-йиллардаги технологик тарақиёт даражаси масофани 2-8 мкм аниқликда ўлчаш имкониятини берган ва бунга мос микросхемалар ишлаб чиқарилган, 90-йилларга келиб бу аниқлик 80 нм га етказилган бўлса, 2010-йилда 32 нм эди. 2018 йилга бориб аниқлик даражаси 10нм га етиши кутилмоқда. Технологик жараёнларда масофани бундай аниқликларда ажратиш интеграл микросхемаларнинг тезлигини ошириш, ўлчамлари ва энергия истеъмолини камайтириш, информация сақлаш имкониятини кенгайтириш каби қатор имкониятларни беради, бу эса ўз навбатида янада мукамаллашган электрон қурилмаларни яратишга йўл очади.



4.2- расм. Ўлчовларнинг аниқлиги технологик тарақиётни белгилайди.

#### 4.1. Ўлчов ҳақида умумий тушунчалар.

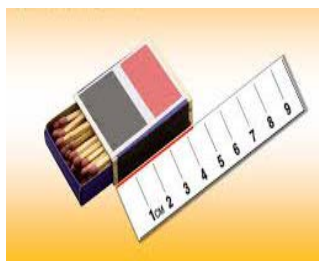
Ҳар қандай ўлчаш, аслида ўлчанаётган катталиқни бизга маълум бўлган бошқа бирор катталиқка айлантириб ёки унга солиштириб баҳолашдир. Шу маънода ўлчашга қуйидагича таъриф бериш ўринли. **Бирор физик катталиқни бевосита ёки билвосита усуллар билан тажриба асосида аниқлаш ўлчаш деб аталади.** Ўлчаш натижалари эса шу катталиқ учун ўлчов бирлиги деб қабул қилинган бирликларда ифодаланади.

Ўлчовларни бажаришда, (демак тажриба ўтказишда) албатта маълум жихозлар, яъни ўлчов воситалари зарур бўлади. Ўлчов воситалари эталонлар

ва ўлчов асбобларига бўлинади. Бирор физик катталиқни ўлчаш учун уни эталон намуна билан солиштириб (таққослаб) кўрилади, масалан массани ўлчашда тортилаётган буюм тарози тошлари билан солиштириб ўлчанади, ёки масофани ўлчашда уни чизғич билан таққослаймиз.



Массани солиштириб ўлчаш



Узунликни солиштириб ўлчаш



Температурани бевосита ўлчаш

4.3- расм. Ҳар қандай ўлчов жараёни бу тажриба ўтказишдир.

Шунингдек, ўлчаш тегишли ўлчов асбоблари ёрдамида бевосита ёки билвосита амалга оширилиши мумкин. Билвосита ўлчашда ўлчанаётган катталиқнинг бошқа бирор физикавий катталиқ орқали боғланишларидан фойдаланилади. Масалан, қаршиликни ўлчаш учун кучланиш ва ток кучини ўлчаб Ом қонуни орқали қаршиликни ҳисоблаб топиш мумкин. Бевосита ўлчовда эса ўлчов асбоби ўлчанаётган катталиқни унинг ўз ўлчов бирликларида бевосита кўрсатиб беради (рақамли тарозилар, вольтметрлар, амперметрлар ва хоказо). Бевосита ўлчаш асбобларида натижалар шкалаларда, рақамли тарзда ёки график кўринишда ифодаланиши мумкин.



Шкалали ваттметр



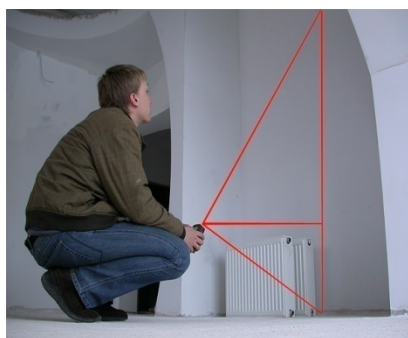
Рақамли ваттметр



Автомобил тезлик датчиги

4.4- расм. Шкалали ва рақамли ўлчов қурилмалари.

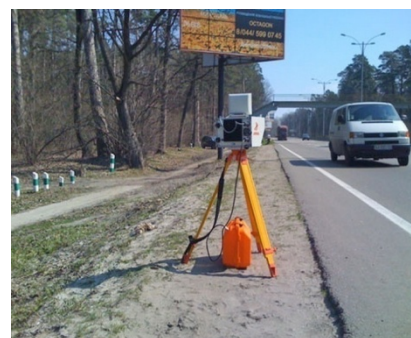
Замонавий ўлчов қурилмаларида ўлчаш натижаларини бевосита рақамларда ифодалашдан ташқари уларни электрон кўринишда ташқи ахборот тизимларига узатиш, ёзиб олиш, сақлаш мумкин. Шунингдек, ўлчов қурилмаси бевосита дастурланган микропроцессорли бўлиши ва маълум ҳисобларни амалга ошириши ҳам мумкин. Масалан, электрон тарозиларда маҳсулотнинг баҳоси киритилса, тарози масса билан бир вақтда умумий нархини ҳам кўрсатиб беради, ёки бугунги замонавий, рақамли электрон ҳисоблагичлар (электр энергияси ҳисоблагичлари назарда тутилмоқда) фойдаланилган электр энергияси ҳисобини кўп тарифли тизим асосида олиб бориши, маълумотларни тегишли дастурлар асосида турли кўринишларда шакллантириши, ҳамда бу маълумотларни ёзиб бориши ёки алоқа тизимлари орқали узатиши мумкин.



Лазерли линейка



Электрон термометр



Фоторадар

4.5- расм. Замонавий электрон ўлчов қурилмалари.

#### 4.2. Эталонлар, ўлчов турлари ва воситалари.

Ўлчовларни ташкил қилиш ва ўлчовни меъёрлаштириш мақсадида асосий физикавий катталикларнинг эталонлари шартли равишда қабул қилинади, масалан масса ва масофанинг эталонлари мавжуд. Ўлчов қурилмаси эса муайян физикавий жараёнларга асосланиб бирор катталикни ўлчаш учун махсус ишлаб чиқарилган бўлади ва бу бунда қурилма эталонлардан фойдаланилиб даражаланади. Демак, ўлчов қурилмаларини яратиш ҳам эталонларга асосланади. Эталонларни қабул қилиш халқаро миқёсларда амалга оширилади. Чунки, ўлчовларни ташкил этиш ва уларни меъёрлаштириш муҳим ижтимоий ва халқаро аҳамият касб этади. Шунинг

учун ҳам ўлчовлар юзасидан халқаро бирликлар системаси (СИ- *Système International*) мавжуд. Энг дастлабки бирликлар системаси 1799 йилда Францияда қабул қилинган, унда массани ва масофани ўлчов бирлиги сифатида эталон қабул қилинган эди. Кейинроқ 1874 йилда учта асосий катталикнинг (масофа учун–сантиметр, масса учун–грам, вақт учун–секунд) меъёрлари **СГС (сантиметр-грам-секунд)** бирликлар системаси ишлаб чиқилди ва 1875 йилда Россия, Германия, АҚШ, Франция, Италия каби кўплаб давлатлар томонидан халқаро меъёрлар сифатида тан олиниб амалиётга тадбиқ этилди. Бугунги кунда дунёнинг барча давлатларида амал қилувчи халқаро бирликлар системаси<sup>1</sup> СИ эса 1960-йилда қабул қилинган ва бу системада асосий катталиклар эталони сифатида **масса (килограмм), масофа (метр) ва вақт (секунд)** қабул қилинган. Бошқа барча катталикларнинг бирликлари шу уч асосий фундаментал катталикларга меъёрлаштирилган тарзда келтириб чиқарилади. Сўнгги йилларда ўлчовларни соддалаштириш ва янги ўлчов тизимларини ривожлантириш мақсадида ток кучи, температура, модда миқдори ва ёруғлик кучи каби 4 та физик катталикларнинг ҳам фундаментал меъёрлари ишлаб чиқилиб асосий бирликлар қаторига киритилди.

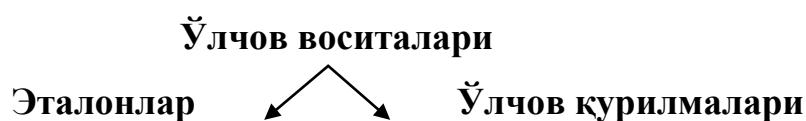
#### Асосий физикавий катталиклар

Катталиклар		Катталикнинг бирликлари			
катталик номи	катталик белгиси	номланиши		белгиланиши	
		русча	француз/инглиз	русча	халқаро
Масофа	L	метр	mètre/metre	м	m
Масса	M	килограмм	kilogramme/kilogram	кг	kg
Вақт	t	секунд	seconde/second	с	s
Ток кучи	I	Ампер	ampère/ampere	А	А
Температура	T	кельвин	kelvin	К	К
Модда миқдори	N	моль	mole	моль	mol
Ёруғлик кучи	J	Кандела	candela	Кд	cd

<sup>1</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная\\_система\\_единиц](https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная_система_единиц)

Ўлчовни амалга оширишда қўлланилувчи ўлчов воситаларига эталонлар ва ўлчов қурилмалари киради. Эталонлар халқаро миқёсларда қабул қилинган намуналар ҳисобланса, ўлчов қурилмалари ана шу намуналар асосида қурилади.

Эталонлар кўпчилик ҳолларда ўлчов қурилмаларини текшириш учун ишлатилади. Эталонларнинг аниқ ва тўғри бўлиши махсус соҳа хизмати (метрология хизмати) томонидан текшириб турилади.



**Эталонлар:** Тарози тошлар, чизғичлар, ўлчов кўприклари ва бошқалар. Ўлчов қурилмалари: Амперметр, вольтметр, электрон тарози, ҳисоблагич, термометр ва бошқалар.

Ўлчовлар бевосита ва билвосита ўлчаш турларига бўлинади. Бевосита ўлчашда ўлчов қурилмаси ўлчанаётган катталиқни бевосита кўрсатиб беради (рақамли тарозилар, вольтметрлар, амперметрлар ва ҳоказо). Билвосита ўлчашда эса ўлчанаётган катталиқ билан боғлиқ бўлган бошқа бирор физикавий катталиқни ўлчаб, сўнг ҳисоблашлар ёки бошқа усуллар ёрдамида ўлчанаётган катталиқ топилади. Бевосита ўлчаш усули кундалик ҳаётимизда, техникада жуда кенг ишлатилади. Билвосита ўлчаш усули эса кўпроқ илмий текшириш ишларида ва мураккаб жараёнларнинг параметрларини ўрганишда қўлланилади. Масалан, Ернинг массасини ўлчаш, қуёшни ҳароратини ўлчаш, юлдузларни ўрганиш ва ҳоказо.

**Ўлчов хатоликлари.** Ҳар қандай ўлчов маълум хатоликларга эга бўлиб, бу хатоликларни баҳолашда абсолют ва нисбий хатолик тушунчаси қўлланилади. Абсолют хатолик деб, ўлчов натижасида олинган катталиқ-  $X$  билан унинг ҳақиқий қиймати  $X_0$  орасидаги абсолют фарққа айтилади,

$$\Delta X - X_0$$



Бу абсолют хатоликнинг ўлчанаётган катталиikka нисбати нисбий хатолик дейилади

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X_0} \quad (4.1)$$

### 4. 3. Ўлчов қурилмаларига нисбатан асосий талаблар.

Ўлчов қурилмаларини ишлаб чиқариш бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқаришга қараганда бир мунча катта жавобгарликка эга ва шунинг учун уларни ишлаб чиқаришни меъёрлаштириш алоҳида талаблар асосида назорат қилинади. Шу нуқтаи-назардан ўлчов қурилмалари қуйидаги асосий талабларга жавоб бериши керак:

-ўлчов жараёни, ёки ўлчов қурилмасидан фойдаланиш маҳсулот сифатига, ёки технологик жараёнга салбий таъсир кўрсатмаслиги керак;

-ўлчов қурилмасидан фойдаланиш ва ўлчовларни бажариш техника хавфсизлиги, меҳнат муҳофазаси, санитария, экологик, ёнғин хавфсизлиги, электр хавфсизлиги ва бошқа меъерий талабларга жавоб бериши керак;

-ўлчов қурилмасининг қувват истеъмоли кичик бўлиши керак;

-ўлчов қурилмасининг нисбий хатоликлари давлат стандартлаштириш ташкилотлари томонидан назорат қилинади. Ишлаб чиқарилаётган ўлчов қурилмаларининг нисбий хатоликлари давлат стандартида кўрсатилган қуйидаги 8 та меъерий катталиклардан бирига мос бўлиши талаб қилинади: **0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,5%; 4,0%.**

Булардан ташқари ўлчов қурилмасининг қўлланилиш соҳасидан келиб чиқиб ўзига хос талаблар ҳам бўлиши мумкин (масалан, радиоактивлик соҳаларида, медицина нуқтаи-назаридан ва бошқалар). Шунингдек, бозор муносабатлари ва техник тараққиёт даражаси ҳам ўлчов қурилмаларига муайян талабларни қўяди (масалан, қурилмаларнинг эргономик кўрсаткичлари, дизайн, эстетик талаблар, универсаллик, экологик талаблар, замонавий информацион тизимларга мослиги ва бошқалар).

Рақамли техниканинг ривожланиб бориши электр ўлчов қурилмалари тараққиётига ҳам кучли таъсир кўрсатмоқда.



4.6-расм. Дизайн ва эстетик талаблар айниқса озиқ-овқат саноати ўлчов қурилмалари учун жуда муҳим.

#### 4.4. Электр ўлчов қурилмалари.

Бугунги кунда инсоният фаолиятининг барча соҳаларида ўлчов қурилмалари кенг ишлатилмоқда. Бу ўлчов қурилмаларининг аксарият қисми электр токига асосланган. Шунинг учун ўлчов қурилмаларини таҳлил қилишда электрик катталикларни ўлчашни ўрганиш муҳим аҳамиятга эга.

Электр ўлчов қурилмалари тарихи 18-асрнинг ўрталаридан бошланади. 1737 йилда яшаган француз олими Ш. Дюфе яратган электроскопни инсоният яратган биринчи электр ўлчов қурилмаси дейиш мумкин. 1750 йилларда рус олими М. В. Ломоносов бу электроскопни атмосферадаги



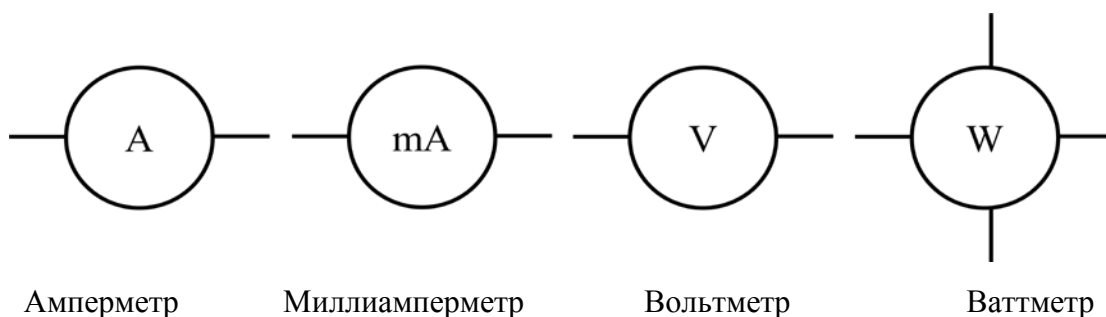
электр токини (чақмоқларни) ўрганишга тадбиқ этди. 1830-40 йилларга келиб электромагнитик индукция қонуни кашф этилгач, магнитоэлектрик ўлчов қурилмалари (гальванометрлар) яратилди. Шарл Франсуа Дюфе- 1698-1739 йилларда яшаб ижод этган француз олими. Унинг энг катта ихтироси электроскоп бўлиб, бу электроскоп ёрдамида олим электр зарядлари икки хил турда (мусбат ва манфий) бўлишини, ҳамда қарама-

қарши ишорали электр зарядлари бир-бирига тортилиши, бир хил ишорали зарядлар эса бир-бирдан итарилишини биринчи бўлиб аниқлаган.

Гальванометрнинг яратилиши электр токини ўрганишда ва электр қурилмаларининг (шу жумладан, электр ўлчов қурилмаларининг) кейинги тараққиётида муҳим роль ўйнади. 19-аср охирида рус инженери М. Доливо-Добровольский электр ўлчов қурилмаларини ривожлантиришда катта амалий ишларни бажарди, яъни электромагнитик, индукцион ва ферродинамик ўлчов қурилмаларини яратди. Бу ўлчов қурилмалари ҳозирги кунда ҳам кенг қўлланилади.

Барча электр ўлчов қурилмалари электр токи (ёки магнит майдони) таъсирида муҳитда юзага келувчи физикавий жараёнларга асосланади. Бу жараёнлар электромагнитик, электродинамик, индукцион, механик, кимёвий, иссиқлик ва бошқа кўринишларда бўлиши мумкин. Ўлчов қурилмаси эса ана шу жараёнларнинг физикавий катталикларини электрик катталиклар билан боғланишига асосланиб ишлайди.

Ўлчанаётган катталикнинг турига қараб электр ўлчов асбоблари жуда кўплаб турларга бўлинади. Бугунги кунда, барча электрик катталиклар учун, уларни ўлчайдиган қурилмалари мавжуд. Ўлчов асбобининг номи ўлчанаётган катталик номидан олинади, масалан, ток кучини ўлчайдиган қурилма амперметр, кучланишни ўлчайдиган қурилма вольтметр, қувватни ўлчайдиган қурилма ваттметр, ва ҳоказо, деб номланади. Электр схемаларда ўлчов асбобларини доира шаклида белгилаш қабул қилинган. Доира ичида эса, ўлчов асбоби тури, ўлчанаётган катталикнинг белгиси орқали ифодаланади.








#### 4.4.1. Электр ўлчов қурилмаларидаги шартли белгилар.

Барча қурилмаларда, машина ва механизмларда бўлгани сингари электр ўлчов қурилмаларида ҳам, қурилмани характерловчи маълум шартли белгилар ишлатилади. Айнан шу белгилар орқали ўлчов қурилмаси ва уни ишлатиш ҳақида кўплаб маълумотларга эга бўламиз.

Электр ўлчов қурилмаларида асосан, қурилманинг қандай токда ишлаши (ўзгармас, ўзгарувчан, уч фазали), аниқлик синфи, уни ишлатиш билан боғлиқ бўлган талаблар, қурилманинг электр занжири унинг корпусидан қай даражада изоляцияланганлиги (изоляция мустаҳкамлиги қанча вольт кучланишда текшириб кўрилганлиги) каби маълумотлар шартли белгилар тарзида келтирилган бўлади. Ана шундай шартли белгилар

4.1-жадвалда кўрсатилган.

4.1- жадвал

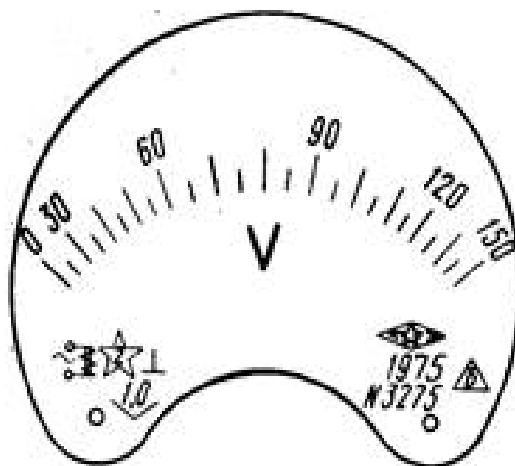
т/р №	Шартли белги	Шартли белгининг изоҳи
1		Қурилма фақат ўзгармас токда ишлайди
2		Қурилма фақат ўзгарувчан токда ишлайди
3		Қурилма ҳам ўзгармас, ҳам ўзгарувчан токда ишлайди
4		Қурилма уч фазали токда ишлайди
5	1,5	Қурилманинг фоизларда ифодаланган аниқлик синфи (аниқлик қурилманинг ўлчов диапазониغا нисбатан)
6		Қурилманинг фоизларда ифодаланган аниқлик синфи (аниқлик қурилманинг шкаласига нисбатан)
7		Қурилманинг корпуси ўлчов занжиридан изоляцияланган ва изоляция мустаҳкамлиги кўрсатилган (2 кВ) кучланишда текширилган
8		Эҳтиёт бўлинг! Қурилма корпусининг ўлчов занжиридан изоляцияси меёрда эмас.
9		Ишчи ҳолатда ўлчов қурилмасининг шкаласи горизонтал ҳолда
10		Ишчи ҳолатда ўлчов қурилмасининг шкаласи вертикал ҳолда

Шунингдек, ўлчов қурилмасида қурилманинг ишлаб чиқарилган йили, завод ишлаб чиқариш рақами ва ишлаб чиқарувчига алоқадор бўлган бошқа белгилар ҳам кўрсатилган бўлади (масалан, ишлаб чиқарувчи номи, маҳсулотнинг сифат кўрсаткичи, техникавий шарти, ишлаб чиқарувчи манзили ва ҳоказо).



4.7- расм. Амалда энг кўп истеъмолда бўлган Ц4317 маркали универсал электр ўлчов қурилмаси.

“Ўзгарувчан электр токда ишловчи, электромагнитик системали вольтметр. Вольтметрнинг аниқлик синфи 1,5%, қурилма корпуси унинг электр занжиридан ҳимояланган ва бу 2кВ кучланишда текшириб кўрилган. Вольтметр шкаласи вертикал турган ҳолда ишлайди. Максимал ўлчаш чегараси 150 В. Қурилма 1975 йилда ишлаб чиқарилган, ишлаб–чиқариш завод рақами 3275”.



4.8-расм. Вольтметр шкаласи ва ундаги шартли белгиларнинг изохи.

Ўлчов қурилмасида кўрсатиладиган асосий белгилар қаторига қурилманинг ишлаш принципини кўрсатувчи белгилар ҳам қиради (4.2-жадвал):

4.2-жадвал

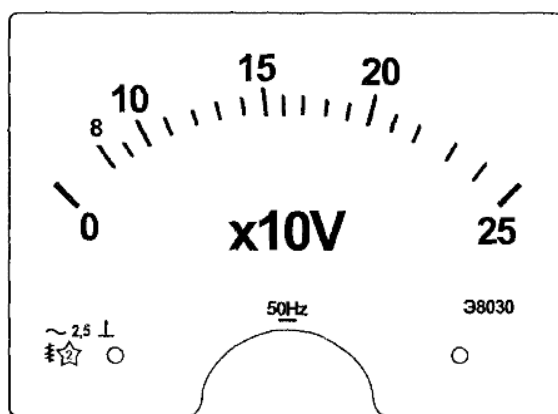
т/р №	Шартли белги	Номланиши
1.		Магнитоэлектрик системали ўлчов қурилмаси
2.		Магнити кўзгалувчан магнитоэлектрик системали ўлчов қурилмаси
3.		Электромагнитик системали ўлчов қурилмаси
4.		Электродинамик системали ўлчов қурилмаси
5.		Ферродинамик системали ўлчов қурилмаси
6.		Индукцион системада ишловчи ўлчов қурилмаси
7.		Магнитоиндукцион система асосида ишловчи ўлчов қурилмаси
8.		Электростатик система асосида ишловчи ўлчов қурилмаси
9.		Магнитоэлектрик ўлчов тизимига эга термоэлектрик қурилма
10.		Магнитоэлектрик ўлчов тизимига эга тўғриловчи қурилма

Айрим ўлчов қурилмаларида (айлантирувчи момент ток кучининг квадратига боғлиқ бўлган тизимларда) шкалалар чизиқли бўлмайди, (4.9-б расмга қаранг). Бундай ҳолларда ўлчов қурилмасидан фойдаланишда бирмунча ноаниқликлар келиб чиқиши мумкин. Ўлчашларда хатоликка йўл қўймаслик учун, масалан, 4.9-б расмдаги вольтметрда 80 В дан кам кучланишни ўлчаш тавсия этилмайди.





а чизиқли шкала,



б- чизиқли бўлмаган шкала

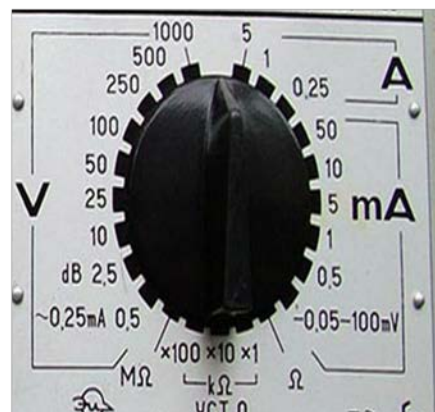
4.9-расм. Чизиқли ва чизиқли бўлмаган шкалалар.

Ўлчов қурилмаларини имкониятларини ошириш учун битта ўлчов қурилмаси бир неча электрик катталикларни ўлчайдиган қилиб чиқарилади (масалан 4.7-расмда келтирилган Ц4317 қурилмаси). Бунда, қурилма қандай электрик катталиқни ўлчаши тегишли дастаклар орқали ўрнатилади (4.7-расмга қаранг). Қурилманинг иш режимидан ташқари, унинг ўлчаш диапазонлари ҳам тегишли дастакни бураб ўзгартирилиши мумкин. Албатта бундай ҳолда натижаларни битта шкала орқали кўрсатиб бериш мумкин эмас, шунинг учун қурилмада бир нечта шкала мавжуд 4.10- расм



а-қурилма шкаласи,

Ток кучи ва кучланиш  
шкаласи

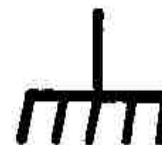


б-диапазон ва иш режими дастаги

4.10-расм. Кўп шкалали ўлчов қурилмаси.

4.10-расмда Ц4317 ўлчов қурилмаси шкаласи келтирилган. Юқоридаги 10, 25, 50 диапазонли шкалалар ток ва кучланиш учун бўлиб, шкаланинг максимал қиймати ўнг томондаги дастак ҳолати билан аниқланади. Қаршиликни ўлчашда, дастак пастга,  $\times 100 \times 10 \times 1$  рақамлардан бирига ўрнатилади, ўлчаш натижалари  $\Omega$ ,  $k\Omega$ ,  $M\Omega$  ёзувли шкалалар орқали аниқланади. Дастак 50 ҳолатда турганда ўлчаш натижаси 50 диапазонли шкала асосида, дастак 250 ҳолатда турганда ўлчаш натижаси 25 диапазонли шкала асосида аниқланади ва ҳоказо.

Ўзгармас токда ишловчи қурилмаларнинг кириш қисқичларида қутблар «+» ва «-» кўрсатилган бўлади. Ўзгарувчан токда ишловчи қурилмаларда (агар бир фазали ток бўлса) фаза сими «\*» белгилари қисқичга уланади. Бундан ташқари ўлчов қурилмаларида хавфсизлик нуқтаи назаридан ва ўлчов натижаларини турли хил ток ва статик зарядлар таъсиридан ҳимоялаш учун ерга улаш қисқичи ва қурилма корпуси қисқичлари ҳам бўлиши мумкин:




1-қурилма корпуси,

2- ерга улаш

қурилма корпуси ерга уланган

Юқори кучланишли электр қурилмаларида электр хавфсизлик нуқта-назаридан қурилманинг корпуси ерга уланган бўлади (электр хавфсизлик масалаларига кейинги бобларда алоҳида тўхталамиз) .

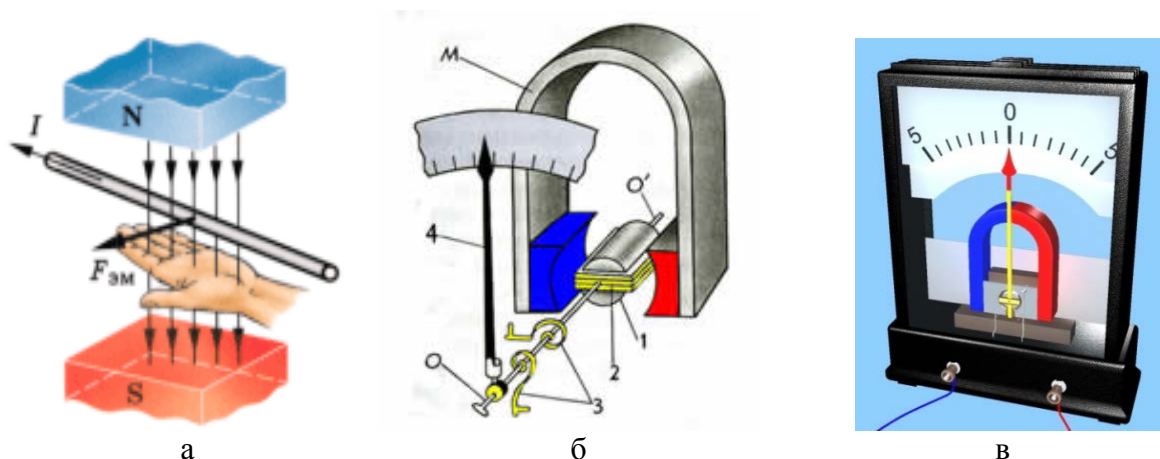
#### 4.4.2. Магнитоэлектрик ўлчов қурилмалари.

 Бу турдаги ўлчов қурилмаларида, номланишидан кўриниб турибдики, доимий магнитдан фойдаланилади. Қурилманинг ишлаш принципи, ўлчанаётган электр токи ҳосил қилган магнит майдон билан, доимий магнитдан ҳосил бўлган майдонларнинг таъсирилашишига асосланган. Унинг тузилиши доимий магнит ва пўлат ўзакка ўралган рамкадан (чулғамдан) иборат, 4.11-расмга қаранг. Аксарият ҳолларда доимий магнит –М тақасимон кўринишда бўлади. Магнит қутблар орасида пўлат

Ўзак 1 га ўралган рамка 2 жойлашган бўлиб, у эластик пружиналар 3 ёрдамида тутиб турилади. Стрелка 4, пружиналар, ўзак ва рамка  $OO'$  умумий ўққа бириктирилган. Рамкадан ток ўтганда Ампер қонунига кўра (доимий магнитнинг токли рамкага таъсири) доимий магнитнинг майдони рамканинг параллел томонларида электр токи ҳосил қилган майдонлар билан таъсирлашади. Бу таъсир кучининг йўналишлари рамканинг чап ва ўнг томонларида қарама-қарши йўналган бўлиб, (4.4 ва 4.11-расмларга қаранг), сон қиймати

$$F_A = IBL \sin \alpha \quad (4.2)$$

Ампер қонуни асосида аниқланади. Бу ерда  $\alpha$ -рамкадаги ток йўналиши билан магнит майдон индукцияси орасидаги бурчак.



4.11- расм. Ампер кучи (а), магнитоэлектрик ўлчов қурилмасининг тузилиши (б), магнитоэлектрик қурилманинг умумий кўриниши (в).

Агар рамканинг ярим энини (рамка четидан  $OO'$  айланиш ўқигача бўлган масофани)  $d$  деб белгиласак, ҳамда рамка  $n$  та ўрамдан иборат ва магнит майдони токнинг йўналишига тик деб қарасак, Ампер кучи таъсирида юзага келтирувчи айлантирувчи момент

$$M = F_A d = IBLdn$$

Рамканинг узунлиги ва эни рамка юзасини беради  $S = Ld$ , у ҳолда ҳосил бўлган айлантирувчи момент

$$M = F_A d = IBSn \quad (4.3)$$

Қурилмада доимий магнит ишлатилганлиги учун, магнит майдон индукцияси  $B$  ўзгармайди, шунингдек, ўрамлар сони  $n$  ва рамка юзаси  $S$  ҳам доимий бўлиб, (4.3) формулада фақат ўлчанаётган ток кучигина ўзгаради.

Қурилма учун ўзгармас бўлган катталикларни  $BSn = k_1$  деб белгиласак, (4.3) формула

$$M = k_1 I \quad (4.4)$$

Демак, айлантирувчи момент рамкадан ўтаётган ток кучи билан, қурилманинг доимийси  $K$  орқали чизиқли боғланган. Агар, рамкадан қанча катта ток оқиб ўтса, айлантирувчи момент шунча катта бўлиб, 4.7-б расмдаги 4-стрелка шунча катта бурчакка оғади. Агар рамкадаги токнинг йўналиши ўзгарса, Ампер кучининг ҳам йўналиши қарама-қарши томонга ўзгариб, стрелка тесқари томонга оғади. Рамкада ток бўлмаган пайтда стрелканининг ҳолати 3 эластик пружиналарнинг мувозанати билан аниқланади. Шу пайтдаги стрелканинг вазияти ноль ҳолатни (4.7-в расм) кўрсатади. Стрелка бирор  $\varphi$  бурчакка бурилиб турган пайтда пружиналардаги эластиклик кучи, Ампер кучи ҳосил қилган моментга қарама-қарши йўналган (стрелкани мувозанат ҳолатига қайтаришга уринувчи) момент ҳосил қилади. Бу куч momenti бурилиш бурчаги  $\varphi$  ва пружинанинг бикрлиги билан аниқланувчи доимий коэффициент  $k_2$  орқали аниқланади

$$M_{эл} = k_2 \varphi.$$

Моментлар тенглашганда стрелка мувозанат вазиятда туради

$$M = M_{эл}, \quad \text{ёки} \quad k_1 I = k_2 \varphi$$

Моментлар мувозанати шартидан бурилиш бурчагини топсак,

$$\varphi = \frac{k_1}{k_2} I = k I, \quad (4.5)$$

бу ерда  $\frac{k_1}{k_2} = k$  - қурилманинг хусусиятларидан келиб чиқувчи ягона коэффициент бўлиб, у қурилмадаги доимий магнит, рамка (чулғам) ва пружиналарнинг параметрлари орқали аниқланади.

(4.5) формуладан кўринадики қурилмада бурчакни даражалаш орқали ток кучини ўлчаш мумкин, яъни қурилма амперметр сифатида ишлатилади.

$$I = \frac{\varphi}{k} \quad (4.6)$$

Ом қонунига кўра рамкадаги ток кучи

$$I = \frac{U}{R}$$

бу ерда U- рамка учларидаги кучланиш, R- рамканинг (чулғамнинг) қаршилиги. (7.6) тенгликни кучланиш орқали ифодаласак

$$U = \frac{\varphi}{kR} \quad (4.7)$$

(4.7) ифодадан кўринадики, рамканинг қаршилигини билган ҳолда қурилмани вольтметр сифатида ишлатиш мумкин.

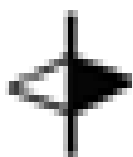
Магнитоэлектрик ўлчов қурилмалар ўзгармас ток занжирларида жуда кенг ишлатилади. Уларнинг асосий афзалликлари сезгирлиги ва ўлчаш аниқлигининг юқорилигидир. Шунингдек, магнитоэлектрик қурилмалар жуда кам энергия сарфлайди ва ташқи магнит майдонлари қурилманинг ўлчов жараёнига кам таъсир этади.



4.12-расм. Магнитоэлектрик вольтметр ва микроамперметр.

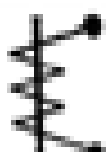
Айлантирувчи момент ток кучига пропорционал, шунинг учун бундай чизикли боғланиш қурилмаларнинг шкалалари ҳам бир текис бўлишини таъминлайди ва даражалашни анча енгиллаштиради. Бу қурилмалар фақат

Ўзгармас токда ишлайди. Айни пайтда Иккинчидан, магнитоэлектрик ўлчов қурилмалари. Қурилманинг асосий камчиликлари шундаки, улар асосан кичик тоқларда ва фақат ўзгармас токда ишлайди.



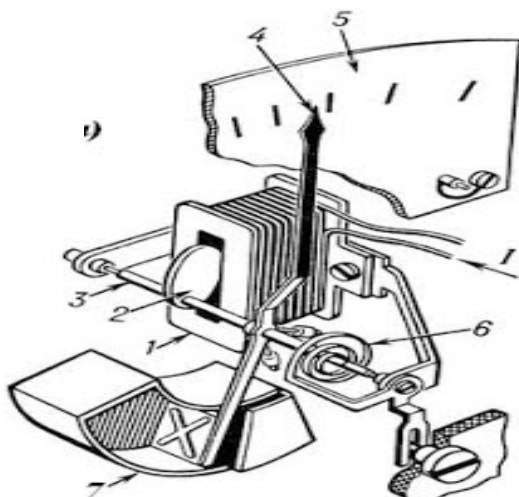
Магнити қўзғалувчан магнитоэлектрик ўлчов қурилмаларида рамка қўзғалмас бўлиб, магнит ҳаракатланувчан бўлади. Лекин бундай системадаги ўлчов қурилмаларининг сезгирлиги анча паст бўлиб энг кўпи билан 4 бўлиши мумкин.

#### 4.4.3. Электромагнитик ўлчов қурилмалари.



Электромагнитик системали ўлчов қурилмаларида қўзғалмас ғалтак ва қўзғалувчан ферромагнитик ўзак ишлатилади. Ўлчанаётган ток ғалтакда магнит майдон ҳосил қилади ва бу майдон ферромагнитик ўзакнинг майдони билан таъсирлашади. Амалда ферромагнитик ўзақлар юпқа пластинкалар шаклида бўлади.

Қурилманинг қўзғалмас қисми электромагнитик ғалтак 1 ва шкала 5 дан иборат.



а



б

4.13-расм. Электромагнитик ўлчов қурилмасининг тузилиши (а) ва электромагнитик вольтметр (б). 1-электромагнитик ғалтак, 2- пластинка қўринишидаги ферромагнитик ўзак, 3- ўқ, 4- стрелка. 5- қурилма шкаласи, 6- эластик пружина, 7- стрелка тебранишини сўндирувчи қурилма-демпфер.

Ғалтак тўғри тўртбурчак шаклидаги тирқишли ўзакка ўралган. Одатда ғалтакнинг чулғамлари мис симларда ўралади. Симнинг диаметри



вольтметрларда 0,05 мм дан 1 мм гача бўлиши мумкин, бунда ўрамлар сони 2000 тадан 10000 тагача етади. Электромагнитик амперметрларда эса чулғам симлари бир мунча йўғон, ўрамлар сони эса кам бўлади. Масалан, 30 А гача ток кучини ўлчайдиган амперметрларда чулғамлар бир нечта бўлиши мумкин. Катта тоқларни ўлчовчи (500 А гача) амперметрларда кўпроқ битта чулғам бўлиб, у сим кўринишида эмас кўпроқ энли, лентасимон бўлади.

Курилманинг ҳаракатланувчи қисми ферромагнитик материалдан ясалган, пластинка кўринишида ясалган ўзак 2 дан иборат. Бу ўзак ғалтакнинг тирқишига ярим кирган ҳолда ҳаракатланади. Ўзак ўқ 3 га бириктирилган. Ўлчанаётган электр тоқи ғалтакка уланади ва ғалтакнинг магнит майдони таъсирида ўзак пластинка тирқишга томон тортилади. Ғалтакдан қанча катта ток ўтса, пластинка тирқиш томон шунча кўп тортилади ва натижада стрелка 4 шкала 5 бўйлаб оғади. Пластинкани мувозанат вазиятга қайтариш учун эластик пружина 6 ишлатилади. Стрелканинг ўққа нисбатан қарама-қарши томонида, стрелка тебранишини сўндирш учун махсус курилма-демпфер ишлатилади. Стрелкани ташқи механик таъсирлар (масалан, шамол таъсирида) натижасида оғишидан сақлаш учун демпфер махсус металл қобик ичида жойлашган бўлади. Бу қобик стрелкани ўз навбатида ташқи электр ва магнит майдонларидан ҳам қисман ҳимоя қилади.

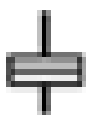
Курилма ишлаш принципининг магнитоэлектрик системадан асосий фарқи шундаки, бу ерда стрелканинг ток таъсирида оғиш бурчаги ток кучига эмас, балки унинг квадратига пропорционал. Айнан шунинг учун ҳам электромагнитик курилмалар ўзгармас токда ҳам, ўзгарувчан токда ҳам ишлай олади, иккинчидан, улар ўзгарувчан токнинг амплитудавий қийматини эмас, балки таъсир этувчи қийматини кўрсатади. Қолаверса, квадратик боғланиш туфайли, электромагнитик ўлчов курилмаларининг шкалалари чизиқли бўлмайди (4.9- б расмдаги вольтметр шкаласига этибор беринг).

Электромагнитик вольтметрларда ғалтак чулғамлари диаметри 0,05-0.1 мм бўлган мис симлардан ўралади. Чулғамлар сони 2000 тадан 10000 тагача етиши мумкин. Амперметрларда эса, чулғам симлари анча йўғон, ўрамлар сони эса кам бўлади. Масалан, 300-500 А тоқларни ўлчовчи амперметрлар ғалтаги кенг мис лента шаклидаги битта чулғамдан иборат бўлади.

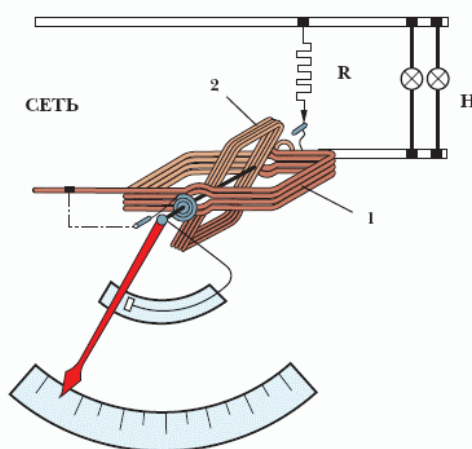
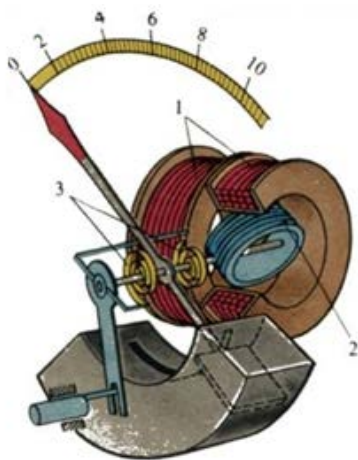
Қурилманинг ишлашига ташқи электр ва магнит майдонлари таъсир кўрсатади, шунинг учун електромагнитик ўлчов қурилмаларни металл корпусларга жойлаштириб, бу таъсирни бир мунча камайтиришга эришилади.

Электромагнитик ўлчов қурилмаларининг амалда кенг тарқалишига уларнинг конструкцияси соддалиги, ишлаш ишончилиги юқорилиги ва катта юкламаларга (ток кучи ва кучланиш бўйича) чидамлилиги бўлса, асосий камчиликлари қаторига сезгирлиги ва аниқлигининг пастлигини, ҳамда катта энергия истеъмол қилишини киритиш мумкин.

#### 4.4.4. Электродинамик ўлчов қурилмалари.



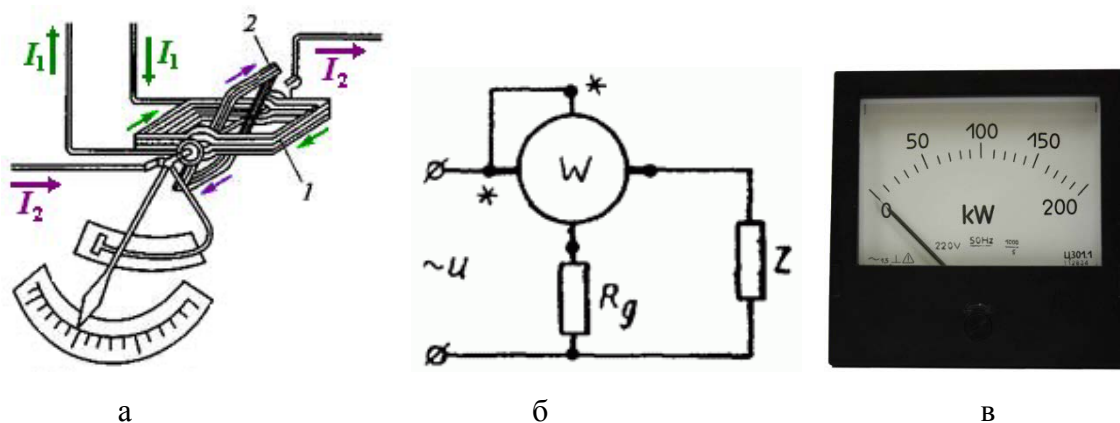
Электродинамик система асосида ишловчи ўлчов қурилмаларида иккита ғалтак ишлатилади. Ғалтаклардан бири қўзғалмас, иккинчиси эса қўзғалувчан бўлиб, қўзғалувчан ғалтакка стрелка ўрнатилган 4.14-расм.



4.14-расм. Электродинамик системали ваттметрнинг тузилиши (а) ва уланиши (б).

1-қўзғалмас ғалтак, 2- қўзғалувчан ғалтак, 3-эластик пружиналар.

1-кўзгалмас ғалтакдан ток ўтганда унинг магнит майдони кўзгалувчан ғалтак магнит майдони билан таъсирлашиб, айлантурувчи момент ҳосил қилади ва стрелка бурилади. 4.14-б расмда кўрсатилганидек, ғалтаклардан бири занжирга параллел, иккинчиси эса кетма-кет уланади. Бундай системада ишловчи қурилмаларда айлантурувчи момент ғалтаклардаги тоқларнинг кўпайтмасига пропорционал. Системанинг асосий камчиликлари, айлантурувчи моментнинг кичиклиги ва нисбатан катта энергия истеъмол қилишидир. Ўлчов системасининг иккита занжирга эгаллиги электр занжиридаги қувватни ўлчаш имконини беради, шунинг учун электродинамик қурилмалар амалда кўпроқ ваттметрлар сифатида ишлатилади.



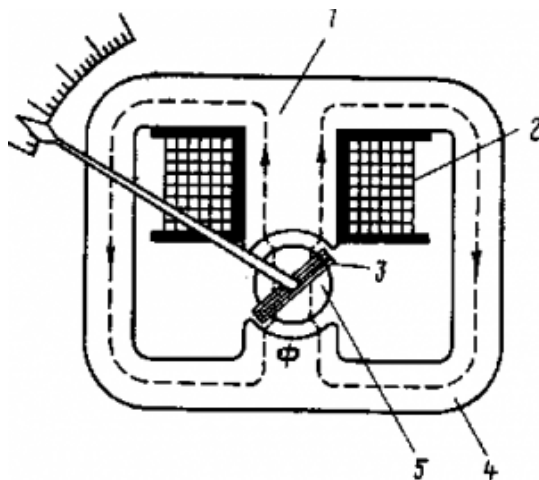
4.15-расм. Электродинамик ваттметр. а- электродинамик системали ваттметр ғалтакларнинг уланиши; б-уланишнинг электр схемаси; в- ваттметрнинг ташқи кўриниши

#### 4.4.5. Ферродинамик ўлчов қурилмалари.

Электродинамик системали ўлчов асбобларининг асосий камчиликларидан бири, айлантурувчи моментнинг камлиги эди. Айлантурувчи моментни ошириш учун ғалтаклар ферромагнитик ўзақларга ўралади. Бундай қурилма ферродинамик система деб аталади. Ферродинамик системанинг ишлаш принципи электродинамик системага ўхшаш. Афзаллиги эса айлантурувчи момент анча катта бўлади. Бундан ташқари, системада ферромагнитик материаллар ишлатилганлиги учун унинг ишлашига ташқи магнит майдони кам таъсир этади. Чунки, нисбатан кучсиз



ташқи магнит майдонлар, ферромагнитик ўзакнинг кучли магнит майдонига деярли таъсир эта олмайди.

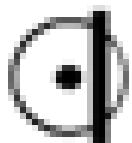


4.16-расм. Ферродинамик ўлчов қурилмасининг тузилиши.

1-ферромагнитик ўзакдаги магнит оқими; 2- кўзғалмас ғалтак; 3- кўзга- лувчан ғалтак; 4- ферромагнитик ўзак; 5-кўзғалмас цилиндрик ўзак.

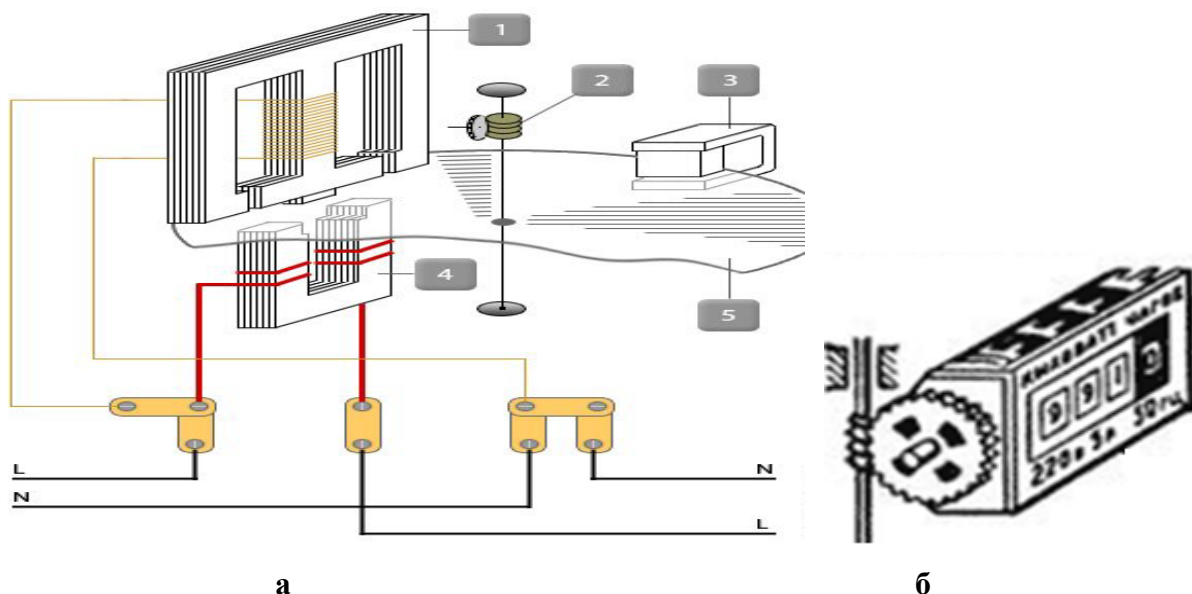
Қурилманинг ишлаш принципи электродинамик системанинг ишлашига ўхшаш. Айлантирувчи моментнинг катталиги туфайли бундай системада ишловчи амперметр, вольтметр, ваттметрлардан амалда кенг ишлатилади.

#### 4.4.6. Индукцион ўлчов қурилмалари.



Индукцион ўлчов қурилмаларининг асосини кўзғалмас иккита электромагнитлар-ўзакли ғалтаклар ташкил қилади, 4.17-расм. Бу ғалтаклардан бири (1) занжирга параллел уланади ва кучланиш занжири деб аталади. Иккинчи электромагнит (4) кема-кет уланади ва ток занжири дейилади. Ҳар бир ғалтакдан ҳосил бўлган ўзгарувчан магнит оқимлари ўз ўқи атрофида айланувчи (5) алюмин пластинкада ўзларининг уюрмали тоқларини ҳосил қилади. Уюрмали тоқнинг майдони ўз навбатида электромагнит майдони билан таъсирлашиб, алюмин пластинкада айлантирувчи моментни юзага келтиради. Диск айланганда ундаги тишли узатма ҳаракатни (2) механик ҳисоблагичга узатиб беради. Доимий магнит (3) дискдаги қолдиқ магнитланишни ўчириб туради. Индукцион ўлчов қурилмалари фақат ўзгарувчан токда ишлайди. Қурилма диски айланиш

тезлиги, тармоқ кучланиши ўзгармас бўлган ҳолда истеъмол қилинаётган ток кучига пропорционал.



4.17-расм. Индукцион элетр ўлчов қурилмаси. а- индукцион типдаги ҳисоблагичнинг умумий тузилиши: 1-кучланиш чулғами, 2- ҳисоблаш қурилмасининг ҳаракатлантирувчи ўқи, 3-доимий магнит, 4-ток чулғами, 5-айланувчи алюмин диск. б- механик ҳисоблаш қурилмаси.

Шунинг учун дискнинг айланиш тезлиги қувватга тўғри пропорционал ва натижада механик ҳисоблаш механизми маълум вақт давомидаги қувватни узлуксиз йиғиб боради. Бошқача айтганда шу вақт ичидаги электр энергиясини ўлчайди

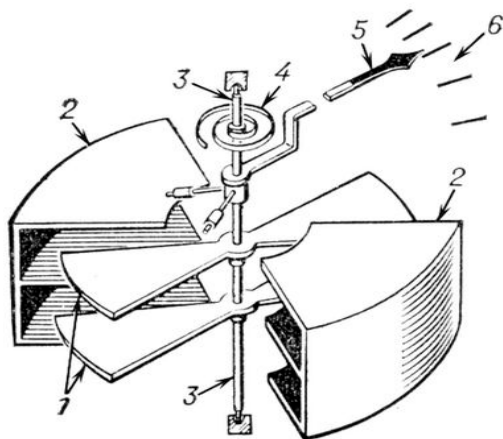
$$W = Pt = cnt = cN$$

бу ерда;  $nt=N$ -дискнинг  $t$  вақт давомидаги айланишлари сони,  $c$ -қурилманинг доимийси,  $n$  – дискнинг айланиш тезлиги.

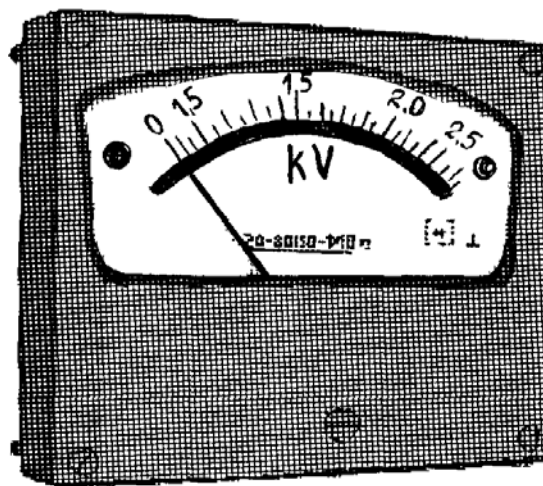
#### 4.4.7. Электростатик ўлчов қурилмаси.



Электростатик ўлчов қурилмаси ўз номланишидан келиб чиқадики, зарядларнинг ўзаро таъсирига асосланади 4.18 расм. Қурилманинг асосини кўзгалувчан (1) ва кўзгалмас (2) электродлар ташкил қилади. Кўзгалувчан электрод, стрелка (5) ва эластик пружина (4) умумий ўкқа(3) бириктирилган. Электродлар ҳаракатланганда ўк буралиб, стрелка (6) шкала бўйлаб силжийди.



а



б

4.18-расм. Электростатик вольтметрнинг тузилиши (а) ва ташқи кўриниши(б).

Электродларга ўзгарувчан, ёки ўзгармас ток берилганда зарядлар таъсирлашиб, 1 ва 2 электродлар орасида Кулон кучи юзага келади. Бу куч 3 ўққа нисбатан айланттирувчи момент ҳосил қилади. Тесқари (мувозанатловчи) куч ҳосил қилиш учун пружинанинг эластик кучидан фойдаланилади. Бу ерда айланттирувчи момент кучланишнинг квадратига пропорционал. Шунинг учун электростатик қурилмаларнинг шкалалари ҳам чизиқли бўлмайди. Қурилманинг асосий афзаллиги ўлчаш аниқлигининг юқорилигидир, бундай қурилмаларда аниқлик синфи 0,005 гача боради. Асосий камчилиги эса ташқи электр майдонларга нисбатан сезувчанлигидир. Бу майдонлар таъсирини камайтириш учун қурилмаларда махсус металл панжарали қопламалар ишлатилади. Электростатик қурилмаларнинг энергия истеъмоли ҳам жуда кам, шунинг учун улар жуда кам миқдордаги кучланиш ва тоқларни ўлчашда ҳам ишлатилади.

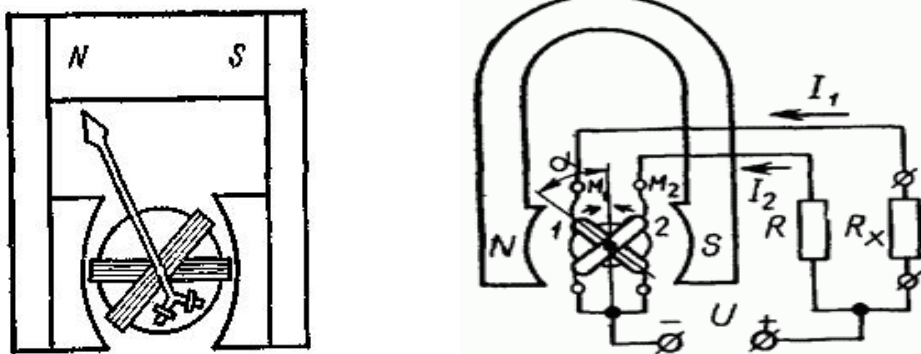
#### 4.4.8. Логометрлар.

Логометр лотинча logos (нисбат) ва metron сўзларидан олинган бўлиб нисбатни ўлчаш маъносини беради. Кўпчилик ҳолларда бирор катталиқнинг абсолют қийматини эмас, уни бирор бошқа катталиққа нисбатини ўлчашга тўғри келади (аслида, амалда барча ўлчашлар нисбатни ўлчашга бориб тақалади). Техникада бундай солиштириш қурилмалари жуда кенг



ишлатилади (масалан, қаршилик ва бошқа катталикларни ўлчашда ишлатилувчи кўприксимон схемалар). Логометрлар ҳам солиштириш қурилмалари турига киради ва иккита катталикни бир-бирига нисбатини аниқлаб беради. Логометрнинг мувозанат вазияти, ўлчанаётган катталикларнинг тенглигини ифодалайди. Логометрларнинг қайд этилган ўлчов қурилмаларидан фарқи шундаки, уларда қарама-қарши момент ҳосил қилувчи система йўқ. Ўлчанаётган катталиклар логометрда қарама-қарши моментлар ҳосил қилади ва стрелкани мувозанат вазиятидан оғдиради. Кириш сигнали уланмаган ҳолда, ёки сигналларнинг амплитудалари тенг бўлганда, логометр мувозанат вазиятда туради. Логометрлар қаршиликларни (қаршилик орқали бошқа параметрларни) ўлчаш тизимларидаги қурилмаларнинг сезгир элементлари сифатида кенг ишлатилади.

Логометрлар тузилиши жиҳатидан турлича системали бўлиши мумкин, лекин амалда магнитоэлектрик, электромагнитик ва электродинамик системали логометрлар энг кўп ишлатилади. 4.19-расмда магнитоэлектрик логометрнинг тузилиши ва схемаси кўрсатилган.



4.19-расм. Магнитоэлектрик логометрнинг тузилиши (а) ва схемаси (б).

Логометр асосини кўзгалмас доимий магнит ташкил қилади. Магнитнинг қутблари орасида ўзаро кўндаланг жойлашган, бир-бирига маҳкамланган иккита рамка (ғалтак) жойлашган бўлиб, рамкалар эркин айланувчи ўққа осилган ҳолда туради. Рамкалардан ўтувчи  $I_1$  ва  $I_2$  тоқлар мос ҳолда қарама-қарши йўналган  $M_1$  ва  $M_2$  айлантирувчи моментларни юзага келтиради. Моментлар тенглашганда рамкалар мувозанат вазиятни эгаллайди

$M_1 = M_2$ . Қайси рамкадан ўтувчи ток катта бўлса, рамкалар системаси (ва унга маҳкамланган стрелка) шу момент йўналишида бирор  $\alpha$  бурчакка оғади. Шу тариқа қурилма рамкалардаги тоқлар нисбатини аниқлайди. Шунинг учун бундай қурилмалар солиштириш қурилмалари турига киради. 4.19-расмдаги логометрда  $I_1$  ва  $I_2$  тоқларнинг нисбати  $R$  ва  $R_x$  қаршилиқларнинг нисбатига тенг. Шунинг учун бу қурилма ёрдамида  $R_x$ –номаълум қаршилиқни аниқлаш мумкин. Бунда  $R$  қаршилиқнинг қиймати маълум.

#### 4.5. Электр катталиқларни ўлчаш.

**Кучланишни ўлчаш.** Электр занжирларида, электр қурилмаларидан фойдаланиш жараёнида кучланишни ўлчаш муҳим амалий аҳамият касб этади. Чунки кучланишнинг кескин камайиб, ёки ошиб кетиши электр қурилмалари иши самарадорлигига ва қурилманинг ўзига ҳам салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳам ҳар доим электр қурилмалари белгиланган номинал кучланиш остида бўлиши талаб этилади. Кучланиш-бу электр занжирининг икки нуқтаси орасидаги потенциаллар фарқидир, уни вольтметр ёрдамида ўлчанади. Амалда, ўлчанадиган кучланишнинг қийматларига қараб микровольтметр, милливольтметр, вольтметр, киловольтметрлар ишлатилади.

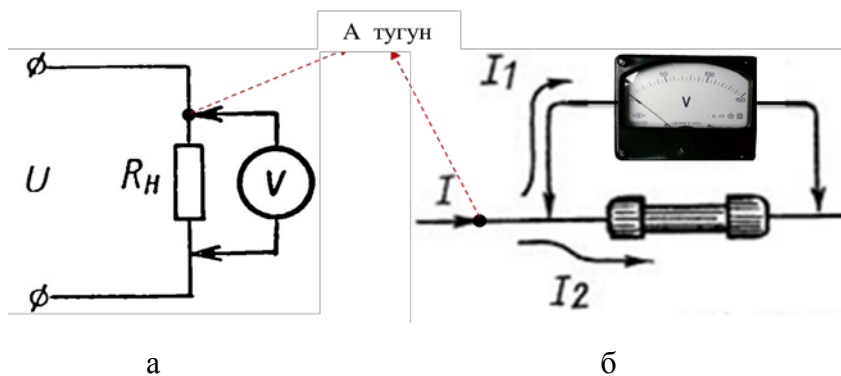


Бу қурилмалар ўлчаш диапазонлари. Кучланишни ўлчаш учун вольтметр қутблари потенциаллар фарқи (кучланиш) ўлчанаётган нуқталарга уланади. Ўзгармас ток вольтметрлари қутбларини занжир қутбларига мос ҳолда улаш керак. Ўзгармас ток занжирларида кучланишни ўлчаш учун магнитоэлектрик қурилмалардан фойдаланиш афзалроқ. Ўзгарувчан ток занжирларида эса электромагнитик, электродинамик, ферродинамик

системали вольтметрлар кўпроқ ишлатилади. Ўзгарувчан ток вольтметрлари кучланишнинг амплитудавий эмас, балки, таъсир этувчи қийматини кўрсатади. Ўзгарувчан кучланишни ўлчашда токнинг частотаси муҳим роль ўйнайди. Кучланиши  $U$  бўлган манбага  $R_H$  қаршилик уланган. Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра манба қисқичларидаги кучланиш,  $R_H$  қаршиликдаги кучланиш пасайишига тенг

$$U = IR_H$$

Вольтметр уланганда (б) расм,  $I$  ток  $A$  тугунда икки қисмга бўлиниб, унинг бир қисми ( $I_1$ ) вольтметр орқали, иккинчи қисми ( $I_2$ ) қаршилик орқали ўтади.



4.20 -расм. Кучланишни ўлчаш.

а- вольтметрни улаш; б-қаршиликка вольтметр уланганда тоқлар тақсимоти.

Ўлчов жараёнида, вольтметр  $R_H$  қаршиликдан оқиб ўтаётган токнинг оқимига таъсир кўрсатмаслиги керак. Бунинг учун эса, вольтметр занжири орқали ўтаётган ток кучи  $I_1$ , қаршилик орқали оқиб ўтаётган ток кучи  $I_2$  дан жуда ҳам кичик бўлиши талаб этилади. Вольтметр ва қаршилик ўзаро параллел уланган, шунинг учун улардаги кучланишлар бир хил, демак вольтметрнинг қаршилиги  $R_V$  (одатда вольтметрнинг ички қаршилиги деб юритилади)  $R_H$  қаршиликка нисбатан жуда ҳам катта бўлиши талаб этилади.

$$R_V \gg R_H$$

Вольтметр идеал бўлиши учун унинг ички қаршилиги чексиз катта бўлиши керак, бу албатта мумкин эмас, вольтметрлар ҳар доим чекли

қаршиликка эга бўлади, шунинг учун ҳам амалда занжирга вольтметр уланганда, занжирдаги тоқлар тақсимои маълум даражада ўзгаради.

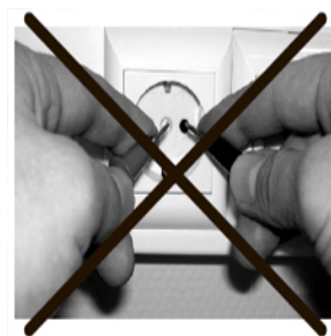
Вольтметр занжирга параллел улангани учун электр занжирларида кучланишни ўлчаш қулай. Иккинчидан вольтметрнинг ички қаршилиги катта бўлганлиги учун вольтметр билан ишлаш анча хавфсиз ҳисобланади.



Тармоқ  
кучланишини ўлчаш

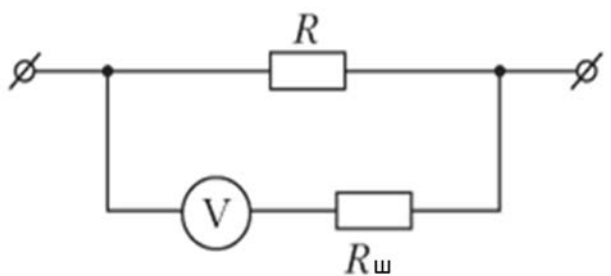


Аккумулятор  
кучланишини ўлчаш



Тақиқланади

**Шунтлар.** Аксарият ҳолларда, амалда вольтметрнинг ўлчаш чегараси ўлчаниши керак бўлган кучланишдан анча паст бўлган вазиятга дуч келамиз. Масалан, вольтметрнинг ўлчаш чегараси 12 В гача, биз ўлчашимиз керак бўлган кучланиш эса 120 В атрофида. Бундай ҳолда вольтметрнинг максимал ўлчаш чегараси шунт ёрдамида оширилади. Бунинг учун вольтметр занжирига қўшимча қаршилик-шунт уланади 4.21-расм.



4. 21- расм. Вольтметрни ўлчаш диапазонини кенгайтириш.

$R$  қаршиликдаги кучланиш 120В атрофида бўлсин,  $V$  вольтметрнинг максимал ўлчаш чегараси эса 12 В. Демак, ўлчаш чегарасини камида  $n=120/12=10$  марта ошириш талаб этилади. Бунинг учун занжирнинг вольтметр уланган тармоғига вольтметр билан кетма-кет қилиб  $R_{ш}$  –шунт улаймиз. Вольтметрга ва шунтга тушаётган кучланишларнинг йиғиндиси

$U_V + U_{III} = 120 \text{ В}$ , бундан  $U_{III} = 120 \text{ В} - U_V = 10 U_V - U_V = U_V (n-1)$ .

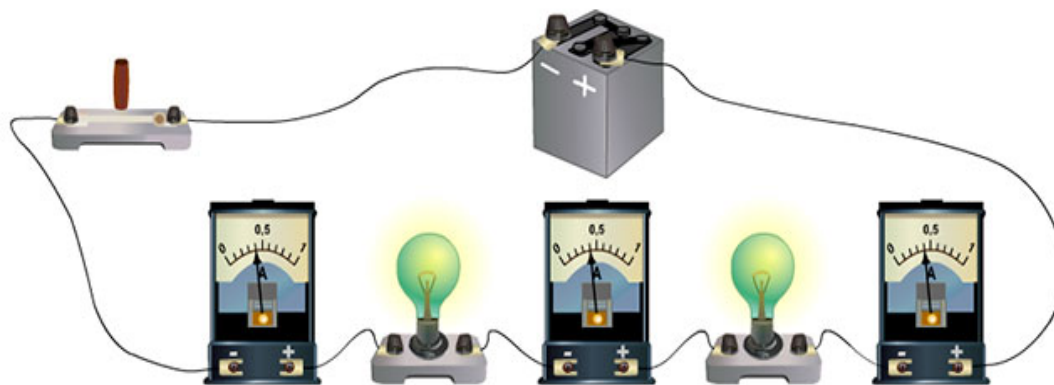
Ом қонунидан фойдаланиб,  $I R_{III} = (n-1) I R_V$ , ёки  $R_{III} = (n-1) R_V$ .

Натижада шунт ва вольтметрнинг биргаликдаги қаршилиги

$$R'_V = R_{III} + R_V = (n-1) R_V + R_V = n R_V$$

Демак, вольтметрнинг ўлчаш диапазодини  $n$  марта ошириш талаб этилса, вольтметрга  $(n-1) R_V$ -қаршиликни шунт сифатида улаш зарур. Яъни вольтметрни ўлчаш диапазодини  $n$  марта ошиши учун, вольтметрнинг ички қаршилигини ҳам  $n$  марта ошиши керак.

**Ток кучини ўлчаш.** Занжирнинг бирор қисмидан оқиб ўтаётган ток кучини ўлчаш учун? шу қисмда занжирни узиб, узилган ораликқа амперметрни улаш керак. Ток кучини ўлчашнинг мураккаблиги ҳам шунда. Ток кучини ўлчайдиган қурилма амперметр деб аталади. Вольтметрлар сингари, амперметрларнинг ҳам турли катталиқдаги токларни ўлчашга мўлжалланган, микроамперметр, миллиамперметр, амперметр каби турлари мавжуд.

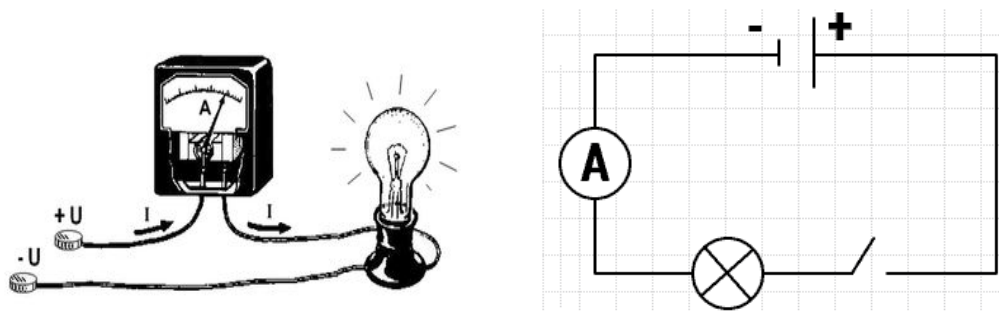


4.22-расм. Ток кучи контурнинг барча қисмларида бир хил.

Амперметр ёпиқ контурдаги ток кучини ўлчайди, ёпиқ контурда эса, контурнинг барча элементларидан бир хил ток оқиб ўтади, 4.22-расм. Шунинг учун ток кучини ўлчашда амперметрни контурнинг қайси қисмига улашнинг аҳамияти йўқ.

Электр тармоғига лампа уланган, лампадан оқиб ўтаётган ток кучини ўлчаймиз, 4.23- расм.

Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра, контурдаги эюк ларнинг йиғиндиси шу контур элементларидаги кучланишлар тушуви йиғиндисига тенг.



4.23 –расм. Лампадаги ток кучини ўлчаш, ва унинг схемаси.

4.23- расмдаги занжир учун бу қонунни қўлласак, манбанинг ташқи занжирга бераётган кучланиши амперметр ва лампадаги кучланишларнинг йиғиндисига тенг

$$U = U_A + U_L = IR_A + IR_L$$

Ўлчов қурилмаларига қўйиладиган талабларга кўра, занжирга амперметрни улаганимизда у лампанинг ишлашига таъсир кўрсатмаслиги керак. Бунинг учун эса лампадаги кучланиш ўзгармаслиги керак. Яъни, занжирга амперметр уланганда ҳам лампадаги кучланиш ўзгармай қолиши учун амперметрдаги кучланиш  $U_A = IR_A$  жуда ҳам кичик бўлиши керак. Занжирдаги ток ўзгармас, демак,  $R_A$  - амперметрнинг ички қаршилиги шу даражада кичик бўлиши керак-ки,  $IR_A$  кўпайтма  $IR_L$  кўпайтмага нисбатан жуда кичик бўлиши керак

$$IR_A \ll IR_L \quad \text{ёки} \quad R_A \ll R_L$$

Амперметр ички қаршилигининг жуда кичик бўлганлиги учун ундан фойдаланиш бирмунча хавфли, яъни амперметрни манбага нисбатан параллел улаш, қисқа туташувни юзага келтиради.

Амперметрнинг ўлчаш диапазонини ошириш учун, вольтметрдаги сингари, ички қаршилиқни сунъий равишда ўзгартириш керак. Бунинг учун амперметрга параллел қилиб шунтловчи қаршилиқ уланади. Амперметрни

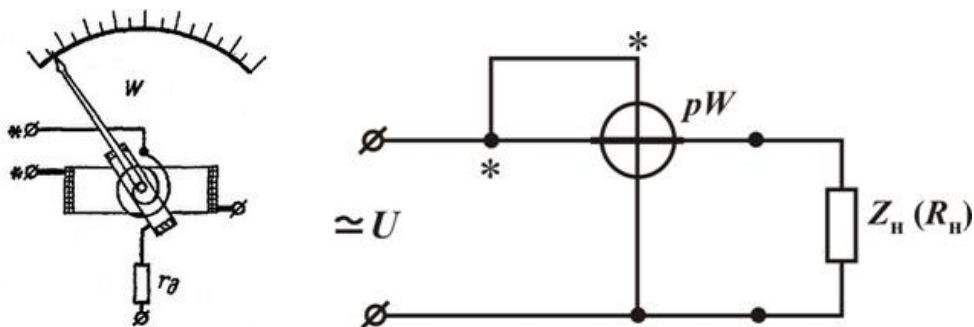


Ўлчаш диапазонини  $n$  марта ошириш учун ички қаршиликни  $n$  марта камайтиради.

Юқоридагилардан кўринадикки электр занжирларида ўлчовлар бажаришда кучланишни ўлчаш анча қулай ва хавфсиз, шунинг учун ҳам амалда кучланишни ўлчаш (вольтметрлар) кенг қўлланилади.

**Қувватни ўлчаш.** Ўзгармас ва ўзгарувчан ток электр занжирларида қувватни ўлчаш учун электродинамик ёки ферродинамик системали ваттметрлар кенг ишлатилади. Шунингдек, қувватни ток кучини ва кучланишни ўлчаш орқали ҳам топиш мумкин.

Ваттметр тузилиши ва уланишига кўра, ўзида вольтметр ва амперметрни бирлаштирган ўлчов қурилмасидир. Ваттметрнинг кучланиш (вольтметр) занжири электр занжирга параллел, ток кучи (амперметр) занжири эса кетма-кет уланади 4.24-расм.



4.24- расм. Электродинамик ваттметрнинг тузилиши ва уланиши.

Ваттметр ўзгармас токда ҳам, ўзгарувчан токда ҳам ишлаши мумкин. Ўзгармас токда ишлаганда  $R_n$  актив қаршиликдаги  $W$  қувватни, ўзгарувчан токда эса  $Z_n$  қаршиликдаги  $P$  актив қувватни ўлчайди. Ўзгарувчан ток вольтметрлари ва амперметрлари билан ишлаганда схеманинг ноль ва фаза симларини ўлчов қурилмасининг қайси қисқичларига улашнинг аҳамияти йўқ эди. Бу ерда эса, вольтметр ва амперметр битта қурилмада бирлаштирилганлиги сабабли ваттметр қисқичларини фаза ва ноль (ёки мусбат ва манфий) симларга улашнинг аҳамияти катта. Шунинг учун ваттметрларда тегишли қисқичларга \* белгиси қўйилади. Ўзгарувчан ток билан ишлашда шу белгилли қисқичга фаза сими уланади.

Сўнгги пайтларда электр энергиясидан фойдаланишни назорат қилиш, ҳамда электр тармоқларини ортиқча юкламадан асрашда рақамли электрон ваттметрлар амалиётга кенг кириб келмоқда. Бунда, ваттметр тармоқдаги кучланишни, истеъмол қилинаётган қувватни, частотани кўрсатиб туриши мумкин. Айрим ваттметрлар эса бевосита қувватни эмас, балки истеъмол қилинаётган ток кучи ва тармоқнинг кучланишини алоҳида кўрсатади. Шунингдек, бундай қурилмалар ўзгарувчан токнинг частотасини ҳам кўрсатиб туриши мумкин.



4. 25. Расм. Рақамли ваттметр, амперметр ва вольтметрлар

**Энергияни ўлчаш.** Энергияни ўлчаш муҳим техник ва иқтисодий аҳамиятга эга. Шунинг учун ҳам электр энергиясини ўлчашга давлат томонидан катта эътибор қаратилади, ўлчов қурилмалари ва улардан фойдаланиш тегишли тарзда назорат қилиб турилади. Узоқ йиллар давомида электр энергиясини ўлчаш учун индукцион системали СО типдаги энергия ҳисоблагичлар кенг ишлатилиб келинди.

Сўнгги йилларда эса барча ўлчов қурилмалоари сингари, энергия ўлчов қурилмалари ҳам рақамли электрон тизимларга ўтиб бормоқда.

Электр энергияси  $W = Pt = IUt$  яъни қувватни вақт давомида интеграллаш орқали ўлчанади. Шу жиҳатдан энергия ўлчов қурилмалари қувват ўлчаш қурилмалари-ваттметрлар каби ишлайди. Фақат уларда қувватни вақт давомида интеграллаб (йиғиб) бориш қурилмаси мавжуд. Бундай йиғиш қурилмаси механик ёки электрон бўлиши мумкин. Шунга

қараб ҳисоблагичлар ҳам индукцион ёки электрон (рақамли деб ҳам юритилади) турларга бўлинади 4.26-расм.



а

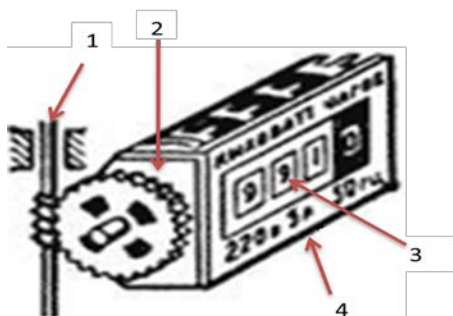


б

4.26 –расм. СО типли индукцион (а) ва CE 102 типли кўп тарифли рақамли (б) энергия ҳисоблагичлари.

Ҳисоблагичларда кўрсаткичлар кВт·соат (Wh) кўринишида ифодаланади, бунда  $1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 3,6 \text{ МЖ}$ .

Узоқ йиллар давомида индукцион типдаги ҳисоблагичлар амалда кенг қўлланилиб келинди (ҳозир ҳам амалда). Бу типдаги энергия ўлчаш қурилмаларида қувватни вақт бўйича интеграллаш учун механик тизим ишлатилади. 4.27–а расм. Ҳисоблагичнинг индукцион тоқлар таъсирида ҳаракатланувчи диски қувватга пропорционал тарзда айланади, бу ҳаракат 1 айланувчи ўқдан 2 тишли узатма орқали 4 механик ҳисоблагичга узатилади. Механик ҳисоблагичнинг кўрсаткичлари соат механизми каби ишловчи 3 барабанларда акс этади.



а



б

4.27-расм. Индукцион ҳисоблагичнинг механик қисм (а) ва умумий кўриниши(б)

### **Таянч иборалар.**

Ўлчов хатолиги, нисбий хатолик, фундаментал катталиқ, ҳосилавий катталиқ, эталон, бевосита ўлчаш, билвосита ўлчаш, шкала, электромагнитик қурилма, магнитоэлектрик қурилма, индукцион қурилма, амперметр, вольтметр, ваттметр, ҳисоблагич, кўп таърифли ҳисоблагич.

### **Синов саволлари.**

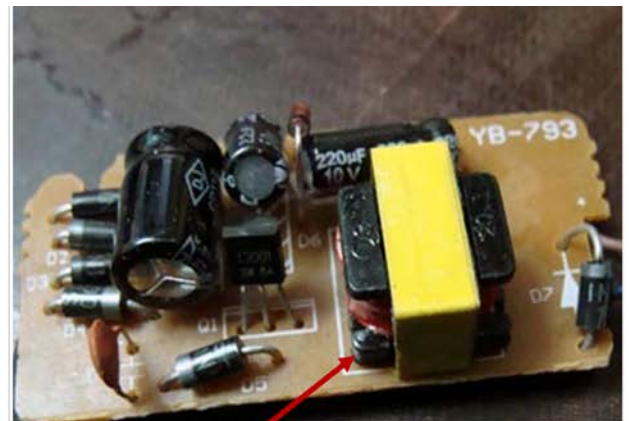
1. Электротехникада ва кундалиқ ҳаётимизда ўлчовнинг аҳамияти нималардан иборат?
2. Бирор ўлчов қурилмасини олиб, ундаги ёзув ва белгилар асосида бу ўлчов қурилмасини таҳлил қилинг.
3. Электромагнитик ва магнитоэлектрик ўлчов қурилмаларининг бири-биридан афзаллик ва камчилик томонларини солиштиринг.
4. Индукцион типдаги ўлчов қурилмалари қандай электрик катталиқларни ўлчашда ишлатилади?
5. Нима учун ўлчов қурилмасининг шкаласида қурилманинг ишчи ҳолати кўрсатилади?
6. Ўлчов қурилмаларидан фойдаланиш, уларни тўғри ишлашини таъминлаш ким томонидан, қандай амалга оширилади ва назорат қилинади?
7. Эталонлар нима учун керак, ким томонидан ишлаб чиқарилади?
8. Бозор иқтисодиёти шароитида ўлчов қурилмаларига нисбатан қандай талаблар қўйилади, нима учун?



## БЕШИНЧИ БОБ

### ТРАНСФОРМАТОРЛАР

**5.1. Умумий тушунчалар.** Амалда энг кенг тарқалган ва кўп ишлатиладиган электр қурилмаларидан бири трансформаторлардир. Масалан, оддий телефонингизни зарядлашда ҳам трансформатор ишлатилади 5.1-расм. Телефон аккумулятори 3,5 - 4 В атрофидаги кучланишда ишлайди, сиз эса уни зарядлаш учун 220 В кучланишли трамоққа улайсиз. Албатта зарядлаш қурилмасининг ичида кучланишни 220 В дан 4 В гача камайтириш (пасайтириш) керак бўлади, айнан шу вазифани трансформатор бажаради. Ёки электр узатиш линияларининг юқори кучланиши трансформаторлар ёрдамида 220 В гача камайтирилиб истеъмолчига узатилади.



трансформатор

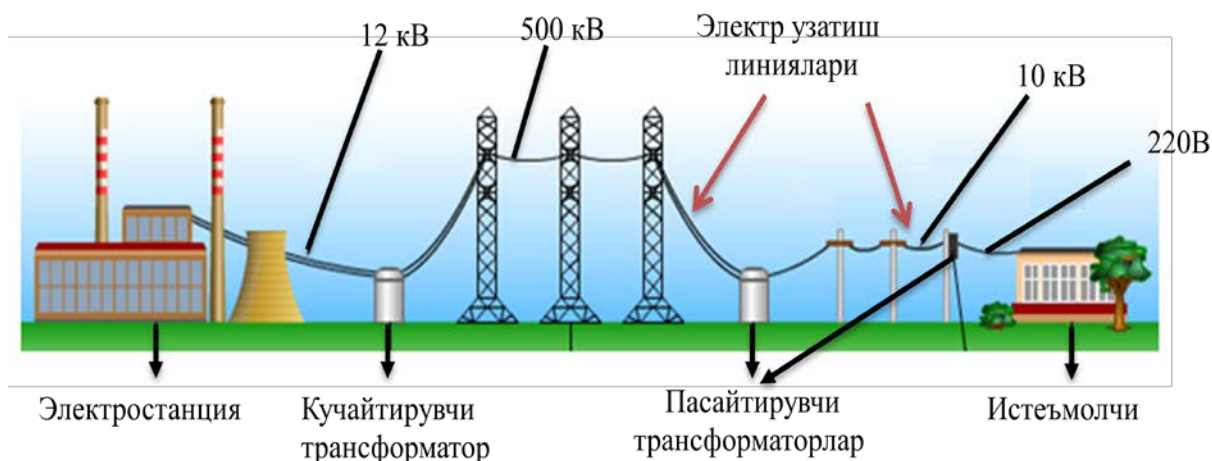
5.1-расм. Телефон зарядлаш қурилмасининг умумий кўриниши ва унинг трансформатори.

Трансформатор ўзгарувчан электр токи кучланишини (ток кучини) ўзгартиришга мўлжалланган электростатик қурилмадир. Трансформаторнинг ишлаши механик ҳаракат билан боғлиқ эмас, шунинг учун у статик машиналар турига киради (ишлаши механик ҳаракат билан боғлиқ бўлган

қурилмалар динамик машиналар дейилади, масалан электр двигатели). Трансформаторнинг ишлаш принципи электромагнитик индукция қонунига асосланади, шунинг учун уни электромагнитик қурилма деб айтилади.

Трансформаторлар айниқса электр узатиш тизимларида муҳим рол ўйнайди. Айнан трансформаторларнинг ихтиро қилиниши ўзгарувчан электр токини узоқ масофаларга самарали (қувват исрофини камайтириб) узатиш имконини яратди. Электростанцияларда ишлаб чиқарилган электр энергиясини узоқ масофаларга узатишда, энергия исрофини камайтириш учун кучланиш оширилади. Истеъмолчида эса, линиядан келаётган юқори кучланиш, қурилмаларнинг ишчи кучланишигача пасайтирилади. Кучланишни бундай кўпайтириш ва камайтириш трансформаторлар ёрдамида амалга оширилади.

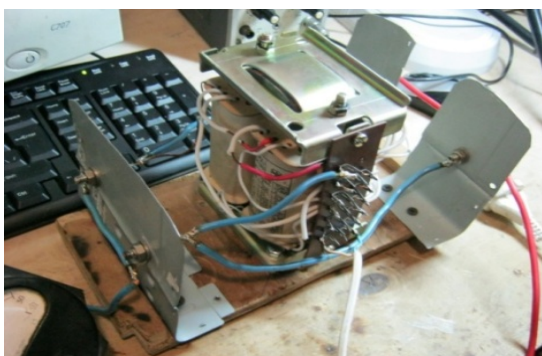
Электростанциянинг 12 000 В ўзгарувчан кучланиши (5.2- расм) трансформаторлар ёрдамида бир неча юз киловольт кучланишгача орттирилади ва узатиш линиясига берилади, истеъмолчида эса бу кучланиш яна трансформаторлар ёрдамида пасайтирилади (замонавий электростанцияларда генераторлар 12 кВ дан 25 кВ гача кучланишда ўзгарувчан ток ишлаб чиқаради).



5.2- расм. Электр энергиясини узатиш схемаси.



Бундан ташқари, кўплаб электр ва электрон қурилмаларининг ишчи қисмлари турли хил кучланишларда (асосан 4В, 6В, 9В, 12В, 24В, 36В кучланишда ишловчи қурилмалар кенг тарқалган) ишлайди. 220 В тармоқ кучланишини ана шу кучланишларгача пасайтириш учун қурилмаларда махсус трансформаторлар ишлатилади. Бу трансформаторлар куч трансформаторлари деб айтилади. Куч трансформаторлари қурилманинг қисмларини керакли кучланишлардаги электр токи билан таъминлайди. Ёки электр пайвандлашда кучланиш пасайтирувчи трансформаторлар ёрдамида 18-24 В кучланишгача пасайтирилади ва электр разряди (электр ёйи) ҳосил қилиб пайвандланади. Кучланишни пасайтириб, разряд токини ошириш пайвандлаш хавфсизлигини таъминлайди. Бугунги кунда электр пайвандлашнинг техникавий аҳамияти ҳаммамизга маълум.



5.3-расм.Компьютер трансформатори



5.4-расм. Пайвандлаш трансформатори

**9.2. Қисқача тарихий маълумотлар.** Трансформатор электр қурилмаси сифатида бирданига пайдо бўлмаган, унинг ҳозирги, биз биладиган трансформатор кўринишига келиши ўзига яраша ривожланиш даврини босиб ўтган. Трансформатор электромагнитик индукция қонуни асосида ишлайди, демак, у Фарадейнинг электромагнитик индукция қонуни билан боғлиқ. Шунинг учун ҳам Фарадейда трансформатор ҳақида қандайдир тушунча ва тажрибавий асослар бўлмаслиги мумкин эмас эди. Ҳақиқатан ҳам, у, 1831-йилдаги ўз тажрибаларида темирга ўралган мис чулғамлар ёнма-ён турган пайтда, биринчи чулғамга ток уланса, иккинчи чулғамда ҳам қисқа муддатли ток пайдо бўлгани ҳақида ёзган. Лекин Фарадей ўзгармас электр токидан фойдаланганлиги учун, иккинчи чулғамдаги ток қисқа муддатли

бўлган (фақат уланиш жараёнидаги ўзгариш туфайли). Фарадей бу пайтда масалага кучланишни ўзгартириш нуктаи-назаридан ёндошмагани учун аҳамият бермаган ва уни ўрганмаган. Трансформаторнинг пайдо бўлиши 1852 йилда француз муҳандиси Г. Румкорф томонидан яратилган индукцион ғалтакдан бошланади. Бу ғалтак ёрдамида у катта кучланишли электр токи ҳосил қилган. Кейинчалик, 1872 йилда Москва университетининг профессори Александр Григорьевич Столетов магнит материалларда гистерезис халқасини кашф этди ва трансформаторлар технологиясининг ривожланишига катта ҳисса қўшди.

Том маънодаги трансформаторни биринчи бўлиб рус олими Павел Николаевич Яблочков ихтиро қилди ва 1876 йил 30 ноябрда ўз ихтиросини патентлади. Унинг трансформатори ҳозирги трансформаторлардан бироз фарқ қилиб, иккала чулғам ҳам битта тўғри стержен-ўзакка ўралган эди. 1884 йилда Англияда ака-ука Эдуард ва Жон Гопкинсонлар эса ёпиқ ўзакли трансформаторни яратишди ва магнит занжирларини ҳисоблашни амалга тадбиқ этдилар. Бу кашфиётлар трансформаторлар технологиясини ва уларни ишлаб чиқаришни ривожлантиришда муҳим омил бўлди.

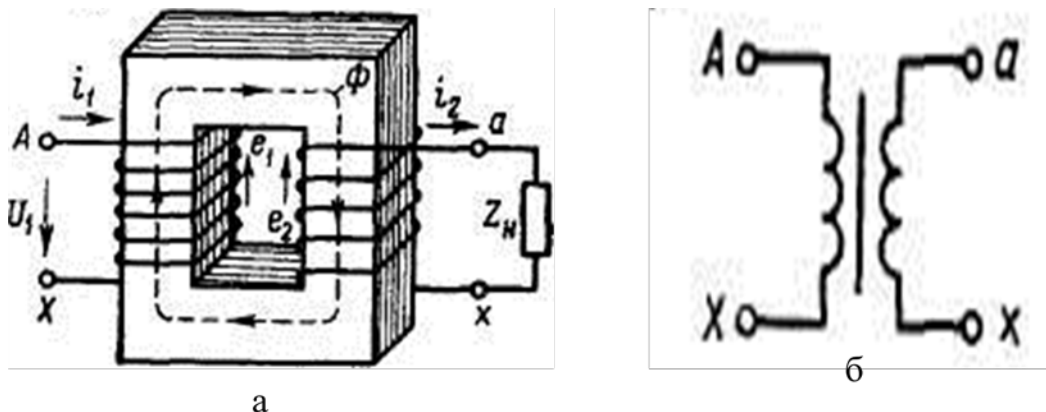
Трансформаторларнинг ўзақларини юпқа пластинкалар кўринишида ясаб, уюрмали тоқлар таъсирини камайтириш ғояси Томас Эдисоннинг шогирди Эптонга тегишли. Трансформаторларнинг кашф қилиниши ўзгарувчан электр токидан амалда фойдаланиш имкониятларини кенгайтди. Жумладан, 1889 йилда рус и инженери Михаил Осипович Доливо-Добровольский уч фазали ўзгарувчан электр токи системасини яратди ва 1891 йилда 95 кВ юқори кучланишли электр узатиш линияси орқали 230 кВт гача бўлган қувватни 175 км масофага узатиб, ўзгарувчан электр токи ёрдамида катта қувватли электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш мумкин эканлигини амалда исботлаб берди. Шу даврдан бошлаб саноат миқёсида (катта қувватларда) ўзгарувчан электр токи ишлаб чиқариш ва уни узатиш амалиётга кенг кириб кела бошлади.

### 9.3. Трансформаторнинг тузилиши

Трансформатор икки қисмдан иборат (5.5 а –расм);

-электротехник пўлатдан ясалган ўзак;

-ўзакка ўралган чулғамлар.



5.5-расм. Трансформаторнинг тузилиши (а) ва схемалардаги шартли белгиланиши (б).

Ўзак. Трансформатор ўзаклари электротехник пўлатдан ясалади, чунки, бу пўлатнинг магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  жуда юқори бўлиб, 2000 дан 6000 гача бўлиши мумкин. Агар ҳавонинг магнит сингдирувчанлиги 1 га тенг эканлигини ҳисобга олсак,

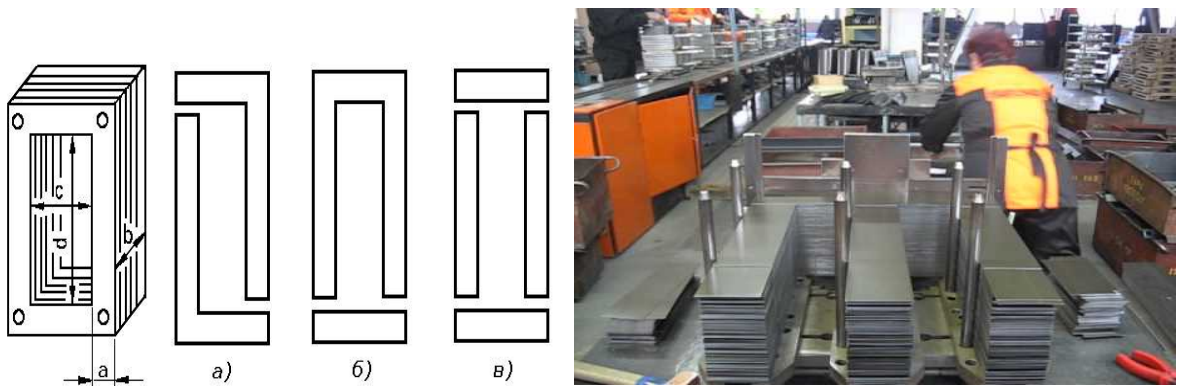
$$B = \mu H$$

боғланишга асосан, электротехник пўлатдан ясалган ўзакка ўралган ғалтакда, ҳаводагига нисбатан 6000 мартагача катта магнит оқими  $B$  ҳосил қилиш мумкин. Бу ерда  $H$  ғалтакдаги магнит майдон кучланганлиги.

Ўзак яшаш учун электротехник пўлатдан, қалинлиги 0,35мм дан 0,50 мм гача бўлган юпқа япроқчалар кесиб олинади. Қатламлар (япроқчалар) орасига махсус, иссиқликка чидамли диэлектрик лак сурилади, айрим ҳолларда қоғоз изоляторлар ҳам ишлатилади.

Энг содда ўзак тўғри тўрт бурчак шаклида (стерженли ўзак) бўлиб, унинг япроқчалари турли хил шаклларда бўлиши мумкин.

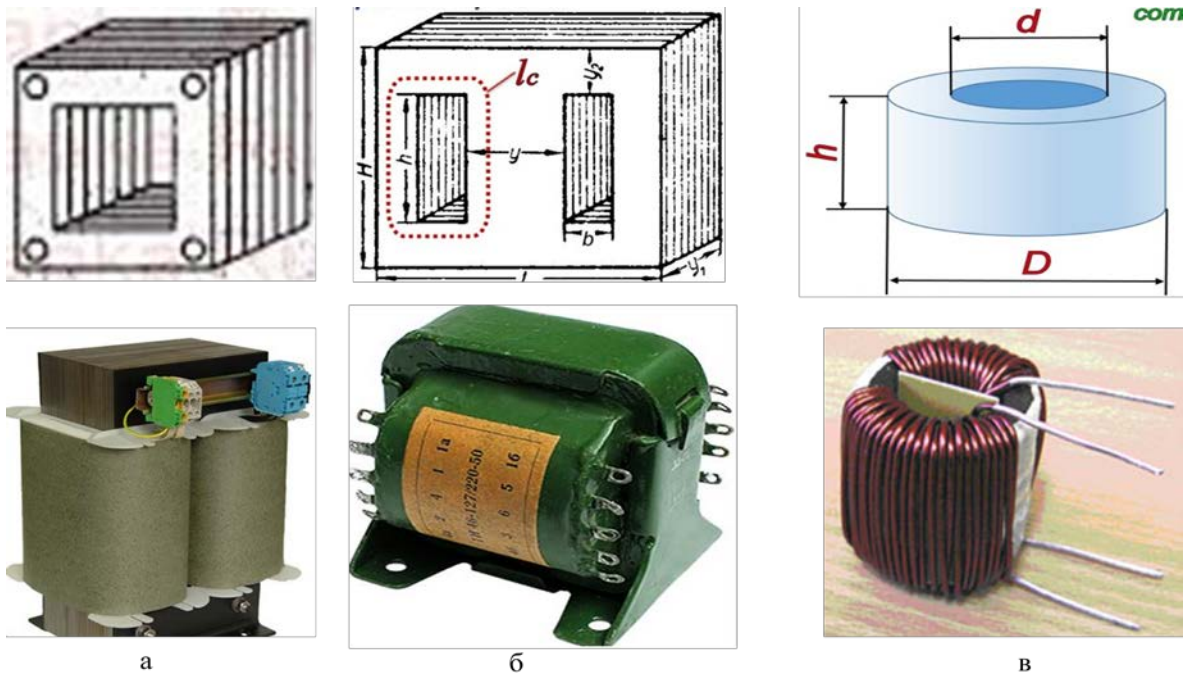
Амалиётда Г симон, П симон ва I симон япроқчалар кўпроқ қўлланилади 5.6-расм.



5.6-расм. Трансформатор ўзакли япроқчалари ва уларни тайёрлаш жараёни:  
 а - Г симон япроқча, б - П симон япроқча, в - I симон япроқча.

Ўзакнинг кесим юзаси  $S = ab$ , бу юза ярма деб аталади. Бу ерда, а-япроқчалар кенглиги; b-ўзакнинг қалинлиги. Ўзакдаги магнит оқимини  $\Phi = BS \cos \alpha$  формула орқали ҳисоблашда шу юза ҳисобга олинади. Ўзакнинг ўртасидаги, эни c, баландлиги d бўлган тирқиш дарча дейилади.

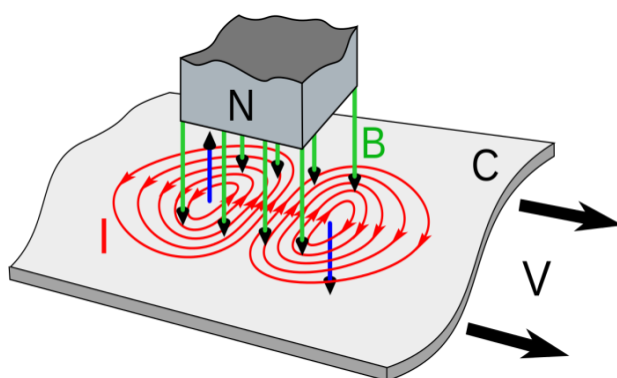
Ўзакнинг геометрик шакли турлича бўлиши мумкин. Амалда кўпроқ стерженли, бронли ва тороидал ўзақлар кенг тарқалган. Лекин барчасида ўзак юпқа япроқчалардан ташкил топган бўлади. 5.7-расмда стерженли, бронли ва тороидал ўзақлар ва улар асосидаги трансформаторлар кўрсатилган.



5.7-расм. Стерженли, бронли ва тороидал трансформаторлар ва уларнинг ўзақлари

Трансформатор ўзагини яхлит эмас, балки ўзаро изоляцияланган юпқа япроқчалар кўринишида яшаш ўзакни уюрмали тоқлар таъсирида қизиб кетишидан асрайди. Магнит майдони таъсиридаги металлларда уюрмали тоқларнинг юзага келишини биринчи бўлиб 1924 йилда француз олими Д.Ф. Араго кашф этган. Лекин, у бу тоқларнинг юзага келиш сабабларини ва табиатини ўрганмаган. Фарадейнинг электромагнитик индукция қонуни кашф (1831 йилда) этилгандан сўнг уюрмали тоқлар француз олими Жан Бернар Фуко томонидан батафсил ўрганилди.

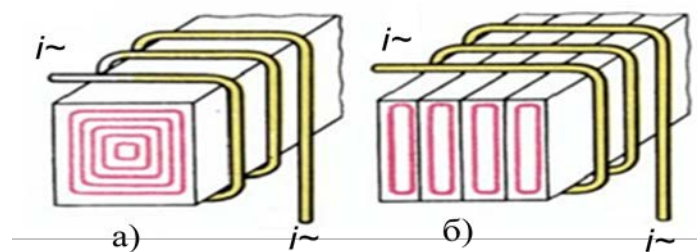
Шунингдек Фуко уюрмали тоқлар металлни қиздиришини ҳам аниқлади.



5.8-расм. Ўзакда уюрмали тоқларнинг юзага келиши.

Агар ўтказгични кесиб ўтаётган магнит майдон ўзгарса (бунинг учун магнит майдони ўзгариши, ёки ўтказгич магнит майдонида ҳаракатланиши керак) ўтказгичда уюрмали тоқлар юзага келади 5.8- расм. Бу тоқлар ўзак қалинлиги бўйлаб ёпиқ контурлар ҳосил қилиб оқади 5.9а-расм. Ток кучининг катталиги ўзакнинг қаршилиги билан аниқланади. Агар ўзак қалинлигини камайтирсак, қаршилик ортади, натижада уюрмали ток камаёди 5.9б-расм. Бунинг учун ўзакни юпқа пластиналар кўринишида кесиб, орасига диэлектрик лак суриб яна қайтадан ёпиштириб штампланади. Энди бир пластинкадаги ток иккинчи пластинкага ўта олмайди.

Электромагнитик индукция қонуни асосида ишловчи барча электр машиналарининг (трнсформатор, генератор, двигател, электромагнитик реле) ўзақлари худди шундай ясалади.



5.9-расм. Ўзакдаги уюрмали тоқларни камайтириш.

**Чулғамлар.** Трансформаторларнинг чулғамлари асосан, мис симлардан ўралади. Айрим ҳолларда, масалан, электр пайвандлаш трансформаторлари чулғамлари алюмин симлардан ҳам ўралиши мумкин.

Чулғам изоляторлари сифатида диэлектрик лаклар, мой ва парафин шимдирилган қоғозлар, ҳамда махсус трансформатор мойлари ишлатилади.

Кам қувватли трансформаторларнинг чулғамларида махсус электроизолятор лаклар ишлатилади. Чунки бундай трансформаторларнинг



чулғамлари жуда кўп бўлиб, юпқа лак қатлами трансформатор чулғами ўлчамидан катта бўлиб кетишига йўл қўймайди. Бундай лаклар коллоид аралашмалар турига киради ва қуриганда қаттиқ диэлектрик қатлам ҳосил қилади. Қатлам ҳосил қилиш учун табиий ва

синтетик смолалар ишлатилса, эритувчи сифатида бензол, спирт, ацетон каби тез учувчи суюқликлар ишлатилади. Кам қувватли трансформаторларнинг ва электромагнитик релеларнинг чулғамларида кўпроқ МЛ-92 маркали лак энг кўп ишлатилади.

Қуйида ушбу лакнинг асосий характеристикалари келтирилган:

қаршилиги -  $10^{12}$  Ом х м;

20°C ҳароратдаги электр мустаҳкамлиги - 70 МВ/м;

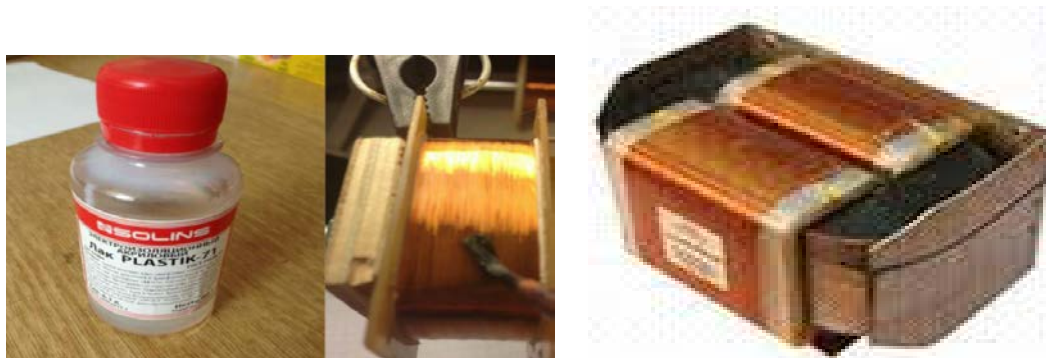
105-110°C ҳароратда лакнинг қуриш вақти - 1 соат;

лакнинг стабил таркиби - 55 %;

лакнинг қотгандаги қаттиқлик даражаси – 0,4.



Лаклар электр изоляциялашдан ташқари клей вазифасини ҳам бажаради. Чулғамларни ўраш жараёнида қатламлар орасига ҳам лак сурилганда ўрам қатламлари ўзаро ёпишиб, тарқалиб кетишдан сақланади.



5.10-расм. Лак ҳам изолятор, ҳам клей вазифасини бажаради

Лекин, лак изоляторларни катта қувватли трансформаторларда ишлатиб бўлмайди. Изоляция мустаҳкамлигини ошириш учун катта қувватли трансформатор чулғамларида махсус мой ва парафин шимдирилган қоғозлар чулғам симига ўраб чиқилади ва сўнг чулғамнинг ўзи ўралади. Бунда, мой ва парафин қатлами электр изоляторликдан ташқари, намликдан ва чиришдан ҳимоялаш қатлами вазифаларини ҳам бажаради.



5.11- расм. Чулғам симларини изоляцияловчи ленталар билан ўраш

Катта қувватли трансформаторларда (масалан, электр узатиш линияларидаги тақсимлаш трансформаторлари) махсус трансформатор мойлари ишлатилади. Бундай трансформаторларнинг чулғамлари пружинасимон тарзда ўралган бўлиб, ўрамлар орасини махсус изоляцияловчи суюқлик-трансформатор мойи тўлдириб туради. Мой бир вақтнинг ўзида чулғамларни совутувчи суюқлик вазифасини ҳам бажаради.

Трансформатор мойлари нефтни 300-400°C даражада қайнатиб хайдаш йўли билан ҳосил қилинади. Мойнинг таркиби 10-15 % парафин, 60-70% циклопарафин ва 15-20% углеводороддан иборат. Мойнинг асосий хусусиятларидан бири оксидланишга нисбатан юқори даражада стабиллигидир. Бу мойнинг ишлаш жараёнида узок вақт кимёвий ва физикавий хусусиятлари ўзгармай туришини таъминлайди. Мойнинг зичлиги унинг турларига қараб 840-890 кг/м<sup>3</sup> ораликда бўлиб, электр қаршилиги катта бўлиши учун одатда юқори қовушқоқликка эга бўлади.

Трансформатор мойлари ҳавога нисбатан анча катта қаршиликка эга, шунинг учун изолятор сифатида мойларни ишлатиш трансформатор ўлчамларини камайтиришга ҳам имконият яратади.

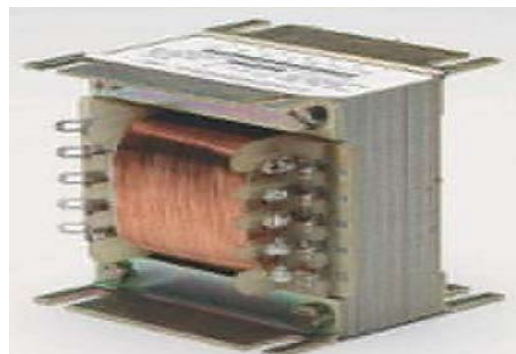
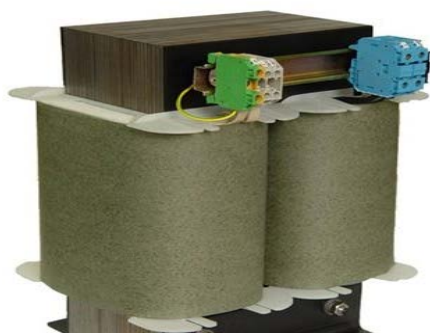


5.12-расм. Электр узатиш линияларининг мойли трансформаторлари.

#### **5.4. Трансформаторнинг ишлаш принципи**

Трансформаторнинг ишлаш принципи электромагнитик индукция қонунига асосланган. Юқорида кўриб ўтилгандек, трансформатор асосан икки қисмдан, ўзак ва унга ўралган икки ёки ундан ортиқ чулғамлардан иборат. Чулғамлар ўзаро электрик уланмаган, балки, ўзак ёрдамида бир-бири билан магнит майдони орқали боғланган бўлади. Трансформаторнинг битта чулғами ўзгарувчан ток манбаига, иккинчи чулғами истеъмолчига уланади. Манбага уланган чулғам бирламчи, ёки кириш чулғами деб, истеъмолчига уланган чулғам эса иккиламчи ёки чиқиш чулғами деб юритилади. Трансформаторлар конструкцисига кўра, асосан икки турга бўлинади:

стерженли трансформаторлар; бронли трансформаторлар. Стерженли трансформаторларнинг ўзаги тўғри тўртбурчак кўринишида бўлиб, кириш ва чиқиш чулғамлари ўзакнинг алоҳида устунларига ўралган бўлади. Бронли трансформаторларда эса ўзакнинг тузилишидан қатъий назар, кириш ва чиқиш чулғамлари устма-уст ўралади.



5.13-расм. Стерженли ва бронли трансформаторлар.

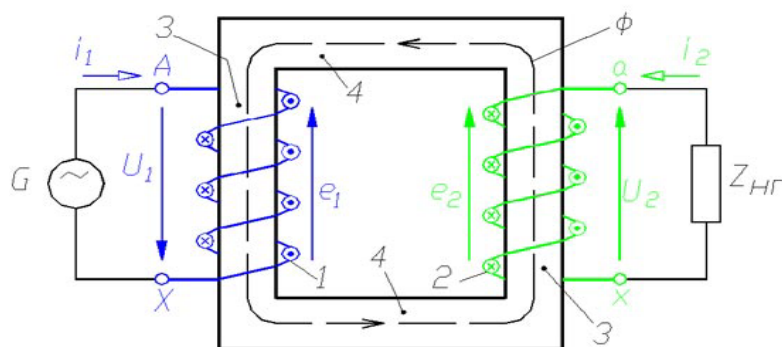
Бунда дастлаб (ички томонда) паст кучланиш чулғами, унинг устидан юқори кучланиш чулғамлари ўралади. Бундай конструкция иккита муҳим техникавий масалани ҳал этади:

- юқори кучланиш чулғами ўзакдан узоқлашади (натижада яхши изоляцияланади);
- магнит майдондан фойдаланиш эффективлиги ортади (стерженли трансформаторга нисбатан).

Шунинг учун ҳам, кам қувватли трансформаторлар, асосан бронли кўринишда ишлаб чиқарилади.

Трансформаторни ишлаш принципини тушуниш учун, 5.14-расмда келтирилган, стерженли трансформатор схемаси орқали унинг ишлашини кўриб чиқамиз.

Трансформаторнинг кириш чулғами ўзгарувчан ток манбаи  $G$  га улансин. Кириш чулғами учларида  $U_1$  синусоидал ўзгарувчан кучланиш юзага келади. Бу ўзгарувчан кучланиш таъсирида кириш чулғамидан, унинг тўла қаршилигига боғлиқ ҳолда  $i_1$  - ўзгарувчан ток оқиб ўтади (токнинг йўналиши расмда кўрсатилган).



5.14-расм. Трансформаторнинг ишлаш принципи. 1-кириш чулғами ва ундаги токнинг йўналиши, 2-ўзак, 3-чиқиш чулғами ва ундаги токнинг йўналиши, 4-ўзакдаги магнит оқими.

Бу токнинг магнитловчи кучи таъсирида ўзакда

$$B_1 = B_m \sin \omega t; \quad (5.1)$$

синусоидал ўзгарувчан магнит оқим юзага келади. Бу ерда  $\Phi_m$  магнит майдони оқимининг амплитудавий қиймати бўлиб, у ўзгарувчан кучланиш амплитудаси орқали аниқланади

$$B_m = \frac{E_m}{\omega n}$$

Ўзиндукция қонунига кўра, ўзгарувчан магнит оқими ғалтакда яна ўзгарувчан э.ю.к.  $E_1$  ни индукциялайди. Асосий магнит оқим  $\Phi$  ўзак бўйлаб (расм бўйича соат стрелкасига тескари йўналишда) оқиб, иккинчи чулғамни кесиб ўтади ва бу чулғамда ўзаро индукция қонунига кўра,  $E_2$  э.ю.к. ни индукциялайди. Чулғамларда индукцияланган э.ю.к. нинг сон қиймати, электромагнитик индукция қонунига асосан, ўрамлар сони ва магнит оқимининг ўзгариш тезлигига пропорционал бўлиб, йўналиши индукцияни юзага келтирувчи кучланишга қарама-қарши йўналган бўлади

$$E = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (5.2)$$

Магнит оқимининг ўзакдаги исрофларини ҳисобга олмасак, биринчи ва иккинчи чулғамлардаги ҳосил бўлган синусоидал ўзгарувчан э.ю.к. лар учун (9.1) ва (9.2) ифодаларга асосан қуйидагиларга эга бўламиз:

$$E_1 = \omega n_1 \Phi_m = \omega n_1 \Phi_m \cos \omega t$$

$$E_2 = \omega n_2 \Phi_m = \omega n_2 \Phi_m \cos \omega t ,$$

бунда  $\omega = 2\pi f$  ўзгарувчан токнинг бурчак тезлиги,  $f$  - ўзгарувчан токнинг частотаси. Бу ўзгарувчан э.ю.к. ларнинг таъсир этувчи қийматлари  $E_{эф} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$  муносабатга кўра

$$E_1 = \omega n_1 \Phi_m = \frac{2\pi f n_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 f n_1 \Phi_m \quad (5.3)$$

$$E_2 = \omega n_2 \Phi_m = \frac{2\pi f n_2 \Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 f n_2 \Phi_m \quad (5.4)$$

(9.3) ва (9.4) ифодалардан кўринадики трансформатор чулғамларида ҳосил бўлган индукцион э.ю.к. лар ўрамлар сонига тўғри пропорционал. Кириш ва чиқиш чулғамларидаги кучланишлар нисбати эса, кириш ва чиқиш чулғамларидаги ўрамлар сони нисбатига тенг

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} = k \quad \text{ёки} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k \quad (5.5)$$

Бу ерда  $k$  – трансформаторнинг асосий кўрсаткичларидан бир бўлиб, трансформация коэффициенти деб аталади.  $k > 1$  бўлганда трансформаторлар пасайтирувчи (чиқиш кучланиши кириш кучланишидан кичик) ва аксинча  $k < 1$  бўлганда трансформатор кучайтирувчи бўлади.

Трансформатордаги қувват исрофи. Барча электр машиналарида қувват исрофи мавжуд. Фойдали иш коэффициенти энг юқори бўлгани билан трансформаторларнинг ишлаши ҳам энергия исрофидан холи эмас.

### **Трансформаторларда энергия исрофлари қуйидагилардан иборат:**

Чулғамларнинг актив қаршиликлари ҳисобига юзага келувчи Ри иссиқлик исрофлари. Бу исрофлар Жоул-Ленц қонунига кўра, чулғамларнинг  $R_1$  ва  $R_2$  актив қаршиликлари, ҳамда чулғамлардан ўтаётган  $I_1$  ва  $I_2$  тоқларнинг квадратига тўғри пропорционал

$$P_u = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 .$$

Одатда, бу исрофлар кам қувватли трансформаторларда юқори бўлади. Чунки, кам қувватли трансформаторларнинг мис симлари жуда ингичка бўлиб қаршилиги катта бўлади.

Магнит оқимининг ўзгарувчанлиги туфайли пўлат ўзакдаги  $P_p$  исрофлар. Бу исрофлар гистерезис туфайли юзага келувчи қувват исрофлари  $P_\Gamma$ , ҳамда уюрмали тоқлар туфайли юзага келувчи  $P_y$  исрофлардан ташкил топади

$$P_n = P_\Gamma + P_y.$$

Трансформаторнинг конструкцияси билан боғлиқ бўлган  $P_k$  қувват исрофлари.

Қайд этилган исрофлар ичида иссиқлик исрофлари  $P_i$  ва магнит оқими исрофлари  $P_p$  трансформаторнинг асосий қувват исрофини ташкил қилади  $P_{\text{исроф}} = P_i + P_p$ . Шундай қилиб трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_{\text{фойдали}}}{P_{\text{умумий}}}$$

бу ерда

$$P_{\text{умумий}} = P_{\text{фойдали}} + P_{\text{исрофи}}.$$

Амалда трансформаторларнинг фойдали иш коэффициенти унинг қай даражада юкланганлигига ва трансформаторнинг қувватига ҳам боғлиқ. Номинал юкламада ишлаганда трансформаторнинг ф.и.к. энг юқори бўлади. Катта қувватли трансформаторларнинг ф.и.к. 0,97-0,99% гача, кичик қувватли трансформаторларда эса 0,82-0,90 % бўлиши мумкин.

### **5.5. Уч фазали трансформаторлар.**

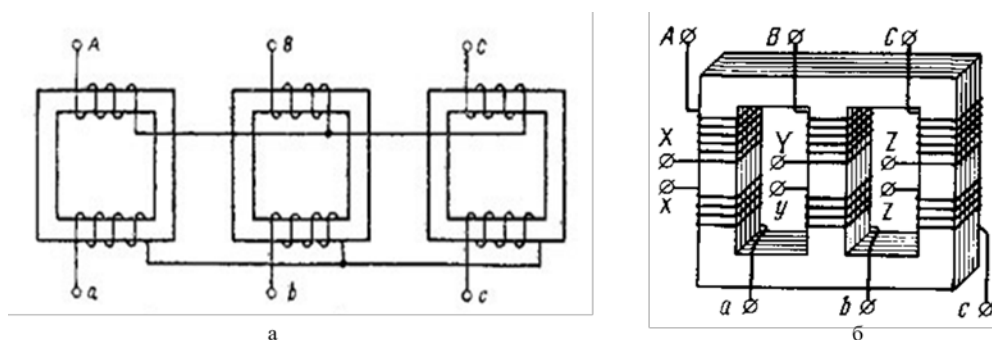
Электр узатиш линияларида ва катта қувватли электр қурилмаларида уч фазали электр тоқи ишлатилади. Бу уч фазали системаларнинг трансформаторлари ҳам албатта уч фазали бўлади. Уч фазали трансформатор тузилишига кўра, битта ўзакда йиғилган, учта бир фазали трансформаторлар



системасидан иборат (5.15а-расм). Ҳар уччала фазанинг кириш ва чиқиш чулғамлари мавжуд. Натижада уч фазали трансформаторда учта алоҳида чулғам ва уларнинг учлари, жами 12 та очик учлар мавжуд (5.15 б-расм). Кириш чулғамларининг фаза учлари, уч фазали ток системасидаги каби, А, В, С бош ҳарфлар билан белгиланади.

Трансформаторлардан фойдаланишда электр узатиш линияларининг пасайтирувчи трансформаторларини назарда тутиш одатга айланган. Шунинг учун ҳам, “кириш ва чиқиш чулғамлари” ўрнида “юқори кучланиш ва паст кучланиш чулғамлари” иборалари кенг тарқалган.

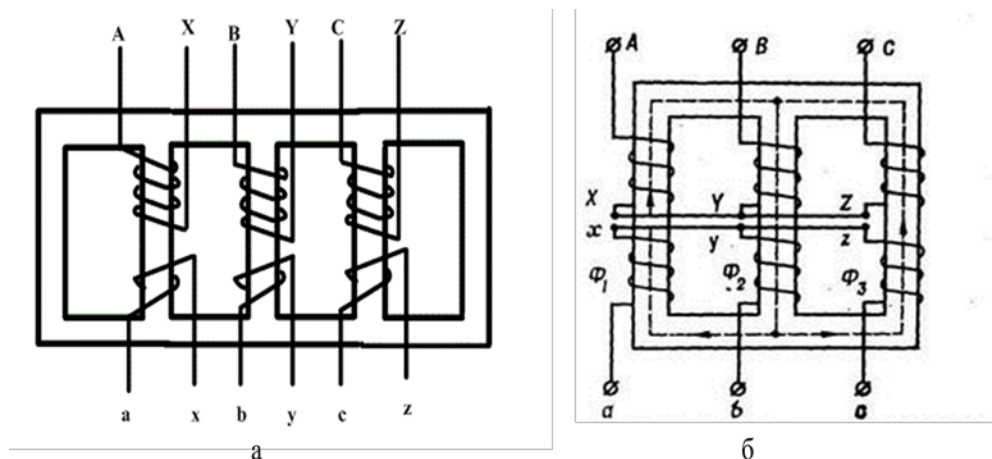
Чиқиш чулғамларининг фаза учлари эса мос ҳолда а, в, с кичик ҳарфлар билан белгиланади. Кириш (юқори кучланиш) чулғамининг трансформатор ичидаги охирларини мос ҳолда Х, У, Z деб, чиқиш чулғамларининг худди шундай трансформатор ичидаги охирларини х, у, z деб белгилаймиз. Демак уч фазали трансформатордан фойдаланганимизда, трансформаторнинг А, В, С учлари уч фазали тармоққа, а, в, с учлари эса уч фазали истеъмолчига уланади. Натижада, трансформатор ичидаги Х, У, Z ва х, у, z очик қолган фазалар (5.15-б расм) учларининг ўзаро уланиши масаласи юзага келади. Улар уч фазали токдаги сингари ўзаро учбурчак, ёки юлдуз схемада уланиши мумкин. Айнан шу уланишнинг турларига қараб уч фазали трансформатор чулғамларининг турли уланиш схемалари мавжуд.



5.15-расм. Учта бир фазали трансформаторлар системаси (а) ва уч фазали трансформатор (б)

Чулғамлар уланишларини каср кўринишда белгилаш қабул қилинган, масалан, “учбурчак/юлдуз”, бунда касрнинг сурати кириш чулғамининг

уланиш схемасини, касрнинг махражи эса чиқиш чулғамининг уланиш схемасини билдиради. Умуман уч фазали трансформатор чулғамлари “учбурчак/юлдуз”, “юлдуз/учбурчак”, “юлдуз/юлдуз” ва учбурчак/учбурчак схемаларда уланиши мумкин. 5.16-а расмда трансформатор чулғамлари охирлари ва уларнинг белгиланишлари келтирилган.



5.16-расм. Уч фазали трансформатор чулғамларининг ўралиши ва ўзаро уланиши.

Расмдаги чулғамларнинг ўралишига эътибор берадиган бўлсак шу нарса кўринадики, фазаларнинг чулғамлари, улар ўзаро қандай тугаштирилишидан қатъий назар, бир томонга қараб ўралган. 5.16-б расмда эса чулғамлар юлдуз/юлдуз (Y/Y) схемада уланган. Демак, бу трансформатор, чулғамлари (Y/Y) схемада уланган трансформатор дейилади.

### 5.6. Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари.

Уч фазали трансформаторларда чулғамларнинг ўзаро уланиш схемалари ва чулғамларни ўралиш йўналишларига қараб трансформатор группаларга ажратилади. Бундай группалаш амалий жиҳатдан жуда катта аҳамиятга эга. Айниқса, электр узатиш линияларида трансформаторларнинг параллел ишлашида уланишларнинг амалий аҳамияти беқиёс. Масалан, уч фазали ток системасидан маълумки, фаза ва линия кучланишларининг нисбати уланиш турига боғлиқ. Нол нуқтаси ерга уланган юлдуз схемада, фаза кучланиши линия кучланишидан  $\sqrt{3}$  марта кичик. Шунинг учун, катта кучланишли (одатда 35 кВ дан юқори) электр узатиш линиялари пасайтирувчи трансформаторнинг кириш чулғамларини юлдуз схемада улаш

фазаларда кучланиш камроқ бўлишини ва мос ҳолда изоляциянинг ҳам арзонроқ бўлишини таъминлайди.

Бундан ташқари трансформаторнинг асосий кўрсаткичи-трансформация коэффициенти кириш ва чиқиш кучланишларининг нисбатига тенг бўлиб, (9.5) муносабатга кўра фаза ва линия кучланишлари бўйича трансформация коэффициентлари бир хил

$$\frac{U_{1\Phi}}{U_{2\Phi}} = \frac{n_1}{n_2} = k_{\Phi} \quad \text{ёки} \quad \frac{U_{1Л}}{U_{2Л}} = \frac{n_1}{n_2} = k_{Л}$$

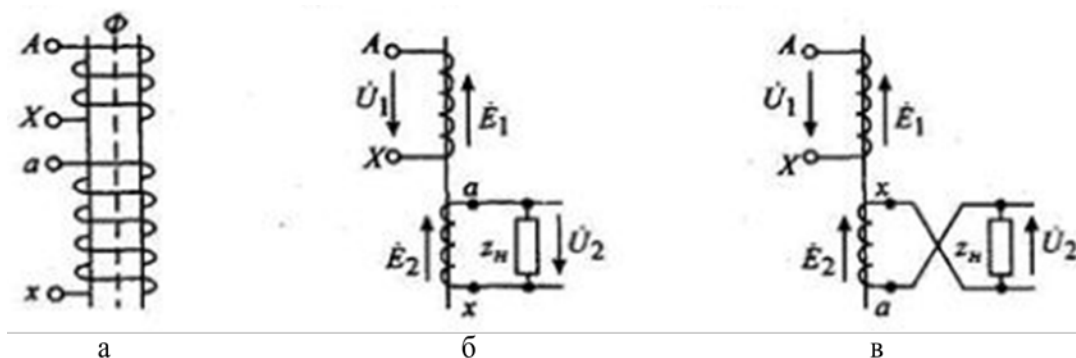
яъни  $k_{\Phi} = k_{Л}$

Чулғамлар (Y/ Δ) схемада уланганда  $k_{Л} = \sqrt{3}k_{\Phi}$ . Чулғамлар (Δ /Y) схемада уланганда эса  $k_{Л} = \frac{k_{\Phi}}{\sqrt{3}}$ .

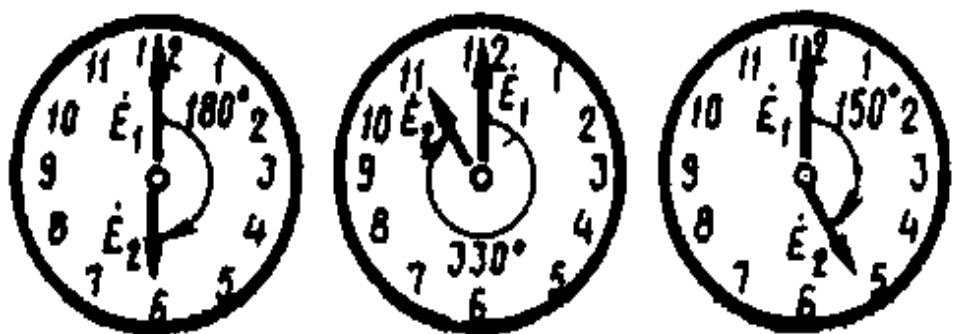
Чулғамларнинг уланиш схемаларидан ташқари бу чулғамларнинг ўзакда қандай йўналишда ўралгани ҳам аҳамиятлидир. Кириш ва чиқиш чулғамларининг ўзакдаги ўралиши йўналишига ва чулғамларнинг уланиш схемаларига қараб, трансформаторлар уланиш туркумларига (группаларга) ажратилади. Бу туркумларда кириш ва чиқиш кучланишлари фазалари билан фарқланади. Бу фарқ эса, чулғамларнинг ўралиш йўналишларини ва чулғам учларини қандай танлашга қараб юзага келади. Масалан 5.17- а расмдаги ўзакда чулғамлар бир томонлама ўралган ва чулғам учларининг белгиланиш тартиби ҳам бир томонлама А, Х, а, х тартибда (тепадан пастга қараб) йўналади. Бу чулғамлардаги кучланишлар (кириш кучланиши  $U_1$ , чиқиш кучланиши  $U_2$ ) ҳам бир томонга йўналган (5.17-б расм). Ўзакдан магнит оқими ҳар икки (кириш ва чиқиш) чулғамни бир томонга қараб кесиб ўтади. Демак ҳар икки чулғамдаги электромагнитик жараёнлар бир фазада кечади. Яъни ҳосил бўлган  $E_1$  ва  $E_2$  индукцион э.ю.к. ларнинг фазалари ҳам бир хил (бир томонга йўналган), 5.17- б расмга қаранг. Электромагнитик индукция қонунига кўра  $E_1$  ва  $E_2$  индукцион э.ю.к.лар  $U_1$ ,  $U_2$  кучланишларга нисбатан  $180^\circ$  бурчакка силжиган (қарама-қарши).

Уланиш схемаларида туркумларни белгилаш учун соатнинг минут ва соат стрелкаларидан фойдаланиш қулай. Бунда соат ва минут стрелкалари орасидаги бурчак кириш ва чиқиш кучланишлари орасидаги фаза силжишини билдиради. Масалан, фаза силжиши  $30^\circ$  бўлса, 11 билан белгиланади, чунки соат  $11^{00}$  да стрелкалар орасидаги бурчак  $30^\circ$  бўлади,  $180^\circ$  бўлса соат  $6^{00}$  га мос келади ва ҳоказо.

5.17 расмдаги уланиш группасида чулғамлар (Y/Y) схемада уланган бўлса, бундай группалаш Y/Y-12 деб, агар чулғамлар ( $\Delta/\Delta$ ) схемада уланган бўлса, бундай группалаш  $\Delta/\Delta$ -12 деб белгиланади, чунки соат  $12^{00}$  да минут ва соат стрелкалари устма- уст тушади, ёки улар орасидаги бурчак  $0^\circ$  га (ёки  $360^\circ$  га) тенг.



5.17-расм. Чулғамларнинг уланишини группалашга доир: а-чулғамларнинг ўралиши ва чулғам учларининг белгиланиши; б-чулғамлар даги кучланиш ва э.ю.к. лар йўналиши; в-группани ўзгартириш.



Группа 6

группа 11

группа 5

5.18-расм. Группалашни соат миллари бўйича белгилаш.

Бундай группалар амалда кўп бўлиб, улардан 12 тасини алохида ажратиб кўрсатиш мумкин. Бу уланиш туркумлари Y/  $\Delta$ -1, Y/  $\Delta$ -1, Y/ Y -2,  $\Delta$  /  $\Delta$ -2, ва 12 гача. Тўла бурчак  $360^\circ$ , унинг 1/12 қисми  $30^\circ$ , шунинг учун

группаларда кириш ва чиқиш кучланишлари фаза силжишлари группа рақамини  $30^\circ$  га кўпайтириб ҳосил қилинади. Масалан,  $Y/\Delta-1$  группада фазалар фарқи  $30^\circ$ ,  $Y/\Delta-9$  группада фазалар фарқи  $270^\circ$  ва ҳоказо.

5.1-жадвалда 12 та группанинг уланиш схемаси, вектор диаграммаси ва трансформатордаги чулғам учларининг жойлашуви келтирилган.

5.1 Жадвал

Группалаш	Уланиш	Уланиш схемаси	Вектор диаграмма	Чулғам учларининг трансформатордаги жойлашуви
1- Группа	$Y/\Delta-1$			
	$\Delta/Y-1$			
2- Группа	$Y/Y-2$			
	$\Delta/\Delta-2$			
3- Группа	$Y/\Delta-3$			
	$\Delta/Y-3$			

4- Группа	Y/Y -4			
	$\Delta/\Delta$ -4			
5- Группа	Y/ $\Delta$ -5			
	$\Delta$ / Y -5			
6- Группа	Y/Y-6 $\Delta$			
	$\Delta/\Delta$ -6			
7- Группа	Y/ $\Delta$ -7			
	$\Delta$ / Y -7			



8- Группа	Y / Y -8			
	$\Delta/\Delta$ -8			
9- Группа	Y / $\Delta$ -9			
	$\Delta$ / Y -9			
10- Группа	$\Delta/\Delta$ -10			
	Y / Y -10			
11- Группа	Y / $\Delta$ -10			
	$\Delta$ / Y -10			
12- Группа	Y / Y-10			
	$\Delta/\Delta$ -10			

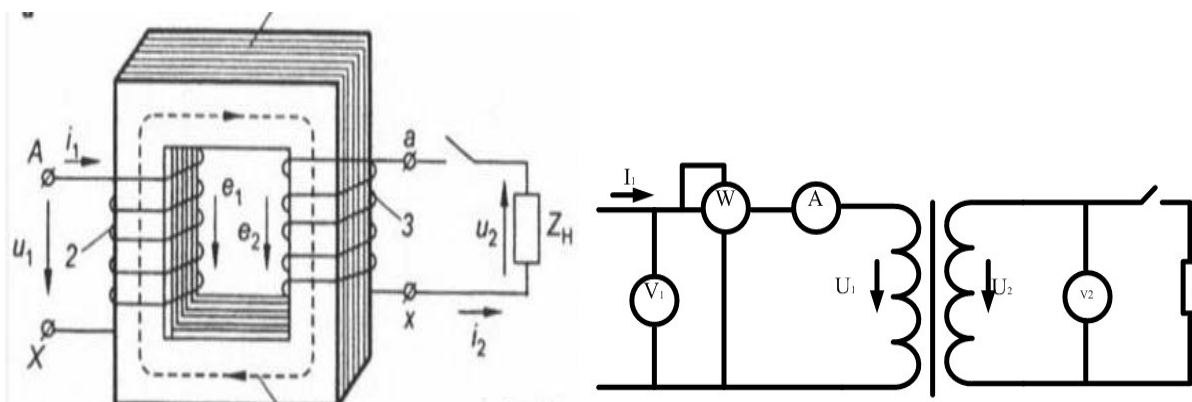
Жадвалдан шу нарса кўринадики, группаларни чулғамлар ўралиш йўналишларини ўзгартириб ҳам, ёки учларни тескарисига танлаб ҳам ҳосил қилиш мумкин. Масалан,  $\Delta/\Delta$ -12 группада чулғамлар чап томонлама ўралган, агар чиқиш чулғамларини тескари ўралса  $\Delta/\Delta$  -6 группа келиб чиқади,  $\Delta/\Delta$ -10 группадан худди шундай усулда  $\Delta/\Delta$ -4 группани,  $\Delta/\Delta$ -8 группадан  $\Delta/\Delta$ -2 группани ҳосил қилиш мумкин. Ёки худди шундай усул билан  $Y/\Delta$ -5 группани  $Y/\Delta$ -11 группага айлантириш мумкин.

Қайд этилган группалардан  $Y/Y$ -12 ва  $Y/\Delta$ -11 группалар амалда энг кўп ишлатилади, ҳамда шу уланиш группалари учун стандартлар қабул қилинган. Трансформаторлар ишлаб чиқаришда ҳам айнан шу группага асосий эътибор қаратилади. Зарурат туғилганда, бошқа группаларни чулғамларни қайта ўзаро улаш йўли билан ҳосил қилиш мумкин.

### 5.7. Трансформаторларнинг иш режимлари.

Трансформаторларда учта асосий иш режимларни ажратиш мумкин, булар: салт иш режими, номинал режим ва қисқа туташув режими.

**Салт режим.** Бу режимда трансформаторнинг кириш чулғами номинал кучланишли тармоққа уланган, лекин чиқиш чулғами ҳали истеъмолчига уланмаган бўлади 5.19-расм. Трансформаторнинг салт иш режимида трансформация коэффициенти ва пўлат ўзақда магнит майдон ҳосил бўлишидаги кувватнинг исрофи аниқланади.



5.19-расм. Трансформаторни салт иш режими (а) ва трансформаторни салт режимда текшириш схемаси (б).

Кириш чулғами кучланишининг ( $V_1$  вольтметрнинг кўрсатиши) чиқиш чулғами кучланишига ( $V_2$  вольтметрнинг кўрсатиши) нисбати трансформаторнинг трансформация коэффициентини  $k$ -ни беради. (5.5) формула орқали аниқланувчи  $k$  коэффициент трансформаторнинг айнан салт иш режимига кўпроқ мос келади. 9.15-схемадаги ўлчов асбоблари кўрсатишлари орқали трансформатор кириш чулғами қаршиликларини аниқлаш мумкин (кириш чулғамидаги актив  $P_0$  қувватни  $W$ -ваттметр орқали, кириш чулғамидаги  $i_0$  ток кучи  $A$ -амперметр орқали ўлчанади).

$$\text{чулғамнинг актив қаршилиги} \quad r_0 = \frac{P_0}{i_0^2},$$

$$\text{чулғамнинг тўла қаршилиги} \quad z_0 = \frac{U_1}{i_0},$$

$$\text{чулғамнинг индуктив қаршилиги} \quad x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}.$$

$$\text{чулғамидаги тўла қувват} \quad S = U_1 i_0.$$

$$\text{салт режим қувват коэффициенти} \quad \cos \varphi = \frac{P_0}{S}.$$

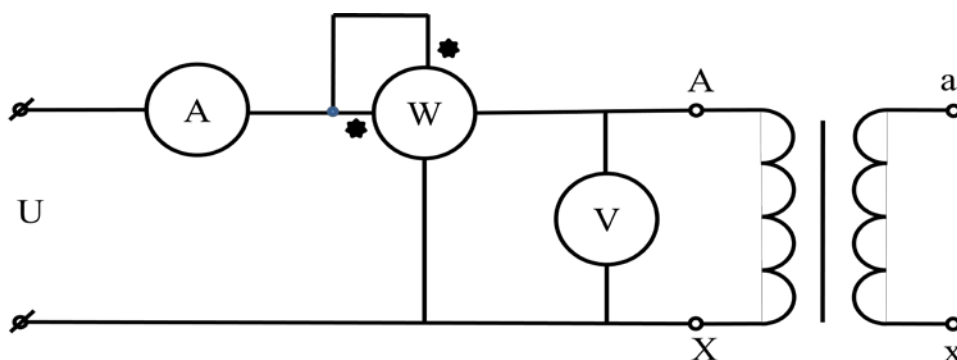
**Қисқа туташув режими.** Трансформаторнинг қисқа туташув режими авария режимига киради. Бунда, чиқиш чулғами учлари қисқа туташган бўлиб трансформатор чулғамларидан жуда катта ток оқиб ўтади. Бу ток натижасида чулғамлар қаттиқ қизиб кетади ва изоляция ишдан чиқади. Чунки чиқиш чулғамининг қаршилиги нолга тенг бўлиб, чулғам учларидаги кучланиш ҳам нолга тенг бўлади ундаги Амалиётда трансформаторнинг чиқиш чулғамларидаги (истеъмолчи занжиридаги) қисқа туташувлар содир бўлиб турадиган ҳолат. Шунинг учун бундай ҳолатларда трансформаторни химоялаш учун қўшимча воситалар (қисқа туташув сақлагичлари) ишлатилади. Трансформатор чулғамларидаги қувват исрофларини аниқлаш учун трансформаторни қисқа туташув тажрибаси ўтказилади. Бу режимда шунингдек, трансформаторни механик ва термик жиҳатдан мустаҳкамлигини таъминлаш, химоя воситаларини яратиш ва уларни тўғри ишлашини

таъминлаш учун зарур бўлган технологик катталикларни ҳам аниқлаш мумкин.

Қисқа туташув тажрибасини ўтказиш учун бирламчи чулғамга номинал кучланишга қараганда анча кам кучланиш берилади ва чиқиш чулғамлари қисқа туташтирилади. Бунда кириш чулғамига берилган кучланиш шундай танланадики, чиқиш чулғамлари қисқа туташтирилган ҳолатда кириш чулғамидан ўтаётган ток трансформаторнинг номинал токига тенг бўлиши керак. Айнан шу камайтирилган кучланиш трансформаторнинг қисқа туташув кучланиши  $-U_{кт}$  деб юритилади ва трансформатор номинал кучланишига нисбатан фоизларда ифодалади.

Одатда  $U_{кт}$  – қисқа туташув кучланишининг  $U_H$  - номинал кириш кучланишига нисбати  $U_{кт} / U_H = 0,05-0,1$  ораликда ўзгаради. Бу нисбат кириш чулғами кучланиши ва трансформатор қуввати ошиши билан ортиб боради.

Демак, қисқа туташув пайтида трансформатор чулғамларидаги ток кучи номинал ток кучига нисбатан 10-20 марта ортиб кетиши мумкин.



5.20-расм. Трансформаторни қисқа туташув иш режимида текшириш схемаси.

Қисқа туташув тажрибасида, 5.20-расм, трансформатор чиқиш чулғамининг а, х учлари қисқа туташтирилади. Кириш чулғамига эса ўлчов қурилмалари уланади. Тажрибада аниқланган  $I_k$  - қисқа туташув токи,  $U_k$  – қисқа туташув кучланиши ва  $P_k$  – қисқа туташув актив қувватидан фойдаланиб, салт режимдаги каби, трансформатор чулғамининг  $Z_k$  - тўла,  $X_k$  - реактив ва  $r_k$  - актив қаршилик ларини аниқлаш мумкин.

**Номинал режим.** Трансформаторнинг номинал режими ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланган ва трансформатор паспортида

кўрсатилган шартларнинг бажарилишидир. Трансформаторнинг ишлаши жараёнида кўрсаткичларнинг ишлаб чиқарувчи томонидан белгиланган меёрларда бўлиши трансформаторни узок муддат самарали ишлашини таъминлайди. Шунинг учун ҳам номинал режимни таъминлаш амалий жихатдан жуда мухим техник ва иқтисодий аҳамиятга эга. Трансформаторнинг номинал режими параметрлари трансформатор паспортида кўрсатилган бўлади.

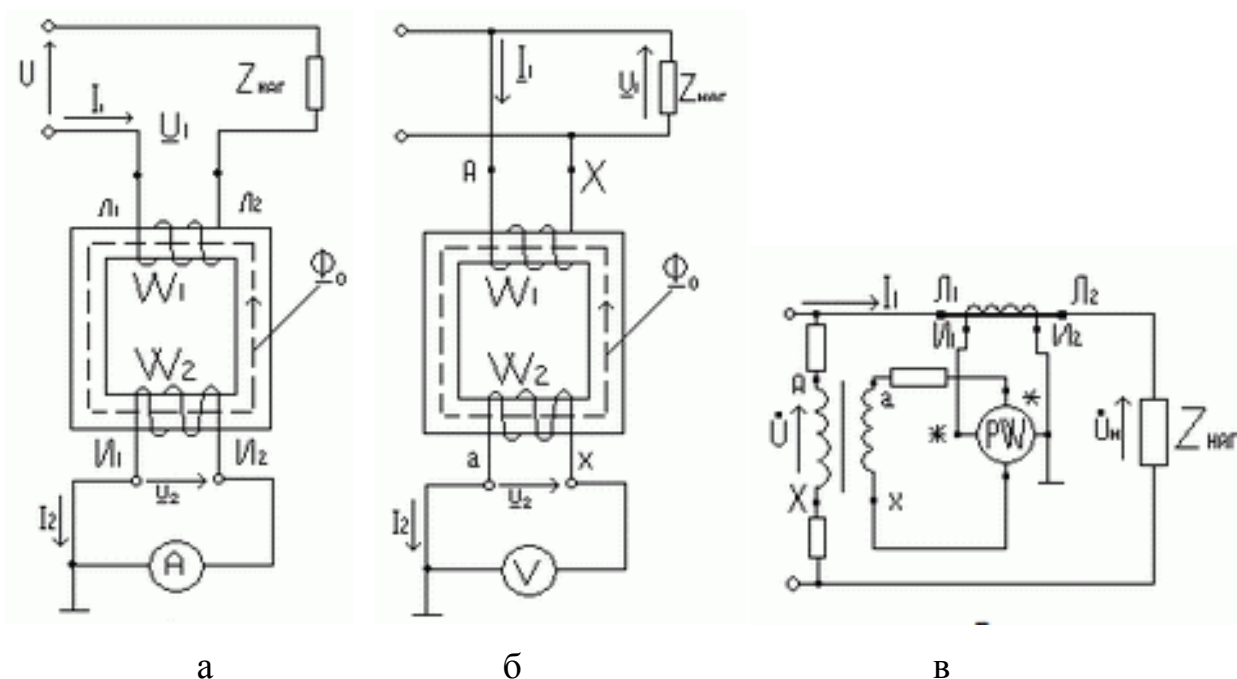
### **5.8. Трансформаторнинг турлари**

Амалда ишлатилувчи трансформаторлар тузилишига кўра ва ишлатилиш соҳаларига кўра турлича бўлиши мумкин. Конструкциян тузилишига кўра трансформаторлар бронли ва стерженли турларга бўлинади 5.13-расмга қаранг. Ток тури бўйича бир фазали ва уч фазали бўлиши мумкин. Ишлатилиш соҳаларига қараб, ўлчов трансформаторлари, тақсимловчи трансформаторлар, автотрансформаторлар ва қурилмаларнинг ток таъминоти трансформаторлари (куч трансформаторлари) каби турларга бўлиш мумкин.

#### **Ўлчов трансформаторлари.**

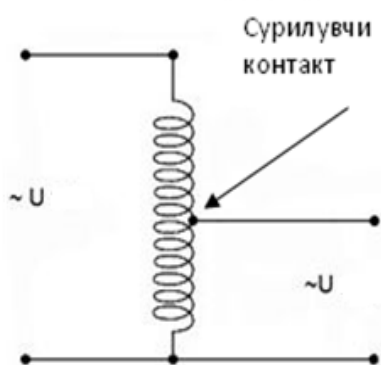
Мавжуд электр ўлчов қурилмалари ёрдамида баъзан айрим ўлчовларни амалга оширишнинг имконияти бўлмаслиги мумкин. Яъни ўлчов қурилмасининг чегараси бунга мос келмаслиги мумкин. Айниқса, катта кучланиш ва тоқларни ўлчашда бундай ҳолатлар кўп учрайди. Шу пайтда трансформатор ёрдамида ток ёки кучланишни камайтириб ўлчаш ўлчов ҳавфсизлигини таъминлаш билан бирга ўлчов ишларини арзонлаштиради. Бунда ток ёки кучланиш трансформаторининг трансформация коэффициентини билишнинг ўзи етарлидир. Натижада трансформатор ўлчовларни қурилмасининг ўлчаш диапазонини кенгайтиради. Ўлчовнинг ҳақиқий натижасини олиш учун ўлчов қурилмаси кўрсаткичини трансформаторнинг трансформация коэффициентига кўпайтирилади.

Трансформатордан кучланиш ёки ток кучини ўлчашда фойдаланиш учун уни схемага кучланиш ёки ток трансформатори каби уланади 5.21-расм.



5.21-расм. Ток, кучланиш ва қувватни ўлчов трансформаторлари ёрдамида ўлчаш.

**Автотрансформатор.** Автотрансформаторда кириш чулғамнинг бир қисми бир вақтда чиқиш чулғам бўлиб ҳам хизмат қилади. Бунда трансформация коэффициенти ўзгарувчан бўлиб, қўзғалувчан контактнинг ҳолатига қараб чиқиш кучланиши 0 дан  $U_{\text{кир}}$  кучланишигача ўзгариши мумкин 5.22-расм.



5.22-расм. Автотрансформаторнинг тузилиши в а умумий кўриниши.

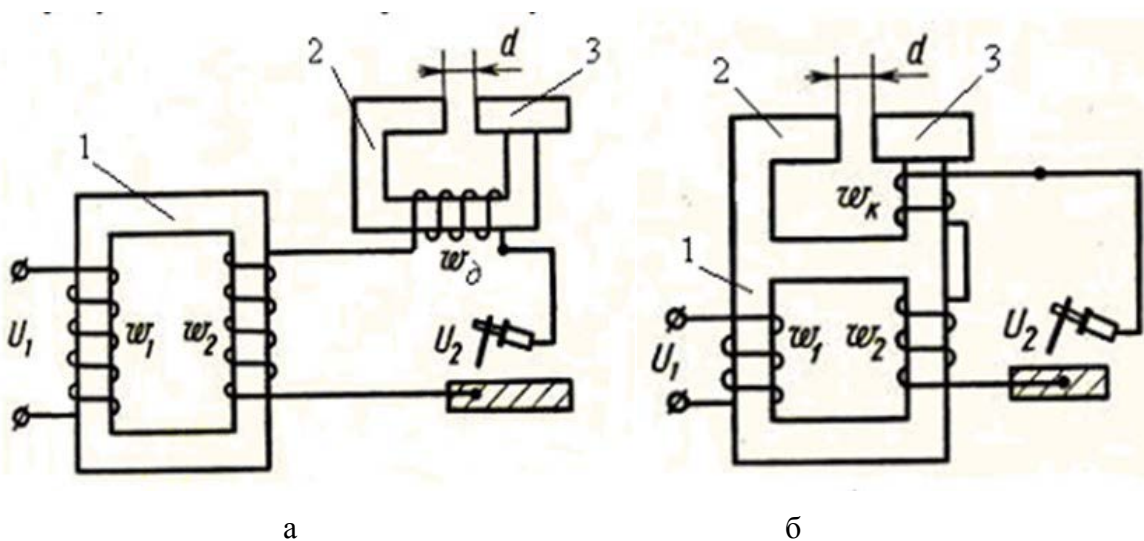
Автотрансформаторлар кучланишни бир текис ўзгартириш зарурати мавжуд ҳолларда, масалан лаборатория шароитларида кенг ишлатилади.



## Пайвандлаш трансформаторлари.

Пайвандлаш трансформаторлари электр ёйи ҳосил қилиш учун мўлжалланган пасайтирувчи трансформатордир. Бундай трансформаторлар бир фазали ёки уч фазали бўлиши мумкин. Пайвандлаш токига қараб трансформаторлар катта ва кичик қувватли бўлиши мумкин. Кам қувватли, бир фазали токда ишловчи пайвандлаш трансформаторларининг чиқиш чулғамида ток кучи 200 А гача бўлиши мумкин. Бундай трансформаторлар 6мм гача қалинликдаги металлارни пайвандлаши мумкин. Катта қувватли уч фазали трансформаторларнинг чиқиш чулғамлари эса 600А гача токда ишлаши мумкин.

Пайвандлаш трансформаторларида чиқиш чулғами токи катта бўлади, кучланиш эса 70 В гача бўлиши мумкин. Чиқиш чулғами токини бошқариш учун трансформаторларда қўшимча ўзак ишлатилади 5.23-расм. Бу ўзакка ўралган чулғамнинг индуктив қаршилигини қўшимча ўзакдаги  $d$  тирқишни ўзгартириш усули билан ростлаш мумкин. Трансформаторнинг қўшимча ўзаги алоҳида 5.23- а расм, ёки асосий ўзакнинг бир қисми бўлиши мумкин 5.23- б расм.



5.23-расм. Пайвандлаш трансформатори. 1-асосий ўзак, 2-ток ростлаш ўзаги, 3- ўзакнинг кўзгалувчан қисми.

## **Трансформаторларнинг паспорт кўрсаткичлари**

Ишлаб чиқарувчи томонидан трансформаторнинг паспорт кўрсаткичларида асосан қуйидаги катт алиқлар кўрсатилган бўлади:

трансформаторнинг тўла қувват (кВА);

паст кучланиш чулғами кучланиши (кВ);

юқори кучланиш чулғамининг номинал токи (А);

паст кучланиш чулғамининг номинал токи (А);

ток частотаси (Гц);

фазалар сони (уч фазали, бир фазали);

чулғамлар уланиш гурухлари ва схемаси;

чулғамларнинг совутилиш усули;

юклама режими (узок муддатли ёки қисқа муддатли);

қисқа туташув кучланиши (%);

трансформаторнинг жойлашуви шароити (очиқда ёки бино ичида);

қисқа туташув кучланиши (%);

қисқа туташувдаги қувват исрофи (Вт);

салт иш режими токи (А );

салт иш режимидаги қувват исрофи (Вт);

трансформатор массаси (кг);

мойли трансформаторлар учун мойнинг массаси (кг);

трансформаторнинг геометрик ўлчамлари.

## **Таянч иборалар**

Уюрмали ток, ўзак, чулғам, магнит оқими, трансформация коэффиценти, чулғам изоляцияси, изоляцияловчи мой, автотрансформатор, паст кучланиш чулғами, юқори кучланиш чулғами, салт режим, юклама.

## Синов саволлари

1. Нима учун трансформатор статик қурилма деб аталади. Статик қурилмаларга яна мисоллар келтиринг.
2. Нима учун трансформатор ўзаклари юпка листларлардан (япроқчалардан) йиғилади ?
3. Трансформаторнинг ишлашида ўзаро индукция қонуни аҳамиятини тушунтиринг.
4. Трансформатор ўзакларини электротехник пўлатдан ясашнинг техник аҳамияти нимада?
5. Гистерезис ҳодисасини амалда қўлланилишини тушунтиринг.
6. Трансформаторларнинг ишлатилиш соҳаларини айтинг.
7. Ўлчов трансформаторлари нима мақсадда ва қачон ишлатилади?
8. Автотрансформатор нима, нима учун унинг номланишида “авто” сўзи ишлатилади?



## ОЛТИНЧИ БОБ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ

### 6.1. Асинхрон двигателлар

#### 6.1.1. Айланувчи магнит майдон ҳосил қилиш

Амалда ишлатилувчи электр двигателларнинг асосий қисмини асинхрон двигателлар ташкил этади. Асинхрон двигателнинг ишлаши эса уч фазали ўзгарувчан ток системаси ёрдамида айланувчи магнит майдон ҳосил қилишга асосланган. Шунинг учун ҳам асинхрон двигателларни ишлашини ўрганишни, айланувчи магнит майдонни ўрганишдан бошлаш мақсадга мувофиқ бўлади.

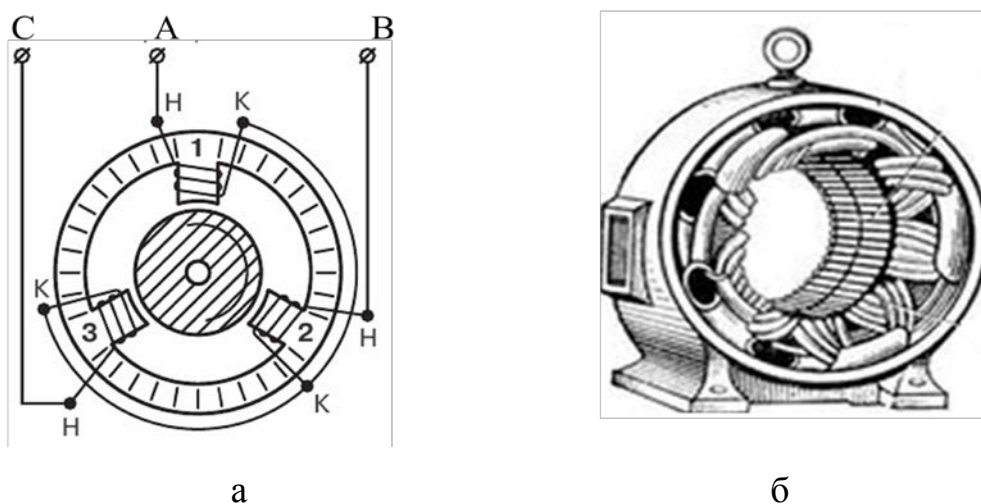
Кўп фазали системаларда айланувчи магнит майдонни ҳосил қилиш италян олими Г. Феррарис ва сербиялик машхур электротехник олим Н.Тесла томонидан яратилган. Улар бир-бирларидан беҳабар, мустақил равишда, 1888 йилда кўп фазали ўзгарувчан токда йиғинди магнит майдон айланувчан бўлишини амалда исботлаб, ҳозирги электр двигателларининг яратилишига асос солишган.



Галилео Феррарис 1847-1897 йилларда яшаб ижод этган машхур италян электротехник олими. Электромагнетизм, оптика, электромагнитик тўлқинлар ва иссиқлик техникаси соҳаларида ишлаган. Феррарис 1885-88 йилларда айланувчи магнит майдонни кашф этди, ҳамда унинг асосида ишловчи ўзгарувчан ток электр

двигателининг лаборатория моделини яратди. Унинг бу кашфиёти электротехниканинг, айниқса электр машиналарининг кейинги тараққиётида жуда муҳим роль ўйнади.

Уч фазали ўзгарувчан ток системасида айланувчи магнит майдон ҳосил қилиш учун, учта чулғамни фазода ўзаро  $120^\circ$  бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилади ва чулғамлар уч фазали токнинг А, В, С фазаларига уланади. Бунда уч фазали ток системасидаги каби фазалар ўзаро учбурчак ёки юлдуз схемада уланиши мумкин 6.1-расм.



6.1-расм. Асинхрон двигатель статорининг уч фазали чулғамлари.  
 а- учта чулғам статорда ўзаро  $120^\circ$  бурчак остида жойлашган, чулғамлар юлдуз  
 схемада уланган, Н-чулғамнинг бошланиши, К-чулғам охирлари; б-статор  
 чулғамининг умумий кўриниши.

Чулғамларга уч фазали ўзгарувчан кучланиш берилганда, ҳар бир чулғамда мос равишда ўзгарувчан магнит майдон юзага келади ва фазалардаги магнит майдонлар ҳам ўзаро  $120^\circ$  бурчакка силжиган бўлади. А, В ва С фазалардан ҳосил бўлган магнит майдон индукцияларини мос ҳолда  $B_1$ ,  $B_2$  ва  $B_3$  деб белгиласак,

$$\begin{aligned}
 B_1 &= B_m \sin \omega t; \\
 B_2 &= B_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\
 B_3 &= B_m \sin(\omega t - 240^\circ);
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

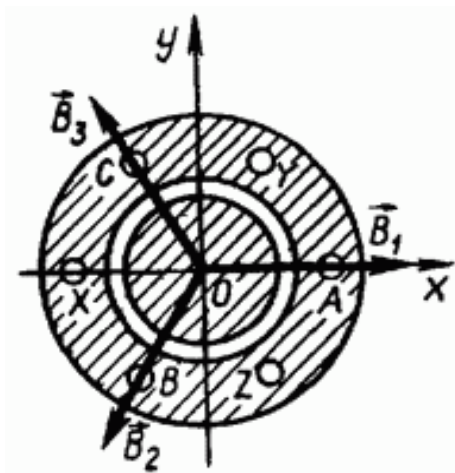
Йиғинди майдонни топиш учун  $B_1$ ,  $B_2$  ва  $B_3$  майдонларнинг х ва у ўқлари бўйича проекцияларини топиб, қўшиб чиқамиз.

Майдоннинг X ўқиға проекциялари

$$B_{1x} = B_m \sin \omega t;$$

$$B_{2x} = -B_2 \cos 60^\circ = -\frac{1}{2} B_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$B_{3x} = -B_3 \cos 60^\circ = -\frac{1}{2} B_m \sin(\omega t - 240^\circ);$$



6.2-расм. A, B, C фазаларнинг  $B_1$ ,  $B_2$  ва  $B_3$  магнит майдон индукция векторлари.

Йиғинди майдон

$$B_x = B_{1x} + B_{2x} + B_{3x}$$

Агар

$$B_{2x} + B_{3x} = -\frac{1}{2} B_m [\sin(\omega t - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ)] = \frac{1}{2} B_m \sin \omega t;$$

эканлигини ҳисобга олсак, натижавий магнит майдон

$$B_x = \frac{3}{2} B_m \sin \omega t \quad (6.2)$$

Худди шунингдек, майдоннинг y ўқиға нисбатан проекцияларини ҳам аниқлаймиз

$$B_{1y} = 0$$

$$B_{2y} = -B_2 \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} B_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$



$$B_{3y} = -B_3 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$B_y = B_{1y} + B_{2y} + B_{3y} = \frac{3}{2} B_m \cos \omega t.$$

Демак, вақтнинг ихтиёрий momentiда фазалардан ҳосил бўлган магнит майдон индукция векторлари ОХ ва Оу ўқлар бўйича қуйидаги ташкил этувчиларга эга экан

$$B_x = \frac{3}{2} B_m \sin \omega t$$

$$B_y = \frac{3}{2} B_m \cos \omega t$$

натижавий майдон эса

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \frac{3}{2} B_m \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} = \frac{3}{2} B_m. \quad (6.3)$$

Бундан кўринадикки, фазалардан ҳосил бўлган натижавий магнит майдон индукцияси вақтга боғлиқ бўлмаган ҳолда доимий катталиқдир. Унинг сон қиймати эса битта фаза ҳосил қилган индукция вектори амплитудасидан 1,5 марта катта (фазалар симметрик бўлган ҳол учун) экан.

Майдоннинг айланиш тезлигини топамиз

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_x}{B_y} = \frac{\frac{3}{2} B_m \sin \omega t}{\frac{3}{2} B_m \cos \omega t} = \operatorname{tg} \omega t$$

ёки  $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \omega t$ . Демак  $\alpha = \omega t$

$\alpha$  – бурчакни тўла бурчак (тўлиқ бир марта айланиб чиққандаги бурчак) деб карасак ва магнит майдонининг бир марта тўла айланиш даврини  $T$  деб белгиласак, ўзгарувчан токнинг тўлиқ бир марта айланиш даврига магнит майдоннинг тўла бир айланиб чиқиш даври мос келиши аён бўлади. Демак магнит майдоннинг айланиш тезлиги ўзгарувчан токнинг частотасига тенг экан. Агар айланиш тезлигини айлана /минут бирликда ифодаласак айланувчи магнит майдон  $60 \times 50 = 3000$  айл/минут тезлик билан айланади.

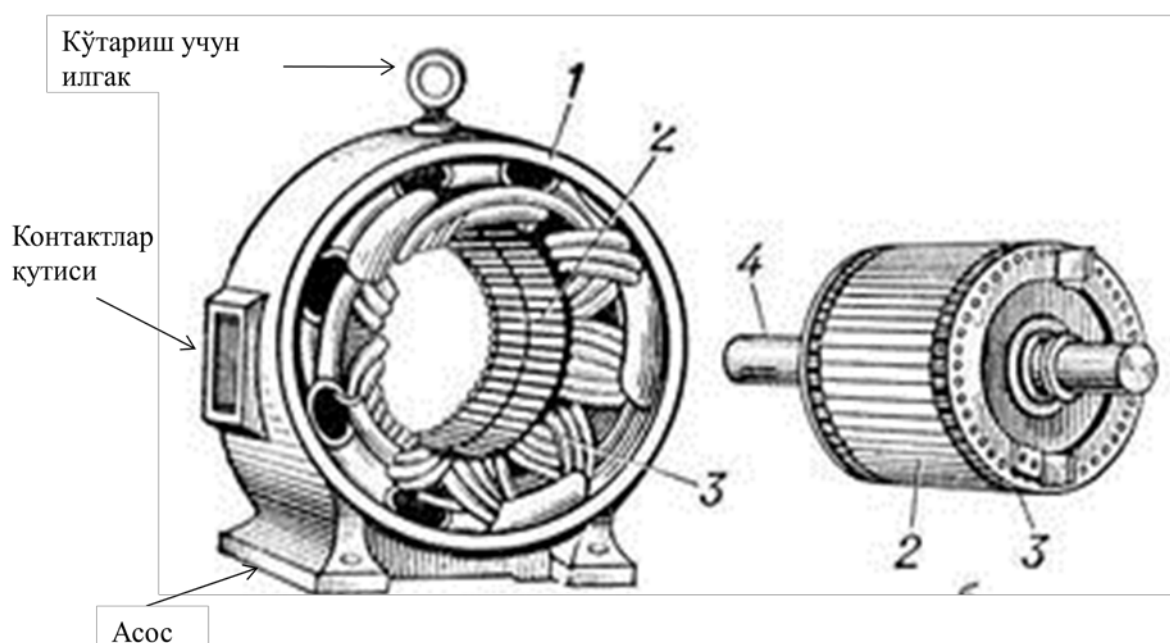
Умумий ҳолда магнит майдоннинг айланиш тезлиги

$$n_0 = \frac{60 f}{p} \quad (6.4)$$

бу ерда  $p$ - жуфт кутблар сони, яъни айланувчи магнит майдони ҳосил қилувчи уч фазали чулғамларнинг сони. Агар чулғамлар сони 6 та, яъни ҳар бир фаза иккитадан чулғамга эга бўлса  $p = 2$ , агар чулғамлар сони 9 та, яъни ҳар бир фаза учтадан чулғамга эга бўлса  $p = 3$  ва ҳоказо. Одатда асинхрон двигателларда қувватига қараб чулғамлар 24 тагача ( $p = 8$ ) ва ундан ҳам кўп бўлиши мумкин.

### 6.1.2. Асинхрон двигателнинг тузилиши

Асинхрон двигатель икки қисмдан иборат: қўзғалмас статор ва айланувчи ротор, 6.3-расм.



6.3-расм. Асинхрон двигателнинг статори (а) ва ротори (б).  
1-станина (пўлат корпус), 2-статор ва роторнинг ўзаклари,  
3- статор ва ротор чулғамлари.

**Статор**-двигателнинг қўзғалмас қисми бўлиб у станина, статор ўзаги ва ўзакка ўралган мис чулғамлардан иборат. Станина двигателнинг корпус қисми бўлиб хизмат қилади. Унда статор ўзагидан ташқари электр контактлари учун қути, катта двигателларда кўтариш учун махсус илгак ҳам жойлашган бўлади (6.4-расмга қаранг). Катта қувватли двигателларда станина асоси қалин металлдан ишланиб, уни ерга маҳкамлаш учун махсус

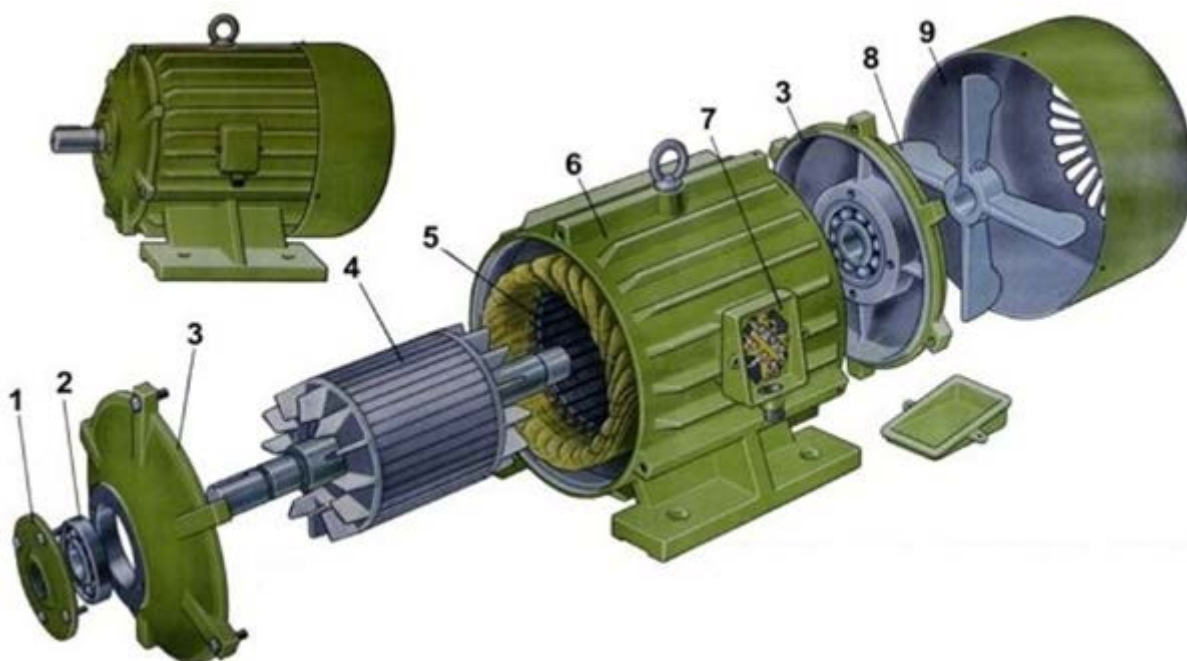




6.6-расм. Асинхрон двигателнинг фаза чулғамли ротори.  
 а- ротор ўзаги япроқчаси, б-фаза чулғамли роторнинг умумий кўриниши: 1-ўзак,  
 2-чулғам,3-контакт халқалари, 4-ротор ўқи.

Ўзакнинг ташқи сиртида чулғамлар жойлаштирилиши учун махсус чуқурчалар-пазлар мавжуд (6.6-а расм.). Ротор чулғами шу пазлар орқали ўтказиб ўралади. Роторнинг ўзаги махсус ўққа махкамланади ва шу ўқ билан бирга айланади. Ротор чулғами ташқи занжирга махсус контакт халқалари орқали уланади (6.6-б расм).

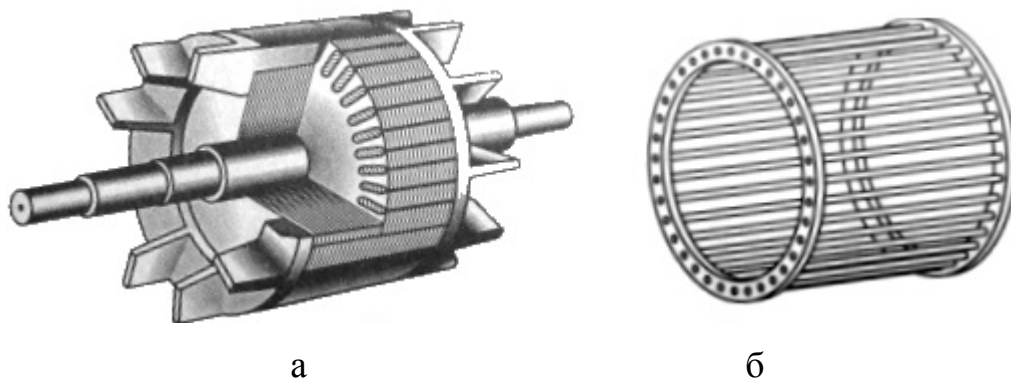
Двигателнинг умумий кўриниши, ҳамда унинг қисмларининг жойлашув тартиби 6.7-расмда кўрсатилган.



6.7-расм. Асинхрон двигатель ва унинг қисмлари.  
 1-подшипник қопқоғи, 2-подшипник, 3-статор қопқоғи, 4-ротор, 5-статор ўзаги чулғами билан, 6-станина, 7-контактлар қутиси, 8-совутиш парраги, 9-парракнинг химоя қопқоғи.

Роторнинг ўқи статор қопқоқларидаги подшипникларда осилиб туради ва эркин айланади. Роторнинг ташқи сирти ва статорнинг ички сирти оралиғидаги бўшлиқ кам қувватли двигателларда 0,3-0,35 мм, катта қувватли двигателларда эса 1-1,5 мм гача бўлади. Шунинг учун ҳам двигатель қисмларини яшаш жуда катта механик аниқликни талаб этади.

**Асинхрон двигателнинг турлари.** Асинхрон двигателлар тузилишига кўра асосан икки турга бўлинади. Бу турлар айнан двигатель роторининг тузилишлари билан фарқланади. Юқоридаги ротор (6.6-расм) фаза чулғамли ротор деб юритилади. Бундай роторли двигательни эса фаза роторли асинхрон двигатель деб аталади. Роторнинг фаза чулғамларини қисқа туташтириб йўғон симлардан (одатда мис, баъзан алюмин ёки латундан) ҳам яшаш мумкин (6.8-расм). Бундай ротор қисқа туташган ротор деб аталади.



6.8-расм. Қисқа туташган роторли асинхрон двигатель роторининг кўриниши (а) ва роторнинг қисқа туташган чулғами.

Бунда ротор анча катта тоқларда ишлай оладиган бўлади ва мос ҳолда айлантирувчи момент, демак, двигателнинг қуввати ҳам анча катта бўлади. Амалда қўлланилувчи катта қувватли асинхрон двигателлар асосан қисқа туташган роторли бўлади. Ротори қисқа туташган асинхрон двигателлар қисқа туташган роторли двигателлар деб юритилади. Қисқа туташган ротор “олмахон ғилдиракли” ротор деб ҳам аталади. Гарчи номланиши эртақдан олинган бўлсада, олмахон ғилдиракли конструкциялар техниканинг бошқа соҳаларида ҳам кенг ишлатилади.

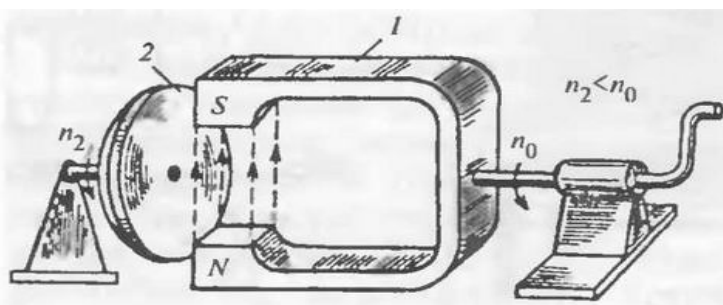


6.9-расм. Олмагон ғилдиракли конструкциялар.

Масалан вентиляторларнинг, сув транспортининг парраклари, ёки шамол ва сувда ишлайдиган қурилмаларнинг ҳаракатлантрувчи қисмлари шундай конструкция асосида қурилган.

### 6.1.3. Асинхрон двигателнинг ишлаш принципи

Двигателларнинг яратилиш тарихи аслида Араго тажрибасига бориб тақалади. 1824 йилда француз олими Ф. Араго жуда оддий тажриба орқали айланувчи магнит майдоннинг яратилишига асос солади. Унинг тажрибаси 6.10- расмда кўрсатилган. Тақасимон магнитни (1) айлантурсак, унинг яқинида жойлашган мис пластинка (2) ҳам магнитнинг айланиш йўналишида айланади. Тажрибада мис пластинка магнитдан секинроқ айланиши кузатилган. Лекин Араго мис пластинканинг магнитга қўшилиб айланишини тушунтириб бера олмаган. Бу ҳодиса кейинчалик, электромагнитик индукция қонуни асосида Фарадей томонидан таҳлил этилган.



6.10-расм. Араго тажрибаси. 1-тақасимон магнит, 2-мис пластинка.



Лекин шунга қарамай айнан шу тажриба электромагнитик индукция қонуни, айланувчи магнит майдон ва электр машиналарининг яратилишига туртки бўлган.



Ф. Араго

Доминик Франсуа Араго 1786-1853 йилларда яшаб ижод қилган француз олими ва давлат арбоби. Биринчи бўлиб темир қукунларининг токли ўтказгич яқинида магнитланишини кашф этган, кейинчалик бу тажриба Эрстед томонидан ўрганилиб токли ўтказгич билан магнит майдоннинг таъсирлашуви асосланди. Унинг айланувчи магнитнинг мис пластинкага таъсири электромагнитик индукция қонунлари ва электр машиналари яратилишига асос солди.

Араго шунингдек ёруғликнинг синиши ва қайтишида қисман қутбланиш ҳодисасини кашф қилган, турли газларнинг синдириш кўрсаткичларини аниқлаган.

Ф. Араго Бонапарт Наполеон ҳукмдорлиги даврида давлат ишлари билан шуғулланиб, ўз даврининг сиёсатчиси сифатида ҳам танилган эди.

Электромагнитик индукция қонунига кўра, ўтказгични кесиб ўтувчи магнит майдоннинг ўзгариши ўтказгичда электр токини юзага келтиради. Шунинг учун ҳам, Араго тажрибасида магнит айланганда, мис пластинкада индукцион электр юритувчи куч-электр токи ҳосил бўлган. Бу ток кейинчалик фанга уюрмали тоқлар номи билан кириб келди. Бу уюрмали тоқнинг магнит майдони тақасимон магнитнинг майдонига тортилиб, унинг ортидан айланган. Агар магнит билан мис пластинка тенг айланса, тақасимон магнитнинг майдон куч чизиқлари мис пластинкани кесиб ўтмайди, натижада пластинкада ток ҳосил бўлмайди. Шунинг учун мис пластинка доимо магнитдан секинроқ айланади. Асинхрон двигателнинг ишлаши ҳам шунга ўхшаш, фақат бунда доимий магнит ўрнида, уч фазали тоқдан ҳосил қилинган айланувчи магнит майдон ишлатилади.

Статор чулғамларида уч фазали тоқдан айланувчи магнит майдон ҳосил бўлиб  $\omega = 60f / p$  доимий тезлик билан айланиб туради. Бу айланувчи

магнит майдон ротор чулғамини кесиб ўтганда чулғамда электр токи ҳосил бўлади. Бу токнинг магнит майдони билан, айланувчи магнит майдон таъсирлашади ва натижада ротор магнит майдоннинг орқасидан эргашиб (илашиб) айланишга ҳаракат қилади. Лекин, юқорида қайд этилганидек, ротор айланувчи магнит майдон билан тенг айлана олмайди, у доимо магнит майдондан секинроқ айланади. Бошқача айтганда, роторнинг айланиш тезлиги доимо айланувчи магнит майдоннинг тезлигидан кичик бўлади. Яъни ротор ва статордаги айланувчи магнит майдон ҳар хил тезликда айланади. Айнан шунинг учун ҳам бу двигателлар асинхрон деб аталади. Синхрон двигателларда эса магнит майдон ва ротор бир хил тезликда айланади. Чунки роторнинг магнит майдони статордан мустақил равишда ҳосил қилинади. Бундай машиналар кейинроқ батафсил кўриб ўтилади.

**Сирпаниш.** Магнит майдони ва роторнинг айланиш тезликлари фарқи двигателнинг сирпаниши деб юритилади ва асинхрон двигателларнинг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади.

$$S = n_0 - n$$

бу ерда  $n$  - роторнинг айланиш тезлиги.

Одатда сирпаниш магнит майдоннинг айланиш тезлигига нисбатан фоизларда ифодаланади

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0}, \quad (6.5)$$

Амалда асинхрон двигателларда сирпаниш двигателнинг қувватига боғлиқ бўлиб, тўла қуввати 1кВА дан 1000кВА гача бўлган двигателларда 3-6% ни ташкил қилади. Бундан катта қувватли двигателларда эса сирпаниш 1-3% атрофида бўлади.

Двигателнинг сирпаниши ва статор жуфт кутблари сони маълум бўлса, роторнинг айланиш тезлиги

$$n = (1 - S) \frac{60f}{p}. \quad (6.6)$$

Ротор чулғамидаги ток сирпанишга боғлиқ, агар сирпаниш берилган ротор учун меъерий қийматдан ошиб кетса, ротор чулғами қизийди ва узок муддат ишлай олмайди. Чунки магнит майдонининг ротор чулғамини кесиб ўтиш тезлиги ортиб кетади, электромагнитик индукция қонунига асосан бу роторда ҳосил бўлган э.ю.к.нинг ҳам ва оқибатда чулғамдан оқиб ўтаётган токнинг ҳам ортиб кетишига олиб келади. Ток кучининг ортиши эса Жоуль-Ленц қонунига  $Q = I^2 R t$  асосан чулғамдан ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдорининг квадратик тарзда ортишига олиб келади. Шунинг учун ҳам двигателда ротор айланиш тезлигини камайиши двигателни ишдан чиқишига олиб келади. Роторнинг тезлиги амалда асосан юкламанинг меъёрдан ортиб кетиши туфайли юзага келади.

#### 6.1.4. Асинхрон двигателнинг характеристикалари

**Электромагнитик қувват.** Асинхрон двигателда роторни ҳаракатга келтирувчи куч Ампер кучидир (магнит майдонининг токли ўтказгичга н таъсир кучи). Бунда магнит майдони-статор чулғамларидан ҳосил бўлган айланувчи магнит майдон, токли ўтказгич эса ротор чулғами. Юқорида кўриб ўтилганидек, айланувчи магнит майдон ротор чулғамини кесиб ўтганда, роторда индукцияон ток ҳосил бўлиб, бу ток айланувчи магнит майдон билан таъсирлашади. Ўзаро таъсирлашув кучи Ампер қонунига кўра

$$F = IB \sin \alpha \quad (6.1)$$

Агар бу  $F$  куч  $r$  радиусли айлананинг  $A$  нуктасида юзага келса, 6.11-рasm, кучнинг йўналишига қараб айлананинг  $O$  марказига нисбатан  $M$  айлантирувчи момент юзага келади

$$M = Fr \quad (2)$$

ёки (6.1) ни ҳисобга олиб

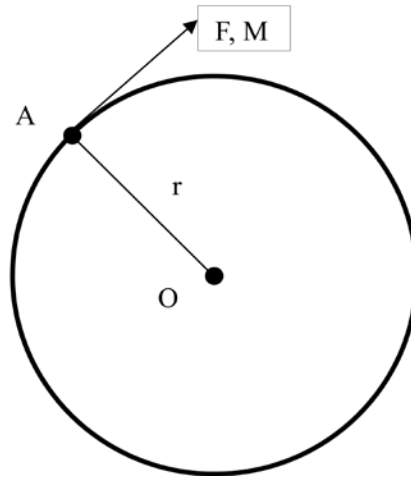
$$M = rIB \sin \alpha \quad (6.2)$$

Иккинчи томондан айланма ҳаракат динамикасидан маълумки, айлантирувчи момент  $P$  қувватга тўғри,  $\omega$  бурчак тезликка эса тескари пропорционал

$$M = \frac{P}{\omega} \quad (6.3)$$

бундан электромагнитик қувват

$$P_{эл} = M_{эл} \omega, \quad (6.4)$$



6.11- расм. Куч ва куч моментаига доир.

Бу ерда  $\omega = 2\pi n$ ,  $n$  – роторнинг айланиш тезлиги, унинг бирлиги айл/мин.  $\omega$  бурчак тезликни рад/с бирликка келтириш учун роторнинг айланишлар сонини 60 га бўлиб юборамиз:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (6.5)$$

Агар қувватни “кВт” бирликда, моментни “Н·м” бирликда ифодаласак, механик момент учун қуйидагига эга бўламиз

$$M_{ном} = \frac{9550 P_{ном}}{n_{ном}} \quad (6.6)$$

Изоҳ: айрим адабиётларда 975 коэффициент келтирилади. Бу ҳолда механик моментнинг ўлчов бирлиги кг· м деб олинган бўлади ( $9550/g = 975$ ). (6.2), (6.3), (6.5) ва (6.6) ифодалар биргаликда электр машиналаридаги электр ва механик катталикларни боғлайди. Яъни, ушбу муносабатлар орқали бирор М моментли механик система учун зарару бўлган электродвигател қуввати ва унинг айланиш тезлигини аниқлаш мумкин. Бу масалалар электр юритманинг асосларини ташкил қилади.

**Асосий кўрсаткичлар.** Асинхрон двигателнинг паспротида (ёрлиғида) унинг қуйидаги асосий кўрсаткичлари келтирилган бўлади:

$U_{\text{НОМ}}$  -номинал (ишчи ) кучланиши (В);

$P_{\text{НОМ}}$  – номинал қуввати ( Вт ёки кВт);

$n_{\text{НОМ}}$  – роторнинг номинал айланиш тезлиги (айл/мин);

$s_{\text{НОМ}}$  –номинал сирпаниш  $s_{\text{НОМ}} = (n_0 - n_{\text{НОМ}}) / n_0$  ;

$M_{\text{НОМ}}$  –двигателнинг номинал моменти;

$\lambda$ - юкланиш коэффиценти, ўлчамсиз катталиқ бўлиб, двигатель ишлаши жараёнида йўл қўйилиши мумкин бўлган қисқа муддатли максимал моментнинг номинал моментга нисбати билан аниқланади  $\lambda = M_{\text{МАХ}} / M_{\text{НОМ}}$ . Амалда кўпроқ қисқа туташган роторли асинхрон двигателлар қўлланилади, улар учун юкланиш коэффиценти асосан, 1,7-2,5 оралиқларда бўлади. Махсус ишланган двигателларда бу коэффицент 3 гача, ҳатто 4 бўлиши ҳам мумкин. Фаза роторли двигателларда юкланиш коэффицентининг диапазони бироз кенгроқ бўлиб, 1,5-3,4 оралиқда бўлади;

$M_{\text{МАХ}}$  – максимал момент ( $M_{\text{КР}}$  критик момент деб ҳам юритилади);

$\delta$ - двигателни ишга тушириш коэффиценти бўлиб, двигатель ишга тушиши пайтидаги  $M_{\text{ИТ}}$  моментнинг  $M_{\text{НОМ}}$  номинал моментга нисбати билан аниқланади  $\delta = M_{\text{ИТ}} / M_{\text{НОМ}}$ ;

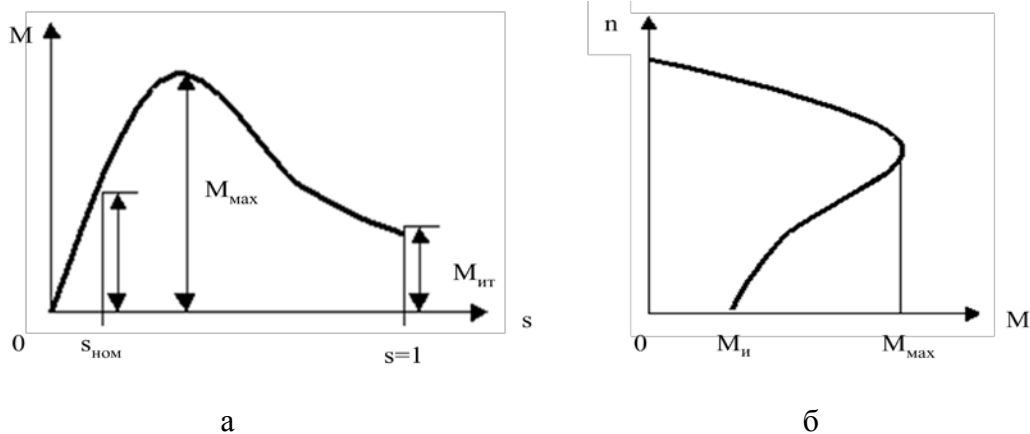
$s_{\text{КР}}$  –критик сирпаниш, двигателнинг юкланиш коэффиценти орқали аниқланади

$$s_{\text{КР}} = s_{\text{н}} \left( \lambda + \sqrt{\lambda^2 + 1} \right) \quad (6.7)$$

**Механик характеристика.** Асинхрон двигателда, двигатель валига тушаётган механик моментнинг сирпанишга боғлиқлиги  $M(s)$  механик характеристика деб юритилади.

$$M = \frac{2M_{\text{мак}}}{\frac{s_{\text{кр}}}{s_{\text{ном}}} + \frac{s_{\text{ном}}}{s_{\text{кр}}}} \quad (6.8)$$

Ушбу боғланишнинг графиги 6.12 –а расмда келтирилган.



6.12 –расм. асинхрон двигателни механик характеристикаси.

Механик характеристикани ротор айланиш тезлигининг механик моментга боғлиқлиги  $n(M)$  кўринишида ҳам ифодалаш мумкин. 6.12 –б

**Масала.** 4A90L4У3 маркали асинхрон двигателнинг асосий паспорт маълумотлари қуйидагича:

айланувчи магнит майдоннинг тезлиги  $n_1 = 1500$  айл/мин

двигателнинг номинал актив қуввати  $P_{\text{НОМ}} = 2.2$  кВт

роторнинг номинал тезлиги  $n_{\text{НОМ}} = 1425$  айл/мин

двигателнинг ф.и.к.  $\eta = 80\%$

двигателнинг қувват коэффиценти  $\cos \varphi = 0.83$

юкланиш коэффиценти  $\frac{M_{\text{max}}}{M_n} = \lambda = 2,2$

Шу маълумотлар асосида двигателнинг механик характеристикасини курамиз.

1. Номинал момент  $M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = \frac{9550 \times 2,2}{1425} = 14.74$  Н м.

2. Номинал сирпаниш

$$S_n = \frac{n_1 - n_n}{n_1} = \frac{1500 - 1425}{1500} = 0,05.$$

3. Критик сирпаниш

$$S_{\text{кр}} = S_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 1}) = 0,21.$$

4. Максимал (ёки критик) момент



$$M_{кр} = \lambda M_H = 2,2 \cdot 14,74 = 32,43 (H \cdot M)$$

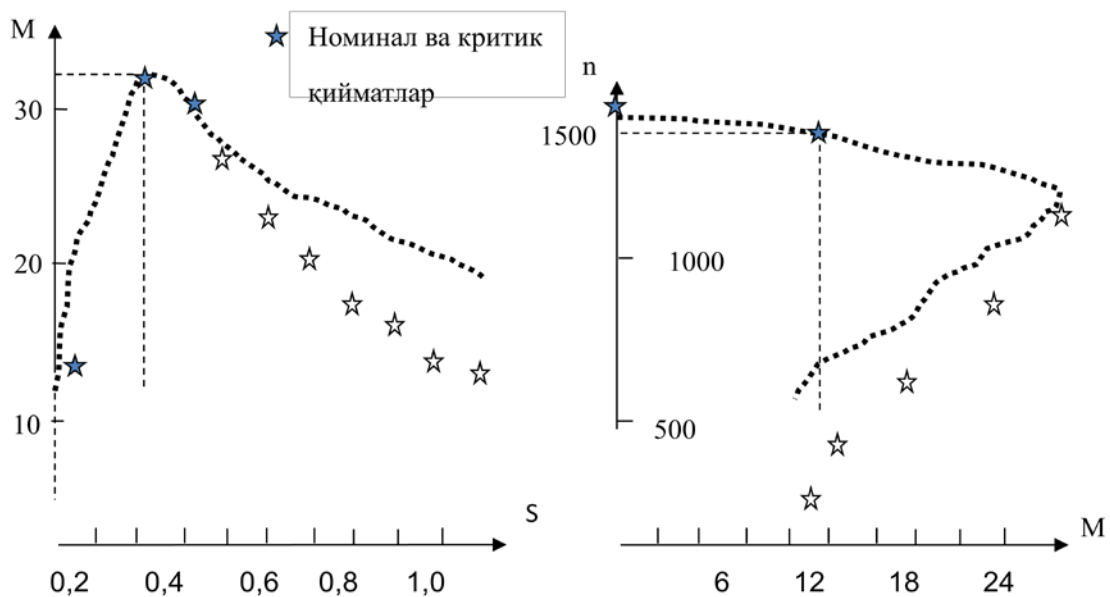
5. Боғланиш графигини чизиш учун моментнинг  $M(s_H)$  ва  $M(s_{кр})$  нуқталари етарли эмас. Шунинг учун сирпанишнинг 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ва

1.0 қийматларида ҳам  $M$ - момент ва  $n$  -роторнинг айланиш тезликларини қуйидаги формулалар асосида ҳисоблаб оламиз

$$M = \frac{2M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}} \quad \text{ва} \quad n = n_0(1 - S)$$

s	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
M Нм	32,39	30.47	26.69	23.16	20.22	17.85	15.93	14.35	13.05
n айл/мин	1200	1050	900	750	600	450	300	150	0

6. Ҳисоблаш натижалари асосида  $M(s)$  ва  $n(M)$  боғланишлар графигларини чизамиз, 6.13- расм.

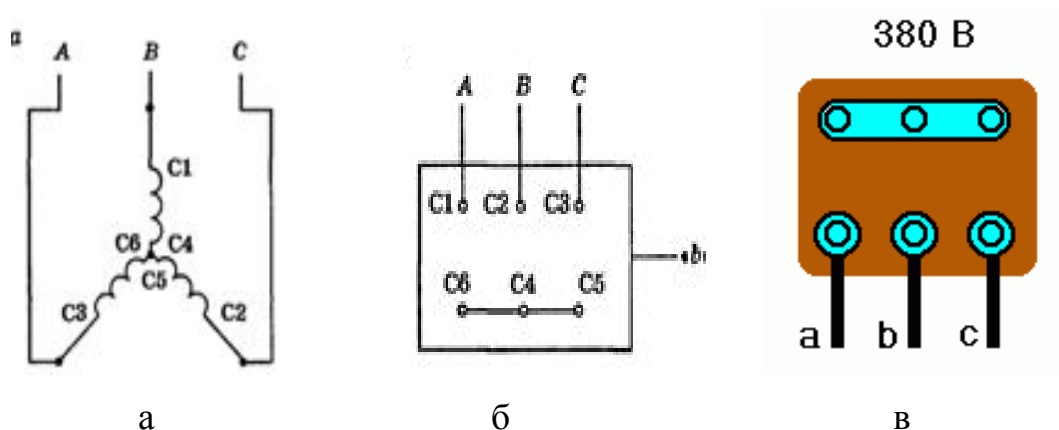


6.13 –расм. 4A90L4У3 маркали асинхрон двигателнинг паспорт маълумотлари асосида қурилган механик характеристика.

### 6.1.5. Асинхрондвигателни юргизиш ва бошқариш

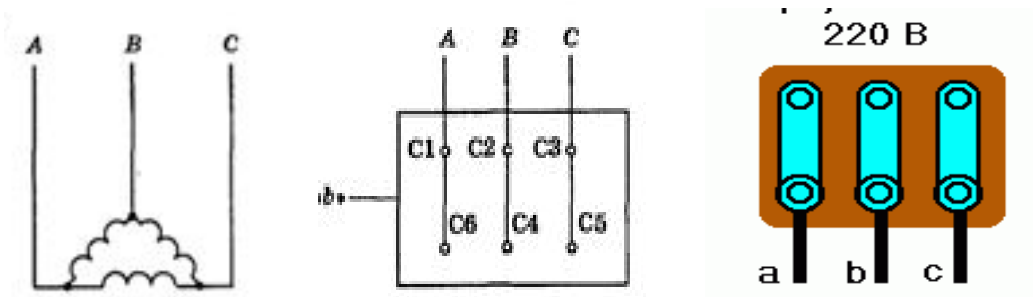
Агар сиз дўкондан телевизор, холодильник ёки бошқа уй электр анжомларини сотиб олсангиз, уни электр токига улашда муаммага учрамайсиз. Чунки бу қурилмалар бир фазали бўлиб, қурилмаларнинг икки қутбли контакт учлари(вилкаси) икки қутбли тармоқ (розеткага) уланади. Уч фазали асинхрон двигателларни уч фазали тармоққа улашда эса, олдинги бобларда кўрилган учбурчак ва юлдуз шакллардаги уланиш турларидан фойдаланилади.

Ҳар қандай асинхрон двигател уч фазали токнинг 380В ёки 220 В кучланишида ишлашга мўлжалланган. Кучланишлар двигателнинг фазалари чулғамларига берилади. Кучланишнинг 220В ёки 380 В бўлиши двигател фаза чулғамларини уч фазали тармоққа юлдуз, ёки учбурчак схемалар орқали улаш билан таъминланади. 6.14- расмда юлдуз схемада уланган чулғамлар (а), чулғам учларининг шартли белгиланишлари (б) ва двигатель контактлар қутисиди чулғамлар учларининг кўриниши (в) кўрсатилган.

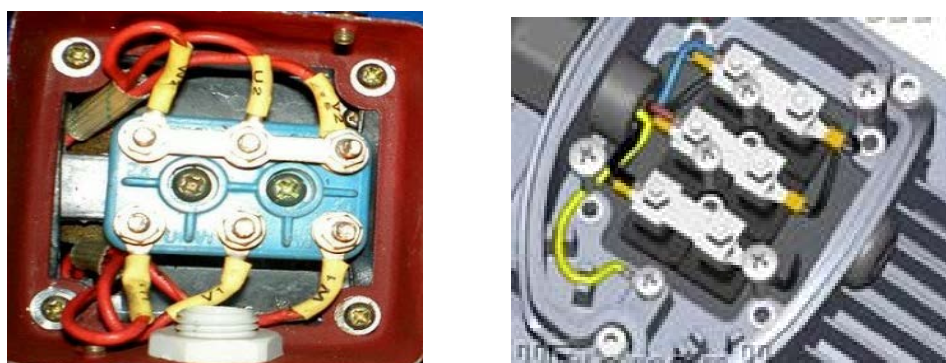


6.14- расм. Асинхрон двигатель чулғамларининг юлдуз схемада уланиши (а), чулғам учларининг уланишдаги шартли белгилари (б) ва чулғам учларининг двигатель контактлар қутисиди кўриниши (в).

Худди шундай, учбурчак уланишнинг схемаси, шартли белгиси ва двигатель контактлар қутисиди чулғам учларининг кўриниши 6.15-расмда кўрсатилган.



6.-15- расм. Асинхрон двигатель чулғамларининг учбурчак схемада уланиши (а), чулғам учларининг уланишдаги шартли белгилари (б) ва чулғам учларининг двигатель контактлар қутисидagi кўриниши (в).



а

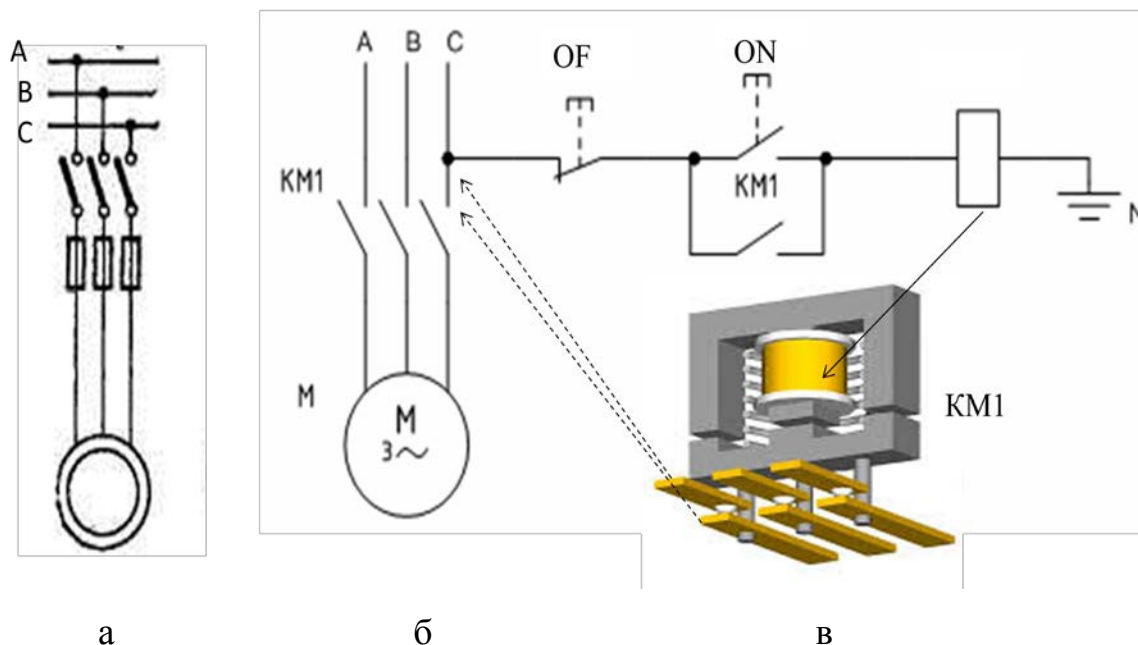
б

6.16 –расм. Чулғамлари юлдуз (а) ва учбурчак (б) схемада уланган асинхрон двигатель контактлар қутиси

Двигатель статори уч фазали чулғамларининг учлари (ҳар бир чулғамнинг иккитадан учлари, жами 6 та) двигателнинг контактлар қутисига чиқарилган бўлади 6.16-расм.

Энди двигателни уч фазали ток тармоғига улаб юргизиш ва двигателни бошқариш схемалари билан танишамиз. Асинхрон двигателни юргизишнинг энг содда схемаси двигателни тўғридан-тўғри уч фазали тармоққа калитлар орқали улашдир 6.17-а расм. Бунда двигателнинг қувватига қараб, унга мос уч фазали оддий улаб-ажраткичлар ишлатилади. Фазаларга қисқа туташувдан ҳимоялаш учун эрувчан ёки электромагнитли сақлагичлар уланиши ҳам мумкин. Аксарият ҳолларда уч фазали электромагнитик релели автомат калитлар ишлатилади.

Катта қувватли двигателларни юргизиш учун эса электромагнитик контакторлар ишлатилади. Двигатель электр тармоғига электромагнитик контактор ёрдамида уланади 6. 17- б расм.



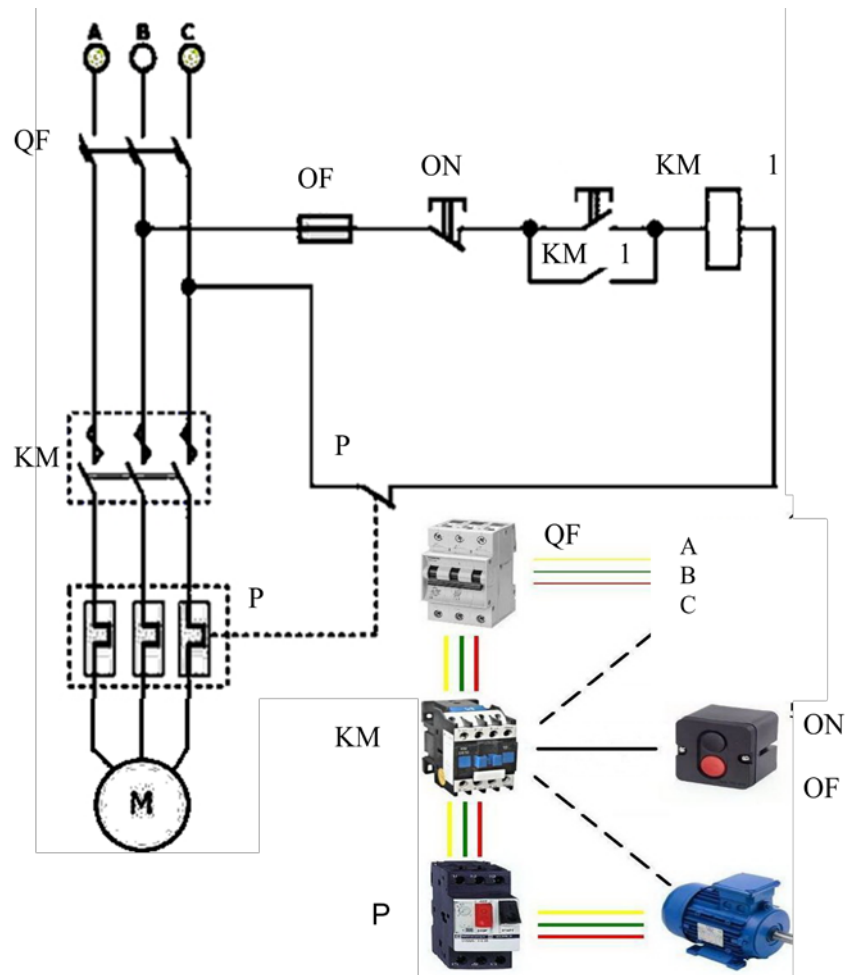
6.17- расм. Асинхрон двигателни бевосита ва электромагнитик контактор орқали юргизиш схемалари. М-электр двигатели; КМ1 электромагнитик контактор; OF, ON мос ҳолда ўчириш ва ёқиш тугмалари.

Бунда контакторнинг электромагнити (6.17- в расм) кам қувватли бўлиб, бир фазали токда 220 В кучланишда ишлайди ва кам қувватли оддий калитлар (тугмалар) орқали бошқарилади. Одатда ёқиш тугмаси (ON) ) кўк рангда, ўчириш тугмаси (OF) қизил рангда бўлади. Двигателни юргизиш қўйидаги тартибда бўлади. ON тугмаси босилганда КМ1 электромагнитнинг кўзғатиш чулғами 220 В ўзгарувчан кучланишга уланади (6.17- в расмда контакторнинг кўзғатиш чулғами стрелка билан кўрсатилган) ва электромагнит ишга тушиб, контакторда электромагнитик куч пайдо бўлади. Бу куч контакторнинг эластиклик кучига қарши иш бажариб, нормал очик контактларни улайди. Уч фазали контактларга бир томондан двигателнинг учта чулғами, иккинчи томондан А, В, С фаза симлари уланган бўлади. OF тугмаси босилганда эса, КМ1 контактор чулғами токдан узилиб, эластиклик кучи таъсирида контактлар жойига қайтади .

Контактор 380В кучланишда ҳам ишлаши мумкин, бунда бошқариш занжирига 380 В кучланиш берилади. Бунинг учун занжир уч фазали токнинг фазаларидан таъминланади. Аксарият ҳолларда, двигателнинг фаза чулғамлари қизишдан ҳимояловчи иссиқлик релелари билан ҳам жиҳозланган бўлади. Қизишдан ҳимоялаш релеларига эга 380В кучланишда ишловчи бошқариш занжирига эга двигателнинг юргизиш схемаси, схемадаги қурилмаларнинг умумий кўриниши билан биргаликда 6.18-расмда келтирилган. Двигатель ток тармоғи QF уч фазали калит орқали уланади. Бу калит двигател ва унинг бошқариш тизимларини токдан бутунлай ажратиб қўйиш учун керак. Одатда иш вақти тугаганда, таъмирлаш ва созлаш ишларини бажаришда ва бошқа зурур ҳолларда система QF калит орқали токдан узиб қўйилади. Двигателнинг уч фазали калитини (KM) электромагнитик релели контактор бошқаради. Контактор уч фазали токнинг В ва С фазаларига уланган ва 380 В кучланишда ишлайди.

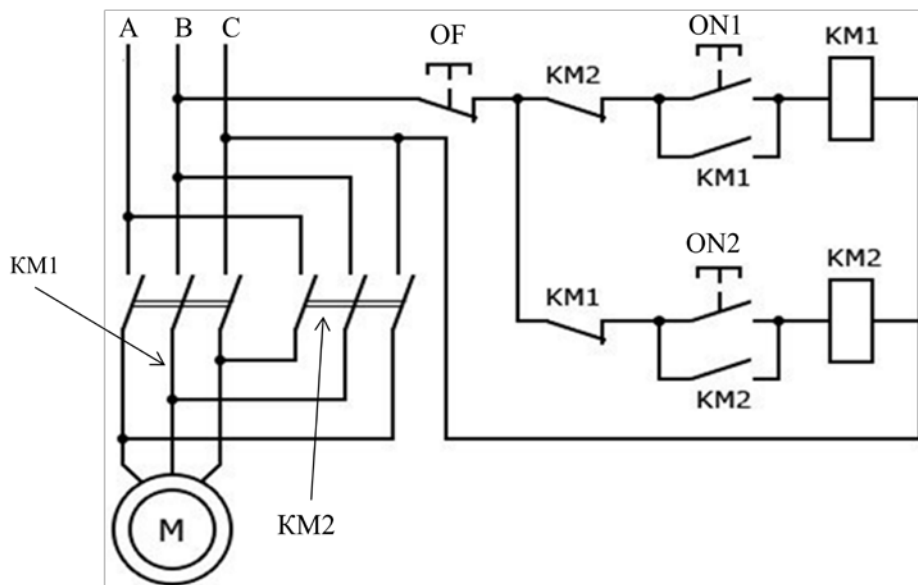
ON ишга тушириш тугмаси босилганда KM контакторнинг электромагнети ишга тушиб, нормал очиқ контактлар уланади. Қизишдан ҳимоялаш учун двигателнинг фаза симларига Р иссиқлик релелари уланган бўлади. Двигателни ўчириш учун OF тугмаси босилади (одатда бу тугма қизил рангда бўлади), бунда KM контакторнинг чулғами токдан узилади.

Асинхрон двигателлардан амалда фойдаланганимизда унинг валини (роторни) тескари томонга айлантиришга эҳтиёж туғилади. Масалан электр двигателли кранларда юкни кўтариш ва тушириш, олдинга ва орқага ҳаракатланиш, лифтлар ва ҳоказо. Двигателда роторни тескарга айлантириш двигателни реверслаш деб аталади. Уч фазали асинхрон двигателни реверслаш учун учта фазадан иккитасини ўрни алмаштириб уланади. Бунинг учун тегишли тарзда фазаларни алмаштирувчи қўшимча контактордан фойдаланилади. Иккита контакторли, реверслаш имкониятига эга асинхрон двигателнинг юргизиш схемаси 6.19- расмда келтирилган.



6.18 –расм. Асинхрон двигателни ишга тушириш.

QF — автомат-улагич; KM — контактор (электромагнит улагич); P — қизишдан ҳимоя релеси; M — асинхрон двигатель; OF- ўчириш тугмаси; ON- ёкиш тугмаси.

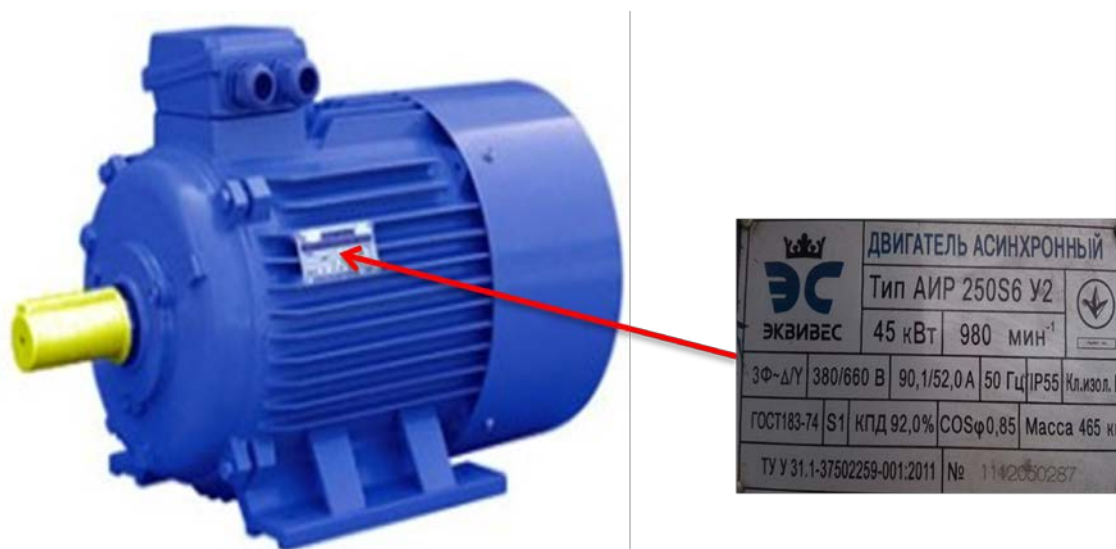


6.19- расм. Асинхрон двигателни реверслаш схемаси.



Бошқариш занжири ВС фазага уланган бўлиб, 380 В кучланиш остида ишлайди. КМ1 ва КМ2 контакторларнинг чулғамлари ўзаро параллел уланган, В ва С фазаларга боровчи контактлари эса алмашилиб уланган. Натижада КМ1 контактор двигателни бир томонга айлантурса, КМ2 контактор тескари томонга айлантиради.

**Двигатель паспорти.** Асинхрон двигателнинг паспорт маълумотлари металл ёрликқа туширилиб, (шилдик) двигатель корпусига котирилган бўлади.



6.20-расм. АИР 250 S6 У2 асинхрон двигатели ва унинг махсулот ёрлиғи.

Бу ёрликда двигателни ишлатиш билан боғлиқ бўлган барча маълумотлар келтирилган бўлади. 6.20 –расмда энг кенг тарқалган АИР 250 S6 У русумли асинхрон двигателнинг умумий кўриниши ва унинг ёрлиғи кўрсатилган. Ёрлик асосида қуйидаги паспорт маълумотларга эга бўламиз:

- двигатель тури АИР 250 S6 У2;
- тармоқдан истеъмол қилувчи актив қуввати 45 кВт;
- роторнинг айланиш тезлиги 980 айл/мин;
- ток тури, ўзгарувчан 3 фазали, чулғамлар уланиши Δ/У;
- чулғамлар кучланишлари 380/660 В;
- чулғамларнинг токлари 90,1/52,0 А;
- тармоқ частотаси 50 Гц;

IPР55-двигателнинг ишлаб чиқарилиш буюрмаси ва ГОСТ га алоқадор маълумотлар;

F – двигателни изоляция бўйича кўрсаткичи;

ГОСТ 183-74 двигателни ишлаб чиқариш бўйича ГОСТ меърий хужжатлари;

S1-двигателни иш режими бўйича тури;

двигателнинг ф.и.к. 92%;

двигателнинг қувват коэффициенти  $\cos\varphi = 0,85$ ;

двигателнинг массаси 465 кг;

двигателни серияли ишлаб чиқаришга қўйиш бўйича давлат стандартидан ўтказилган Техник Шартлар (ТУ) ТУ31.1-37502259-001:2011;

двигателни ишлаб чиқарилиш завод рақами №1142050287.

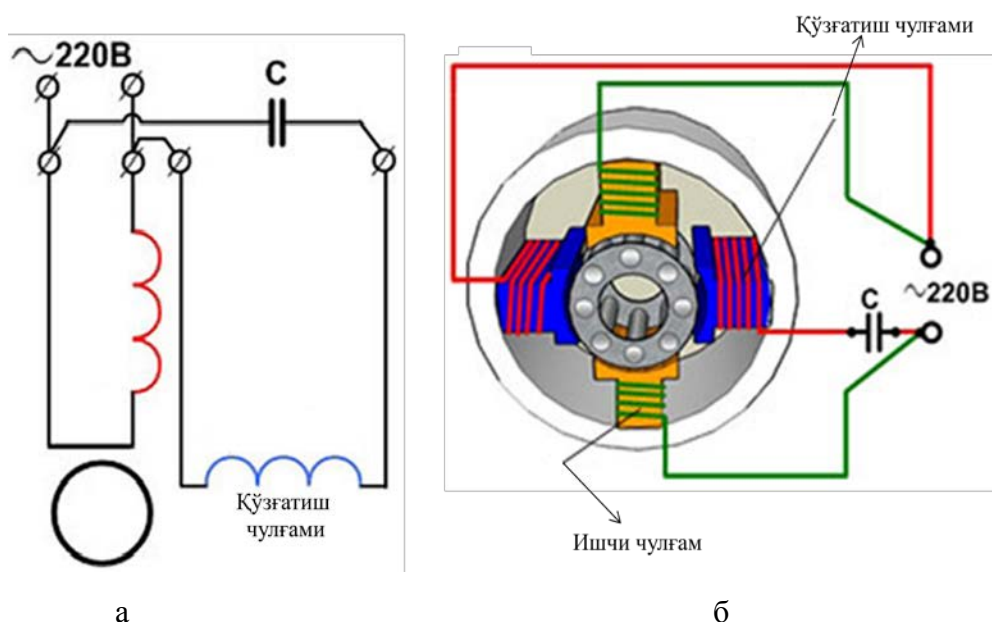
## 6.2. Бир фазали двигатель

Амалда, айниқса кам қувватли системаларда ва маиший шароитда ишлатилувчи электр қурилмаларида, асосан бир фазали двигателлар ишлатилади. Бир фазали двигатель, худди шундай қувватли уч фазали двигателга нисбатан  $\delta = M_{ит}/M_{ном}$  - ишга тушириш моменти коэффициенти-нинг кичиклиги,  $\delta = 1-1,5$  ва аксинча, ишга тушиш токи коэффициентининг  $K_I = I_{ит}/I_{ном}$  катталиги  $K_I = 5-9$ , билан фарқ қилади. Магнит майдони айланувчи бўлиши учун, статорда камида иккита чулғам бўлиши керак, шунинг учун бир фазали двигателларни ишга тушириб юборишда қўзғатиш чулғами ишлатилади.

Двигателга қўшимча қўзғатиш чулғами киритиш билан, ишга тушириш моменти коэффициенти ошириш  $\delta = 1,7-2,4$  ва ишга тушиш токи коэффициентини камайтириш мумкин  $K_I = 3-5$ .

Бир фазали ўзгарувчан ток двигателлари тузилишига кўра уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателга ўхшаш бўлади. Фақат бир фазали двигателнинг статор чулғами уч фазали эмас, балки бир фазали ишчи чулғам ва қўшимча қўзғатиш чулғамларидан иборат бўлади. Қўзғатиш

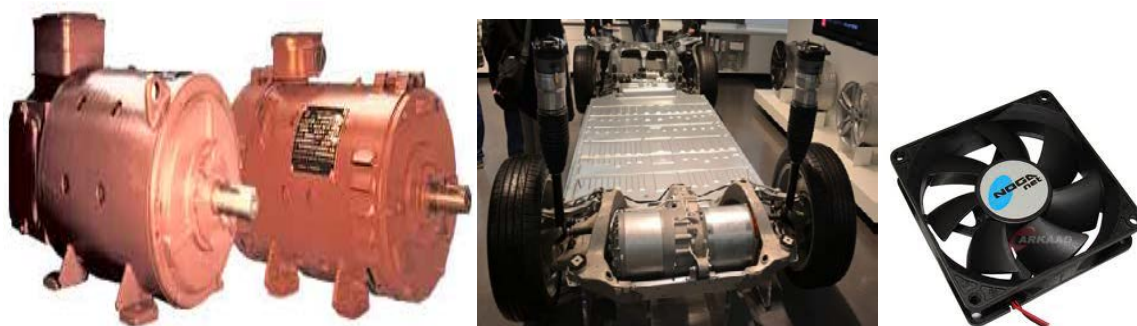
чулғамидаги кучланишнинг фазаси ишчи чулғамидагига нисбатан  $90^\circ$  бурчакка силжиган бўлади.



6.21-расм. Бир фазали двигатель чулғамлари схемаси (а) ва чулғамларнинг статордаги жойлашуви (б).

Фазани силжитиш учун одатда конденсатордан фойдаланилади. Бунда фаза силжитувчи конденсатор кўзғатиш чулғами билан кетма-кет уланади. Кўзғатиш чулғами тармоққа фақат двигателни ишга тушиш пайтида қисқа муддатда (бир неча секунд, одатда 3 с гача) улашиб туради. Двигатель ишга тушгач кўзғатиш чулғами токдан ажрайди.

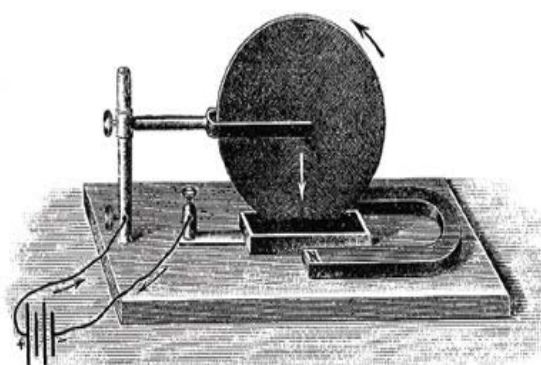
### 6.3. Ўзгармас ток машиналари



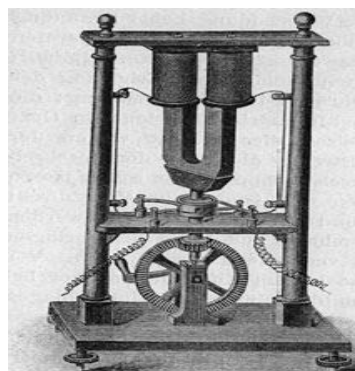
**Тарихий маълумотлар.** Ўзгармас ток машиналари ўзгарувчан ток машиналаридан анча олдин яратилган. 1821 йилдаёқ М. Фарадей электр энергиясини механик энергияга айлантириш мумкинлигини исботлаб берган эди. Шундан кейин электр машиналарини яратиш бўйича тадқиқотлар авж

олиб кетди ва 1838 йилда Б. С. Якоби томонидан биринчи ўзгармас ток двигатели яратилиб ишлатилди. Умуман олганда ўзгармас электр токи билан ўтказилган тадқиқотлар ўзгарувчан токга нисбатан узоқроқ тарихга эга, чунки ўзгармас электр токи манбалари (электр токининг кимёвий манбалари) ўзгарувчан ток генераторларидан анча олдин яратилган ва амалда ишлатиб келинган. Электр машиналари (бу ерда электр двигателлари ва электр генераторлари тенг назарда тутилмоқда) ўзининг бугунги замонавий кўринишлари билан дастлабки машиналардан унча кўп фарқ қилмайди. Уларнинг асосида Фарадейнинг электромагнитик индукция қонуни ётади. Фақатгина энг дастлабки электр машиналар тузилиши жиҳатидан бирмунча бошқачароқ бўлган.

Масалан, Борлоу ғилдираги деб ном олган электр двигателида манбанинг токи металл диск марказига ва махсус идишдаги симобга берилган. Бунда металл диск горизонтал ўққа жойлаштирилиб, унинг пастки томони симобли идишга ботиб турган 6.22-расм. Шу тариқа дискдан унинг марказидан четига томон йўналган электр токи ўтади. Энди бу дискни тақасимон магнит орасига жойлаштирадик, у айланади. Лекин бу двигател конструкцияси ноқулайлиги учун амалда тадбиқ этилмаган.



6.22-расм. Борлоу ғилдираги



6.23-расм. Ака- ука Пиксилар генератори

Изоҳ. Питер Борлоу 1776–1862 йилларда яшаб ижод этган инглиз олими. У электр машиналарини яратиш, суюқликларнинг қувурлардаги

харакати билан боғлиқ муаммолар, шунингдек металлларнинг электр каршилигини аниқлаш каби амалий масалалар билан шуғулланган.

Борлоу конструкциянинг аҳамиятли жихати шундаки, айланувчи диск ташқи занжир билан суюқли-симоб орқали уланиб туради. Шу тариқа бу конструкция жуда мухим технологик муаммони, ҳаракатланувчи ва кўзгалмас контактларни улаш (коммутация) масаласини ўртага ташлади ва кейинчалик коллекторли машиналар яратилишига туртки бўлди.

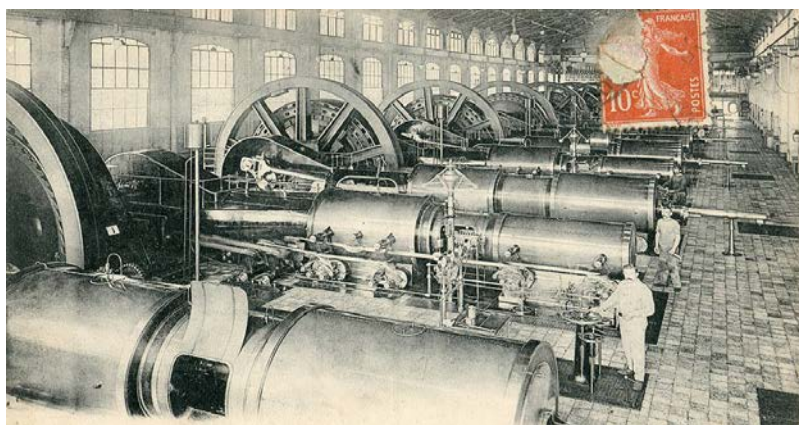
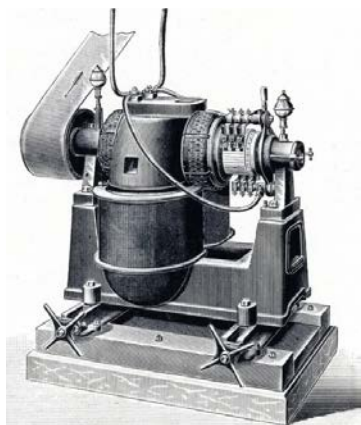
Электр машиналарининг ривожланиш тарихида электр генераторлари ва двигателлари деярли параллел ривожланиб борди. Лекин электр машиналаридан фойдаланишда дастлаб ўзгармас ток машиналари яратилган, кейинчалик эса, конструкциясининг ихчамлиги ва соддалиги туфайли ўзгарувчан ток машиналарига бўлган талаб ва қизиқиш ортиб борди.

Фарадейнинг электромагнитик индукция қонунини бевосита амалда қўллаб 1832- йилда инглиз инженерлари ака-ука Пиксилар биринчи электр генераторини яратдилар. Бу генераторда доимий магнит кутблари бир жуфт ғалтакни галма-гал кесиб ўтиб айланар эди. Кейинчалик бу генераторга коммутаторни қўллаб ўзгармас ток генератори ҳосил қилинди. Лекин генераторнинг фойдали иш коэффициенти жуда кам бўлган. Фақатгина 1856 йилда бу машина Вернер Сименс томонидан такомиллаштирилиб, катта кувватларда электр токи ишлаб чиқариш йўлга қўйилди.

Тарихда бу машина Сименс динамомашинаси деб ном олган (генераторлар яратилишининг дастлабки паллаларида ўзгармас ток генераторлари динамомашина деб юритилган). 1867-йилдан бошлаб Германияда Сименс динамомашиналарини кенг миқёсда ишлаб чиқариш йўлга қўйилган.

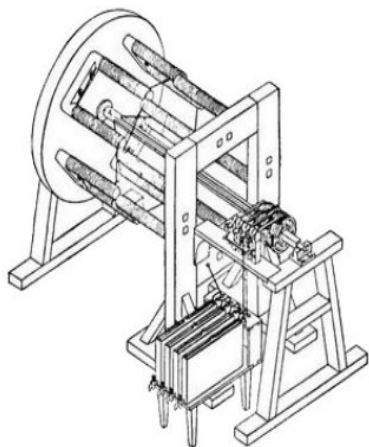
1834 йилда рус олими академик Б.С. Якоби электромагнитик индукция қонунини амалда қўллаб ўзгармас ток двигателини яратди. Бу двигатель икки гуруҳ электромагнитлардан иборат бўлиб, электромагнитнинг кутблари махсус коммутатор орқали галма-гал алмашиб турган.





6.24-расм. Сименс динамомашиниси ва буғ турбиналари ёрдамида ҳаракатга келтирилувчи, динамомашинали электр станцияси.

Ток манба сифатида гальваник элементлардан фойдаланилган. Биринчи яратилган двигателнинг қуввати 15 Вт, айланиш тезлиги 80 айл/мин бўлган.



6.25-расм.Б. Якоби двигатели ва унинг амалда қўлланилиши.

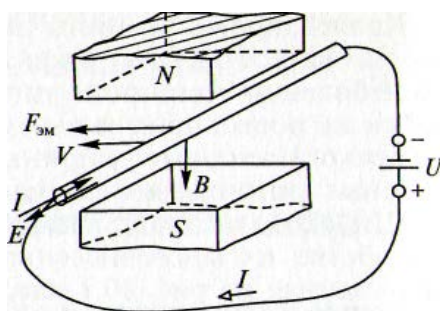
1838- йилда рус императори Николай 1 буйруғи билан Якоби қуввати 600 Вт бўлган электр двигателини яратади ва 12 кишилик кичик кеманинг ҳаракат паррагини двигатель ёрдамида ишлатади. Шу тариқа у, электр двигателларидан амалда фойдаланишни биринчи бўлиб исботлаб берди. Якобининг бу тажрибаси тезда жаҳонга тарқалади ва шундан кейин саноатда электр двигателларидан фойдаланиш кенг қўламда ривожланади.



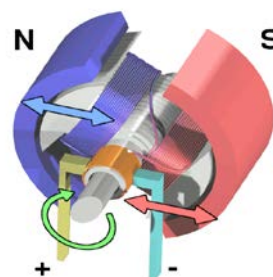
### 6.3.1. Электр машиналарида қайтувчанлик

Агар Фарадейнинг электромагнитик индукция қонунига эътибор берсак электр энергиясини механик энергияга, ёки аксинча, механик энергияни электр энергиясига айлантиришнинг механизмлари бир хил. Яъни электр машинаси ҳам, генератор ҳам двигатель режимларида ишлаши мумкин. Бу электр машиналарининг (айниқса, ўзгармас ток машиналарининг) қайтувчанлик хусусиятлари деб юритилади.

Магнит кутблари орасидаги ўтказгични (6.26- а расм)  $V$  йўналишда ҳаракатлантирилса, бу ўтказгичда расмда кўрсатилган йўналишдаги ток ҳосил бўлади (қурилма генератор сифатида ишлайди). Агар, аксинча шу ўтказгичдан расмда кўрсатилган йўналишдаги ток ўтказилса, ўтказгичга  $F_{эм}$  йўналишда Ампер кучи таъсир қилади ва ўтказгич  $V$  йўналишда ҳаракатга келади (қурилма двигатель сифатида ишлайди). Ўзгармас ток машинаси айнан шу принцип асосида ишлайди. Унинг двигатель режимида манбанинг электр энергияси ҳисобига механик ҳаракат (энергия) ҳосил қилинади. Аксинча, агар ўтказгич ташқи механик куч (энергия) таъсирида ҳаракатлантирилса унда электр токи (электр энергияси) ҳосил бўлади, бунда машина генератор режимида ишлаган бўлади. Электр машиналари қайтувчанлик хусусиятига эга бўлгани билан амалда генератор ва двигателлар конструкциялари жиҳатидан бир-биридан биров фарқ қилади. Битта машинадан ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида фойдаланиш кам самара беради.



а



б

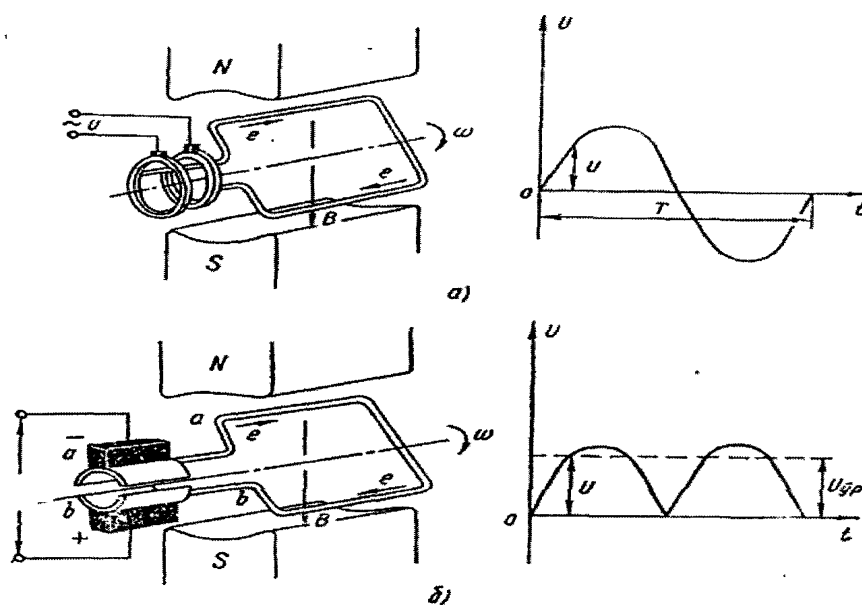
6. 26 –расм. Электр машинасининг қайтувчанлик хусусиятига доир. а-машина модели, б-машинанинг тузилиши.

Лекин шунга карамай, баъзан қурилмаларнинг умумий массасини камайтириш мақсадида битта қурилмадан ҳам, генератор ҳам двигател сифатида фойдаланилган ҳолатлар ҳам учрайди.

### 6.3.2. Ўзгармас ток машинасининг тузилиши

Юқорида қайд этилганидек, ўзгармас ва ўзгарувчан ток машиналари, уларнинг генератор ва двигател режимлари ягона физикавий ҳодисага асосланади ва электромагнитик индукция қонуни билан тушунтирилади. Машинанинг ўзгармас ёки ўзгарувчан токда ишлаши, ўзгарувчан ёки ўзгармас ток ишлаб чиқариши машинада электр занжирни қандай ҳосил қилиш билан аниқланади. 6.27-расмда ўзгармас ва ўзгарувчан ток генераторларининг фарқи кўрсатилган.

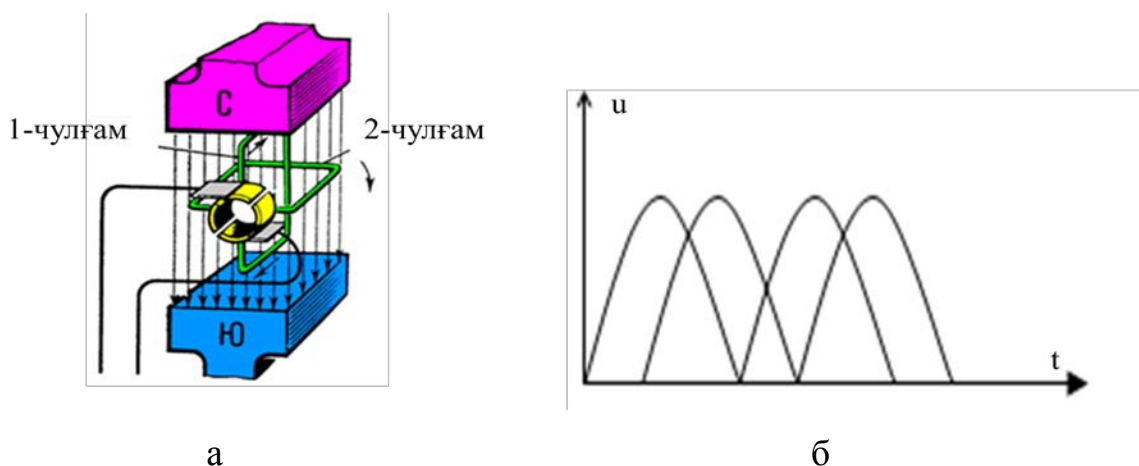
Агар магнит қутблари орасида жойлашган мис рамканинг учларини халқалар ва бу халқаларга тегиб турувчи контактлар (чўткалар) орқали ташқи занжирга уласак ва рамкани айлантирсак, ташқи занжирда даврий ўзгарувчан электр токини оламиз (6.27-а расм). Токнинг частотаси рамканинг айланиш тезлиги билан аниқланса, ҳосил қилинган э.ю.к. нинг катталиги эса тезликдан ташқари магнит майдоннинг индукцияси  $B$  ва рамканинг (ғалтакнинг) параметрларига ҳам боғлиқ.



6.27-расм. Машинанинг электр занжир. а-ўзгарувчан ток машинаси, б-ўзгармас ток машинаси.

Энди 2 та халқа ўрнига битта цилиндр олиб, уни узунлиги бўйича иккига ажратиб, ҳосил бўлган ярим ёйли цилиндрларни рамканинг учларига улаймиз (6.27 - б расм). Натижада рамка айланганда ярим ёйли цилиндрлар а ва б чўткаларга галма-галдан тегиб айланади. Яъни чўткаларни цилиндр бўлаклари фақат бир томонга кесиб ўтади. Натижада а ва б чўткаларда манфий ва мусбат қутблар ажралади. Рамканинг айланишидан ўзгармас (пульсацияланувчи, бир даврда иккита импульс) электр токи ҳосил бўлади. Агар рамкани иккита қилиб, ҳар бир рамканинг учини алоҳида ярим цилиндрларга уласак, рамканинг бир тўлиқ айланиш даврида 4 та импульс ҳосил бўлади 6.28-а расм. Демак, ярим халқалар сони кўпайгани сари токнинг бир давр ичидаги пимпульслари сони ортиб боради.

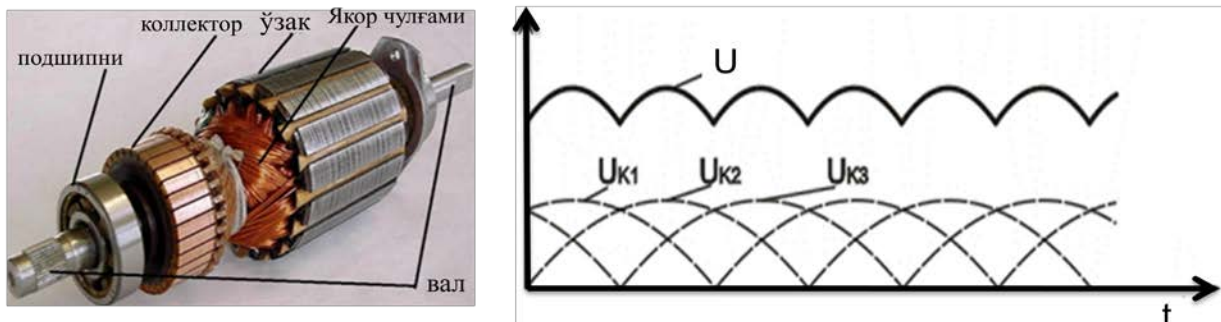
Шу тариқа, чулғамларни кўпайтириб пульсацияни камайтириш мумкин. Бунда чулғам учлари уланган пластинкалар ҳам энига кичиклашиб боради ва машинанинг бу пластинкалардан ташкил топган қисми коллектор деб аталади.



6.28 –расм. Иккита рамкали машина ва ташқи занжирдаги кучланиш.

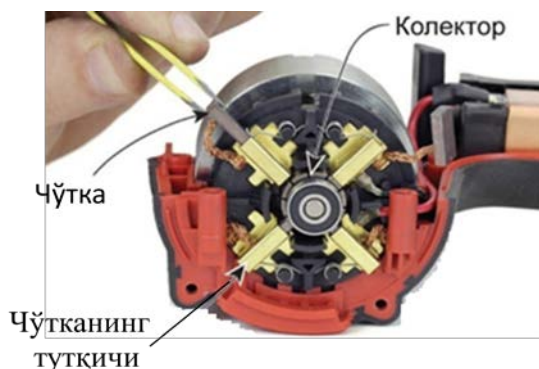
**Коллектор.** Электр машиналарида технологик жиҳатдан мураккаб масалалардан бири, машинанинг айланувчи қисми якор билан унинг қўғалмас қисми индукторни электр жиҳатдан улашдир. Машинада бу вазифа коллектор-чўтка тизими амалга оширади. Коллектор, 6.29-расм якорнинг ўқиға маҳкамланган ҳолда айланади, чўтка коллектор пластинкаларига тегиб туради. Коллектор занжиридаги ток чўтка ёрдамида ташқи занжирга уланади

(электр двигателда аксинча, ташқи манба токи чўтка орқали коллектор занжирига берилади).



6.29-расм. Ўзгармас ток машинасининг якор-коллектор қисми ва коллектордаги пульсацияли кучланиш.

Ўзгармас ток генераторида коллектор механик тўғрилагич вазифасини бажаради, шунинг учун ҳам ўзгармас ток машиналари баъзан коллекторли машиналар деб ҳам аталади.



6.30-расм. Коллектор ва чўтканинг машинада жойлашган ҳолати.

Коллектор пластинкалари рангли металлдан, одатда мисдан ишланади. Якор чулғамининг учлари коллектор пластинкаларига туташади. Бунда чулғам учлари туташган пластинкалар коллекторда ўзаро  $180^\circ$  остида жойлашган бўлиб “мусбат” ва “манфий” қутбларни ҳосил қилади.

**Чўтка.** Коллектор пластинкаларига тегиб турувчи чўткалар юмшоқроқ материалдан, асосан графитдан тайёрланади.

Изоҳ: аслида ўзбек луғатида чўтка (русча “Щётка” сўзининг бузилган формаси) сўзи бўлмаса ҳам, кенг истеъмолга кириб кетганлиги учун шу сўз ишлатилди.



а

б

6.31 -расм. Ўзгармас ток генератори чўткаларнинг турлари (а) ва чўтканинг тутқичи (б).

Бу графит контактлар махсус асосларга ўрнатилган бўлади ва эластик пружиналар ёрдамида коллектор пластинкасига унча катта бўлмаган куч билан босилиб туради. Амалда машина турига қараб чўтка ва чўткани тутиб турувчи тутқичлари конструкциялар турлича бўлиши мумкин 6.31-расм.

Машинанинг ишлаши давомида чўтка тез ейилиб кетади ва алмаштириб турилади. Шунинг учун конструкцияларда бу ҳисобга олиниб, чўткани алмаштириш осонроқ қилиб ишланади 6.32-расм.



6.32- расм. Ўзгармас ток машинаси коллектор-чўтка қисми ва чўтка.

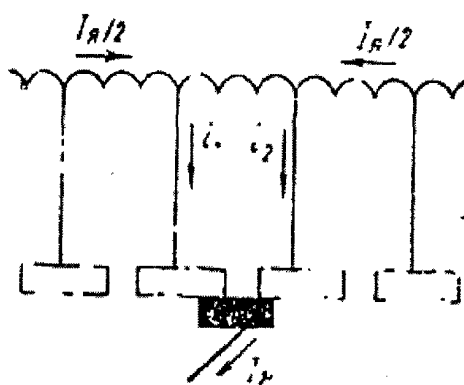
Расмдан кўриниб турибдики, узоқ вақт ишлаш давомида графит чўтка коллектор пластинкасига ишқаланиб уни қорайтириб қўйган. Лекин бунда коллектор пластинкаси емирилмаслиги керак.



### 6.3.3. Ўзгармас ток машинасида коммутация

Электр машиналарида коллектор пластинкалари билан чўтканинг ураниши (электр контакти) коммутация деб аталади. Агар машинада чўтка хар доим коллектор пластинкаларидан камида биттасига тегиб турса, машинанинг электр занжирида (чўтка-коллектор оралиғида) узилиш бўлмайди ва машина меъёрда ишлайди, 6.33-расм. Бунинг учун чўтканинг кенглиги пластинкалар оралиғидан катта бўлиши керак, шунда занжир доим ёпик бўлади.

Машинанинг ишлаши жараёнида чўтканинг ейилиб кетиши ёки коллектор пластинкаларининг носозлиги (синиши, емирилиб кетиши ва бошқалар) коллектор чўтка оралиғида маълум вақтда узилиш содир бўлишига олиб келади. Бу узилиш натижасида коллектор-чўтка оралиғида юпқа ҳаво қатлами орқали электр токи ўтиши учқунланишни (разрядни) келтириб чиқаради.



а

б

6.33- расм. Машинада чўтка ва коллектор коммутацияси.

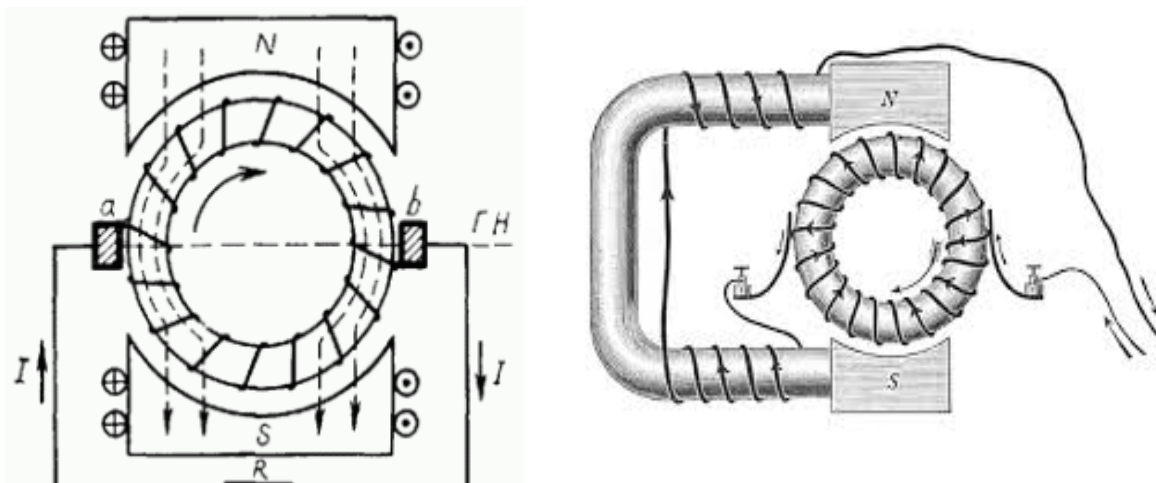
Учқунланиш яна токнинг меъёрдан ошиб кетиши, коллектор пластинкаси ёки чўтканинг яхши ўрнатилмаганлиги (чўтканинг коллектор пластинкасига нотекис ишқаланиши) ва бошқа, коллектор пластинкаси ва чўтканинг конструкциясига боғлиқ бўлмаган сабаблар туфайли ҳам юз бериши мумкин. Коммутация бузилиши натижасида учқунланишнинг юзага келиши машина деталларининг қизишига ва уларнинг тез ишдан чиқишига олиб келади.



### 6.3.4. Якорь чулғами ва якор реакцияси

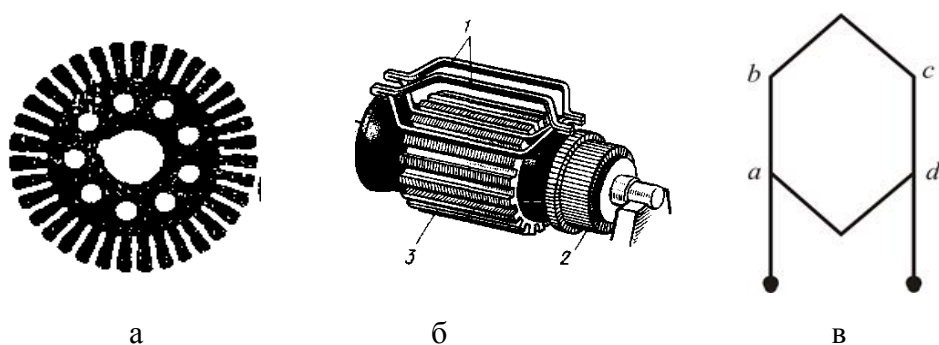
Ўзгармас ток машинасининг асосий қисмларидан бири якорь чулғамидир. Амалда халқасимон ва барабансимон якорлар қўлланилади. Халқасимон якорларда (6.34-расм) якорь чулғамидан фойдаланишнинг самарадорлиги кам, яъни чулғамнинг кичик бир қисми магнит мйдонини кесиб ўтиб, ток ҳосил қилишда қатнашади. Бундан ташқари, халқасимон якорь чулғамлари асосан қўлда ўралади, натижада машинанинг нархи ошиб кетади.

Бундай якорли машиналар ўзгармас ток машиналари турлари сифатида фақат тарихий ахамиятга эга ва бугунги кунда ишлаб чиқарилмайди. Амалда асосан барабансимон якорли машиналардан кенг фойдаланилади.



6.34- расм. Халқасимон якорли машиналар.

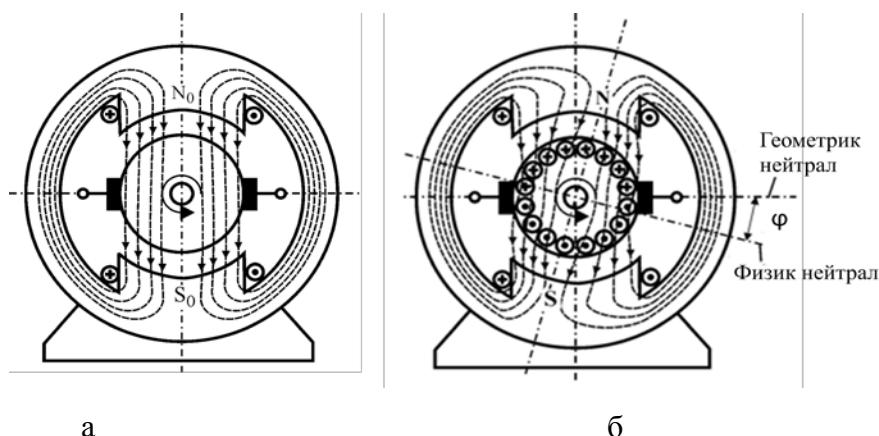
Барабансимон якорь цилиндр кўринишида бўлиб (бу цилиндрик ўзак ҳам, барча электр машиналари ўзаги сингари юпка листлардан йиғилган бўлади), электротехник пўлатдан ишланади. Цилиндрнинг ташқи сиртида чулғамлар учун махсус ўйилган ариқчалар-пазлар мавжуд. Бу пазлар орқали якор чулғами симлари ўтади. Чулғамлар битта ёки бир нечта ўрамдан иборат бўлиши мумкин, улар секция деб аталади. Чулғамнинг пазда жойлашган қисми секциянинг актив қисми дейилади, электр токи ҳосил бўлишида шу актив қисм қатнашади.



6.35- расм. Барабансимон якорь ва унинг тузилиши.  
 а-якорь ўзаги пластинкаси, б-якорь ва ундаги чулғамларнинг умумий кўриниши: 1-чулғамлар, 2-коллектор, 3-якорь ўзаги, в-якорь чулғами секцияси.

Секциянинг учлари карама-қарши жойлашган коллектор пластинкаларига уланган бўлиб, чўткалар орқали ташқи занжирга уланади.

Машинанинг ишлаши жараёнида якор чулғами ҳосил қилган магнит майдон машинанинг кўғатувчи магнит майдони билан таъсирлашади. Машинанинг салт ишлашида якорь майдони деярли нолга тенг ва магнит майдон куч чизиқлари машинанинг бош кутблари ўкига ( $N_0S_0$  чизиқ) нисбатан симметрик 6.36-а расм. Машина юклама билан ишлаганда эса якорь занжирида ток пайдо бўлиб, унинг магнит майдони асосий майдон билан таъсирлашади ва натижада бош кутб бирор  $\phi$  бурчакка бурилади 6.36- б расм.



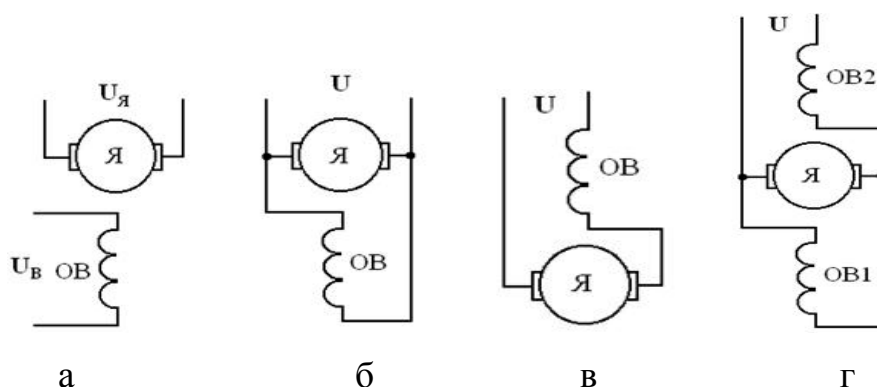
6.36- расм. Ўзгармас ток машинасининг салт (а) ва юкламали режимларида магнит майдоннинг ўзгариши (якорь реакцияси).

Бу силжишни компенсациялаш учун амалда машинанинг асосий кутбларига қўшимча чулғамлар ўралади ва чулғам якорь занжирига кетма-кет уланади.

Бундай қўшимча чулғамлар машина консрукциясини мураккаб-лаштириб, унинг нархини ошириб юборади. Шунинг учун улар фақат махсус машиналарда ва катта қувватли машиналардагина қўлланилади.

### 6.3.5. Ўзгармас ток машинасини қўзғатиш усуллари

Ўзгармас ток машиналарида асосий магнит майдонни ҳосил қилувчи чулғамлар, якорь занжири билан турлича уланган бўлиши мумкин. Шу уланиш турлари ўзгармас ток машинасида қўзғатиш усуллари деб юритилади. Агар асосий магнит майдон чулғами ва якорь чулғами ўзаро боғланмаган мустақил занжирлардан иборат бўлса, бундай машина мустақил қўзғатишли деб юритилади 6.37-а расм. Агар, асосий магнит оқим ҳосил қилувчи занжир билан якорь чулғами параллел уланган бўлса, параллел қўзғатишли машина (6.37-б расм), кетма-кет уланган бўлса кетма-кет қўзғатишли машина (6.37-в расм) деб юритилади. Машинанинг қўзғатиш чулғами иккита бўлиб, якорь чулғами билан бири параллел, иккинчиси кетма-кет уланган бўлиши мумкин (6.37-г расм). Бундай машиналар аралаш қўзғатишли машина деб аталади. Қўзғатиш усуллари, машинанинг ишлатилишидаги физикавий жараёнларнинг хусусиятларидан ва машина конструкциясидан келиб чиқиб аниқланади.



6.37- расм. Ўзгармас ток машинасида қўзғатиш усуллари.  
а-мустақил қўзғатиш; б- параллел қўзғатиш; в- кетма-кет қўзғатиш; г-аралаш қўзғатиш.

Масалан, мустақил қўзғатишли ўзгармас ток генераторлари асосан катта қувватли машиналарда қўлланилади. Шунингдек, қўзғатиш

чулғамидаги кучланиш ва генератор чиқишидаги кучланишлар турлича бўлган ҳолларда ва тезлиги бошқарилувчи двигателларда ҳам мустақил кўзатиш чулғамлари қўлланилади.

### 6.3.6. Ўзгармас ток машинасининг иш режимлари

Ўзгармас ток машинаси генератор ёки двигател режимида ишлаши мумкин. Бунда машинанинг иш режимига мос ҳолда энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиш жараёни ҳам тескарисига ўзгаради.

**Изоҳ:** Ўзгармас ток машинасининг генератор ва двигатель режим деганда, битта машинанинг икки хил режимда ишлаши назарда тутилмайди. Одатда битта машинани ҳам генератор, ҳам двигатель режимида ишлатиш самарасиз ҳисобланади. Амалда генератор ва двигателларнинг конструкциялари ўзига хос хусусиятларга эга бўлади. Ҳам генератор, ҳам двигатель режимида ишлатилувчи машиналар эса алоҳида ҳолларда (масалан, айрим транспорт воситаларида, ҳарбий ва космик техникаларда ва бир қатор бошқа ҳолларда) ишлаб чиқарилади ва алоҳида конструкцияга эга бўлади. Улар конструкцион жиҳатдан мураккаб бўлганлиги учун одатдаги двигатель ва генераторга нисбатан анча қиммат туради.

Машинанинг генератор режимини кўриб чиқамиз. Генератор қутбларидаги  $U$  кучланиш

$$U = E - r_{\text{я}} I_{\text{я}}, \quad (6.9)$$

бу ерда  $r_{\text{я}}$  – якор занжири қаршилиги,  $E$  – генераторда ҳосил бўлган э.ю.к.,  $I_{\text{я}}$  – якорь занжиридаги ток кучи. Генератор якори текис айланган пайтда айлантирувчи механик момент (генераторни айлантираётган механик кучнинг моменти) электромагнитик моментга (роторни айланишига қаршилик кўрсатаётган электромагнитик кучнинг моменти) тенг бўлади. Демак, генератор режимида машина ҳосил қилган э.ю.к.

$$E = U + r_{\text{я}} I_{\text{я}} \quad (6.10)$$

Ифодани ҳар икки томонини  $I_{\text{я}}$  (якорь чулғамидаги ток кучига) кўпайтириб, генератордаги қувватлар учун қуйидагига тенгламага эга бўламиз:

$$I_{\text{я}} E = I_{\text{я}} U + r_{\text{я}} I_{\text{я}}^2 \quad (6.11)$$

Генераторни ҳаракатга келтираётган механик куч айнан шу қувватга қарши иш бажаради.

Машинанинг двигатель режимида эса ташқи манбадан якорь чулғамига кучланиш берилади. Бу кучланиш якорь чулғамида ток ҳосил қилиб, якорьни айланишига сабаб бўлувчи электромагнитик моментни пайдо қилади. Якорь магнит майдонида ҳаракатланганда унда тескари йўналишдаги э.ю.к.  $E$  ҳосил бўлади. Шунинг учун, машинанинг двигатель режимида якорь занжири электр тенгламаси

$$E = U + r_{\text{я}} I_{\text{я}}, \quad (6.12)$$

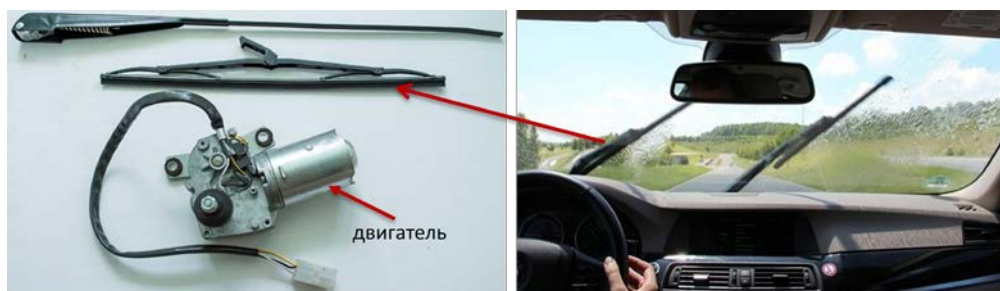
яъни якорь занжирига ташқаридан берилган  $U$  кучланиш, якорь занжиридаги кучланиш тушуви ва тескари э.ю.к. йиғиндиси тенг. Тенгликни якорь чулғамидаги ток кучига кўпайтириб, двигатель режим учун қуйидаги қувватлар тенламасига эга бўламиз:

$$UI_{\text{я}} = EI_{\text{я}} + r_{\text{я}} I_{\text{я}}^2 \quad (6.13)$$

### 6.3.7. Ўзгармас ток машиналарининг қўлланилиши

Ўзгармас ток генераторлари кўпроқ кимё саноатида электролиз жараёнларида, металлургияда ва транспортда ишлатилади. Ўзгармас ток двигателлари эса электр транспортида (темир йўл, трамвай, троллейбус, метро, электр юк кўтаргичлари ва ҳоказо) айланиш тезлиги бошқарилиши талаб этилувчи механизмларда, кам қувватли системаларда кўпроқ ишлатилади.

Ички ёнув двигателлари асосидаги транспорт воситаларининг механик юритмаларида ҳам ўзгармас ток двигателлари ишлатилади. Масалан енгил автомобилнинг ўзида бир неча турдаги ўзгармас ток двигателларини кўришимиз мумкин. Булар моторни ўт олдирувчи двигатель (стартёр), ойна тозалагичнинг двигатели (6.38-расм), вентиляторнинг двигатели ва бошқалар. Бу двигателлар 12В кучланишли ўзгармас токда ишлашини яхши биламиз.



6.38- расм. Автомобилда ўзгармас ток двигателининг ишлатилиши.

Шунингдек автомобил саноати ривожлангани сари кўплаб механизмларни (масалан, эшик ойналарини бошқариш, кўзгулар ва ўриндиқлар ҳолатини бошқариш ва бошқалар) электр юритмали бошқарувга ўтишида ўзгармас ток двигателларининг роли катта. Айрим соҳаларда ишлатилувчи ўзгармас ток двигателлари ва генераторларининг асосий кўрсаткичлари 6.1- жадвалда келтирилган

6.1- жадвал

Машина иш режими	Ишлатилиш соҳаси	Қуввати P, кВт	Ток I, А	Кучланиши U, В	Изоҳ
Двигатель	Трамвай	50÷40	100÷75	550	Имеют преимущества перед двигателями переменного тока: 1) широкое регулирование частоты вращения; 2) развивают большой пусковой момент
	Электровоз	900÷600	600÷400	1500	
	Станоклар	11500	11500	1000	
	Кемалар	18000	18000	1000	
Генератор	Электролиз	120÷60	10000	12÷6	Чаще используются генераторы переменного тока с выпрямителями
	Дастлабки тепловозлар	2700	3600	750	



### 6.3. 8. Электр машиналаридаги қувват исрофлари

Электр энергиясини ҳар қандай бошқа турдаги энергияга айлантиришда ва аксинча ҳар қандай турдаги энергиядан, электр энергияси ҳосил қилишда, бирламчи энегириянинг бирор қисми исроф бўлади. Исрофсиз энергияни бир турдан бошқа турга айлантириш мумкин эмас. Одатда энергия алмашинуви жараёнларидаги исрофни қувват бирликларида келтирилади. Бунинг учун, исроф бўлган энергиянинг вақтга нисбати олинади

$$P_{\text{иср}} = E_{\text{иср}}/t ,$$

Машинанинг чиқишидаги фойдали қувват  $P_{\text{чик}}$  эса машина киришига берилган  $P_{\text{кир}}$  қувватдан  $P_{\text{иср}}$  миқдорга фарқ қилади

$$P_{\text{чик}} = P_{\text{кир}} - P_{\text{иср}}$$

Энергия алмашинуви жараёнида юзага келган исрофлар машинанинг фойдали иш коэффициентини (ф.и.к.) аниқлайди. Умумий ҳолда машинанинг ф.и.к.

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (6.14)$$

Машинанинг киришидаги ва чиқишидаги қувватлари фарқи абсолют исрофни, бу фарқнинг кириш қувватига нисбати, нисбий исрофни беради

$$\eta = \frac{P_{\text{in}} - P_{\text{loss}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (6.15)$$

Электр машиналарида исрофларни, уларни юзага келиш табиатига қараб электр исрофлари, ўзакдаги магнит исрофлари, ҳаракатланувчи қисмлардаги механик исрофлар ва ўзгарувчан исрофлар каби турларга ажратиш мумкин.

**Электр исрофлари.** Энергиянинг электр токи кўринишидаги исрофлари машина чулғамларининг (ротор ва статор чулғамлари), ҳамда электр контактларнинг актив қаршиликлари ҳисобига содир бўлади. Маълумки, чулғамлар асосан мис симлардан ўралади, демак машинадаги ток исрофлари мис симнинг актив қаршилиги ҳисобига юзага келади (шунинг учун, инглиз ва америка адабиётларида бу исрофни мисдаги исрофлар деб

юритилади ва уни  $P_{SCL}$ -stator copper losses-статор мисдаги исроф деб белгиланади). Умумий ҳолда статор ва ротор чулғамларидаги исрофлар

$$P_{иср} = I^2 R.$$

бу ерда  $I$  – чулғамдаги ток кучи,  $R$ - чулғамнинг актив қаршилиги. Электр исрофда электр токи иссиқлик энергиясига айланиб, сочилиб кетади.

**Ўзақдаги исрофлар.** Электр энергияси ўзақда магнит майдон ҳосил қилади. Машинанинг ўзақларида ҳосил қилинган магнит майдоннинг ҳаммаси ҳам электромагнитик жараёнларда қатнашмайди. Магнит майдони ўзақ бўйлаб тарқалганда, унинг бир қисми сочилиб кетади. Одатда бу сочилишни камайтириш учун машиналарда ўзақлар турли конструкцион кўринишларда ясалади. Уюрмали тоқлар ҳисобига содир бўлувчи исрофлар ҳам ўзақдаги магнитик исрофларга киради. Магнит майдон исрофлари машинадаги исрофнинг асосий қисмини ташкил қилади.

**Механик исрофлар.** Бу исроф, машинанинг ҳаракатланувчи механик қисмларидаги (масалан подшипниклардаги) ишқаланишни енгишга сарфланадиган энергиядир. Механик исрофларни иккига ажратиш мумкин, ишқаланишни енгишга сарфланган исрофлар ва ҳавонинг қаршилигини енгишга сарфланган исрофлар. Ишқаланишга сарфланган исрофлар асосан айланувчи ва ўзаро тегиб турувчи юзаларда пайдо бўлади (масалан, подшипникларда). Бу исрофлар машина ротори айланиши тезлигининг учинчи даражасига пропорционал. Бу исрофни камайтириш учун ишқаланиш кучи турли механик усуллар билан камайтирилади, Масалан подшипниклар мойланади, ишқаланувчи сиртлар сайқалланади ва ҳоказо.

Механик исрофлар ва ўзақдаги магнитик исрофлар машинанинг салт режим исрофлари, деб ҳам юритилади. Чунки, машинанинг юкламасиз салт ишлаш режимида, машинага берилаётган қувватнинг ҳаммаси айнан шу исрофларни енгишга сарфланади. Демак, машинанинг салт режимда истеъмол қилаётган қувватини механик ва магнитик исрофлар қуввати, деб қабул қилиш мумкин.

## Ўзгарувчан исрофлар

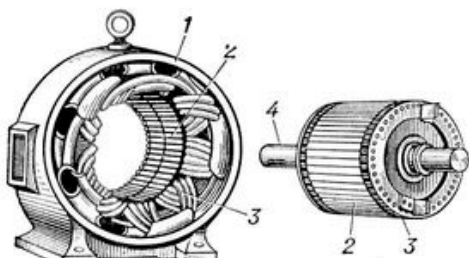
Ушбу исрофларни юқорида кўриб ўтилган исроф турларига киритиб бўлмайди. Бу исрофлар машина ишлашидаги ташқи муҳитнинг таъсири ва машинанинг юкланган даражасига боғлиқ ҳолда келиб чиқади. Бундай исрофга масалан, машинани катта юклама билан ишлагандаги қизиб кетиши ва бу қизиш натижасида машинада юзага келувчи исрофларни киритиш мумкин. Кўриниб турибдики бундай исрофлар асосан машина номинал иш режимининг бузилиши оқибатида юзага келади.

### Таянч иборалар.

Айланувчи магнит майдон, статор, ротор, паз, сирпаниш, юклама коэффиценти, коллектор, якорь, чўтка, реверслаш, коммутация, якорь реакцияси.

### Синон саволлари.

1. Айланувчи магнит майдон қандай ҳосил қилинади?
2. Магнит майдоннинг айланиш тезлигини қандай ўзгартириш мумкин?
3. Двигателнинг номланишида нима учун асинхрон сўзи ишлатилган.



4. Расмда келтирилган асинхрон двигатель қисмларининг номларини ва уларнинг вазифаларини айтинг

5. Асинхрон двигателнинг қуввати сирпанишга қандай боғланган?
6. Асинхрон двигателда сирпаниш 0 гатенг бўлиши мумкинми? Нима учун ?
7. Сирпаниш 1 га тенг бўлган ҳолат нимани билдиради ? Шу ҳолатга мисол келтиринг.
8. Асинхрон двигател статорида фазаларнинг учбурчак ёки юлдуз шаклда уланиши двигател ишига қандай таъсир кўрсатади?
9. Двигателнинг номинал ва критик кўрсаткичлари (сирпаниш, қувват, момент) нималарни билдиради?
10. Статор чулғамлари қандай ҳолатларда ва нима мақсадларда учбурчак

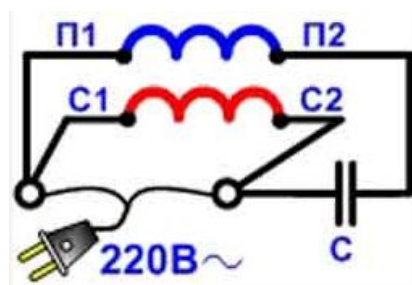
ёки юлдуз шаклда уланади.

11. Асинхрон двигателни реверслаш қандай амалга оширилади?

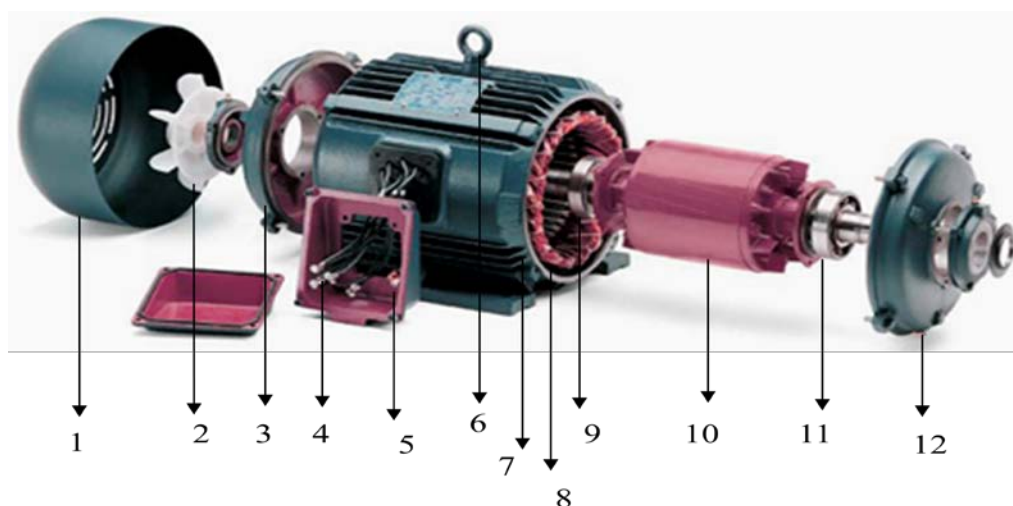
12. Қуйида келтирилган ёрлик орқали асинхрон двигателни паспорт маълумотларини таърифланг

<b>ЗВИ</b>	<b>ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ</b>					
ТИП	4AK 315 M 4 УЗ	№				
3~	50 Hz	200 Kw	cos φ	0,89	1440 об/мин	
статор	Δ/Υ	380/660 V	365/210 A			
ротор	370 V	330 A	КПД	93,0 %	955 Kg	3-83 г.
ТУ	16-510.596-75	кл. изол.	F	режим	S1	

13. Қуйидаги расмда тасвирланган двигателни таърифланг.



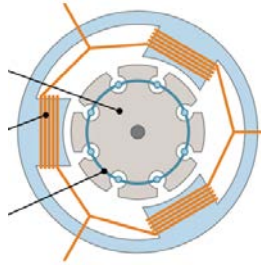
14. Қуйида асинхрон двигателнинг умумий кўриниши келтирилган. Кўрсатилган қисмларнинг номларини айтинг.



6.22-расм. Асинхрон двигателнинг асосий қисмлари.

15. Қуйида келтирилган двигатель статори чулғамлари қандай уланган, схемасини чизинг.

16. Уч фазали асинхрон двигателнинг саноатда қўлланилишига мисоллар келтиринг.



6.23-расм. Асинхрон двигател статорида фаза чулғамларининг жойлашуви.

17. Бир фазали ўзгарувчан ток двигателлари қаерларда ишлатилади?
18. Ўзгармас ток машинасининг асосий қисмларини айтинг.
19. Якор реакцияси ва якор коммутацияси тушунчалари нимани билдиради?
20. Ўзгармас ток машинасининг генератор режими.
21. Генераторни уйғотишнинг қандай схемалари мавжуд?

### Мустақил ечиш учун масалалар.

1. Асинхрон двигателда жуфт кутблар сони  $p = 2$  га тенг. Двигатель 50 Гц частотали тармоқда ишлаганда сирпаниш 5 % бўлса, двигател роторининг айланиш тезлигини топинг.
2. Уч фазали тўрт симли линияга, фаза чулғамлари юлдуз шаклда уланган асинхрон двигатель уланган. Шу схемани чизинг. Фазаларга эрувчан сақлагичлар ўрнатинг.
3. Асинхрон двигателда сирпаниш 0 га ва 1 га тенг бўлган ҳолларни таҳлил қилинг. Амалда қандай ҳолда сирпаниш 1 га тенг бўлади ва унинг оқибати нимага олиб келади?
4. Статор чулғамлари учбурчак схемада уланган, уч фазали асинхрон двигател 380 В линияга уланган. Статор чулғамидаги ток кучи 12 А. Двигателнинг қувват коэффициенти  $\cos\phi = 0,85$  ва ф.и.к. 0,80 бўлса, двигателни тармоқдан истеъмол қилаётган актив қуввати ва двигатель валида ҳосил бўлган фойдали қувватни аниқланг. Двигателни тармоққа уланиш схемасини чизинг.
5. Асинхрон двигателда жуфт кутблар сони  $p=3$  га тенг. Двигателнинг сирпаниши  $s = 5\%$  бўлса двигатель валига уланган, радиуси 25 см бўлган чарх тош қиррасининг чизикли тезлигини топинг. Тармоқ частотаси стандарт бўлиб 50 Гц.



## ЕТТИНЧИ БОБ

### ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ АСОСЛАРИ ВА МУҚОБИЛ ЭНЕРГЕТИКА

#### 7.1. Электр энергиясини ишлаб чиқариш

Энергетика инсоният ижтимоий-иқтисодий фаолиятининг энг асосий йўналишларидан бири бўлиб мавжуд табиий ва сунъий энергетика захираларидан фойдаланиш масалалари билан шуғулланади. Электроэнергетика ҳам ана шу энергетика йўналишининг соҳаларидан бири бўлиб, бирламчи энергия манбаларидан электр энергиясини ишлаб чиқариш ва ундан фойдаланиш билан шуғулланади.

Фан ва техника тараққиёти, ишлаб чиқариш технологияларининг ривожини, саноатнинг ва аҳоли турмуш даражасининг узлуксиз ривожланиб бориши энергияга, айниқса электр энергиясига бўлган талабнинг ортиб боришига олиб келади. Турли замонларда бирламчи энергия захиралари турларидан (ўтин, кўмир, нефт, газ, ядро энергияси ва ҳоказо) фойдаланиш даражалари турлича бўлганидек, электр энергияси ишлаб чиқаришдаги бирламчи энергия манбаларининг тури ҳам ўзгариб туради. Масалан 7.1-жадвалда ўтган асрнинг 70-йилларида ва 21-асрнинг биринчи ўн йилликлари даврида жаҳон электроэнергетика саноатида электр энергияси ишлаб чиқаришдаги бирламчи энергия захираларидан фойдаланиш даражалари кўрсатилган, маълумотлар манбаи<sup>1</sup> 2016 Key World Energy Statistics 24 IEA 2016.

Жадвалдан кўришиб турибдики сўнгги 30 йил даврида жаҳоннинг электроэнергетика қуввати деярли 4 баравар ортган. Бунда асосан табиий газдан, гидроэнергетик ресурслардан, атом энергиясидан ва энергиянинг муқобил манбаларидан (асосан шамол ва қуёш энергияси) фойдаланиш даражаси ортиб борган. Агар 1973 йилда электр энергияси ишлаб чиқаришда

---

<sup>1</sup> <http://www.iea.org>



бирламчи энергия манбаи сифатида фойдаланилган органик ёқилғиларнинг ҳиссаси 75,2% ташкил этган бўлса, 2013 йилда бу кўрсаткич 66,7 % ни ташкил этган.

7.1-жадвал

	Кўмир	Табиий газ	Гидро энергетика	Атом энергетикаси	Нефт	Ва бошқалар	Жами
1973	38,3 %	12,1 %	20,9 %	3,3 %	24,8 %	0,6 %	6 131 ТВт
2014	40,8 %	21,6 %	16,4 %	10,6 %	4,3 %	6,3 %	23 816 ТВт

Бугунги кунда электр энергияси ишлаб чиқаришда катта қувватли иссиқлик электр станциялари (ИЭС), гидроэлектр станциялар (ГЭС) ва атом электр станцияларининг (АЭС) ўрни беқиёс. Жаҳоннинг энг катта гидроэлектр станциялари қуввати бир неча ўн минг МВтни (масалан Хитойнинг Уч дара ГЭСи қуввати 22 000 МВт) , иссиқлик электр станцияларининг қуввати эса бир неча минг МВтни (масалан Ўзбекистоннинг энг катта иссиқлик электр станцияси бўлган Сирдарё ИЭС нинг қуввати 3000 МВт) ташкил қилади.



7.1-расм. Сирдарё ИЭС ва Янги Ангрен ИЭС ларининг умумий кўриниши

Ўз навбатида электр станциялардаги генераторларнинг қуввати ҳам йиллар давомида муттасил ортиб борди. Агар 20-асрнинг бошларидаги дастлабки гидро-генераторларнинг (гидроэлектр станциялари учун мўлжалланган генераторлар) қуввати 2 МВт бўлган бўлса, ҳозирги кунда энергетика тизимларида 800 МВт ва ундан ортиқ қувватли гидрогенераторлар, 1200 МВт қувватли турбогенераторлар (иссиқлик электр станциялари учун мўлжалланган генератор) ишлаб турибди. Албатта бундай катта қувватни ҳосил қилиш учун бирламчи энергия захираларининг ҳам қуввати катта бўлиши керак. Шунинг учун 20-асрнинг бошларидан бутун дунё бўйлаб гидроэлектр станциялари учун катта сиғимли сув ҳавзалари қурилиши ва катта қувватли иссиқлик электр станцияларини қуриш авж олди. 7.2-жадвалда 19-асрнинг охиридан бошлаб 2013 йилгача бўлган даврда, жаҳон миқёсида электр энергияси ишлаб чиқаришнинг ўсиш динамикаси келтирилган.

7.2-жадвал

Йиллар	1890 й.	1900 й.	1914 й.	1950 й.	1960 й.	1970 й.
Йиллик ишлаб чиқарилган энергия (Млрд. кВт соат)	9	15	37,5	950	2300	5 000
Олдинги кўрсаткичга нисбатан неча марта ортгани	-	1,6	2,5	25	2,4	2,1
Йиллар	1980 й.	1990 й.	2000 й.	2005 й.	2007 й.	2013 й.
Йиллик ишлаб чиқарилган энергия (Млрд. кВт соат)	8 250	11 800	14 500	18 138	19894	23 127
Олдинги кўрсаткичга нисбатан неча марта ортгани	1,6	1,4	1,2	1,2	1,09	1,16

Жаҳон миқёсида электр энергияси ишлаб чиқаришнинг миқдори асосан 1930-1950 йиллар орасида кескин суратлар билан ортиб борди. Бу даврда катта қувватли ГЭС ва ИЭС лар қурилди.

1960-70 йилларда эса электр энергияси ишлаб чиқариш суръати асосан АЭС ларнинг кўпайиши ҳисобига ортиб борди. Жаҳон электр энергетикасида “анъанавий усул” деб аталувчи иссиқлик электр станциялари, гидроэлектр станциялар ва атом электр станцияларида электр энергияси ишлаб чиқариш 21-асрнинг иккинчи ўн йилликлари даврида ҳам етакчи ўринни тутмоқда. Жумладан, 2013 йил маълумотларига кўра, йил давомида ишлаб чиқарилган 23127 млрд кВт соат электр энергиясининг деярли 95 % қисми анъанавий усулда ишлаб чиқарилган, яъни иссиқлик, гидроэлектр ва атом электр станциялари ҳиссасига тўғри келади.

Жаҳон миқёсида, анъанавий усулда ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг учдан икки қисми ИЭС лар ҳиссасига тўғри келади.

#### **7.1.1. Иссиқлик электр станциялари**

ИЭС ларда иссиқлик энергияси электр энергиясига айлантирилади. Амалда ИЭС лари жуда кўплаб технологик жараёнларни қамраб олувчи, мураккаб технологик қурилмалар мажмуасидан иборат. Бу технологик қурилмалар ўзида иссиқлик, механик, электрик системаларни бирлаштиради. Иссиқлик энергияси органик ёқилғиларнинг ёниши натижасида ҳосил қилинади.

Жаҳон электр энергетика тизимида ИЭС асосий ўрин тутди. 2016 йил якунларига кўра Ер юзида ишлаб чиқарилган умумий электр энергиянинг учдан икки қисми ИЭС лар ҳисобига тўғри келган. Ёки жаҳонда ишлаб чиқарилган умумий йиллик электр энергиянинг 46% қисми кўмир ёқиш ҳисобига, 20 % га яқин қисми эса газ ёқиш ҳисобига ҳосил қилинган. Бундан кўринадики, ҳозирги замон электр энергетикаси органик ёқилғиларга кучли боғланган.

ИЭС лар тузилишига кўра асосан уч турга бўлинади:  
буғ турбинали станциялар;

газ турбинали станциялар;

буғ газли станциялар.

Қўлланилишига кўра ИЭС лар электростанциялар ва иссиқлик марказларига (Электр энергиясидан ташқари иссиқлик энергияси хам ишлаб чиқаради.) бўлинади.

**Буғ турбинали станциялар.** Ёқилғининг ёнишидан ҳосил бўлган иссиқлик энергиясидан, станция буғ қозонидаги сув юқори босимли буғга айлантирилади. Бу буғ турбинада механик энергияга айлантирилади, яъни катта босимдаги буғ турбинадан ўтишида турбина парракларига урилиб, уни ўқи атрофида айлантиришга мажбур қилади. Ҳосил бўлган айланма ҳаракат механик энергияси электростанция генератори роторини айлантириб электр токи ишлаб чиқаради.

**Газ турбинали станциялар.** Бу станцияларда ёниш камерасига юқори босимдаги ҳаво юборилади. Ёнилғи сифатида газ (ёки нефт маҳсулоталри) ишлатилади. Натижада камерада катта босимли ёнувчан аралашма ҳосил бўлади ва у ёнганда катта энергияли газ оқими ҳосил бўлади. Бу кучли оқим турбина ишчи ғилдиракларига йўнлтирилади ва турбинани айланади. Ҳосил бўлган айланма ҳаракат генератор роторига узатилади.

**Буғ газли станциялар.** Буғ газли станциялар иккита алоҳида, буғ турбинали ва газ турбинали қурилмалар комбинациясидан иборат. Яъни, газ турбинали қурилмада ишлатиб бўлинган, босими камайган, лекин ҳали юқори ( $500^{\circ}\text{C}$  атрофида) температурага эга газ оқимидан буғ қозонидаги сувни қайнатиб, унда юқори босимли буғ ҳосил қилиш учун фойдаланилади. Шу тариқа, буғ газли станцияда ёнишдан ҳосил бўлган, юқори температура ва босимга эга газдан, газ турбинали ва буғ турбинали электр двигателлари ҳаракатга келади. Бу эса буғ газли электр станциянинг умумий фойдали иш коэффициентини ва қувватини юқори бўлишини таъминлайди. Шунинг учун сўнгги йилларда амалда кўпроқ буғ-газли электростанцияларга кўпроқ эътибор қаратилмоқда. Буғ-газли электростанциялар қуйидаги асосий афзалликларга эга:

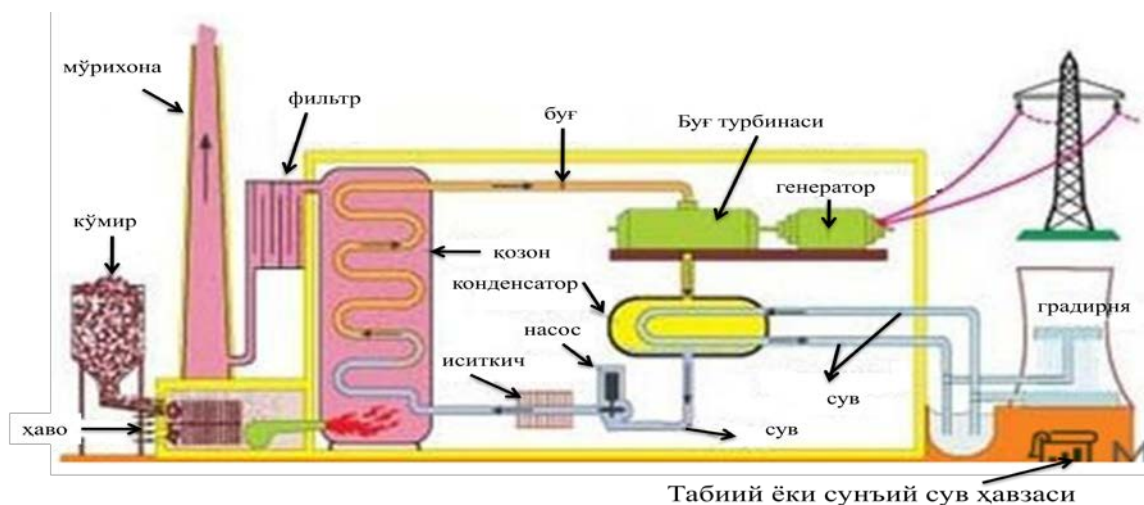
- фойдали иш коэффициентлари юқори бўлиб 60 % гача бориши мумкин;
- электр энергия таннархи бошқа турдаги иссиқлик электр станцияларга караганда арзон;
- совитиш тизимларида бошқа тур станцияларга караганда камроқ сув ишлатилади;
- нисбатан қисқа муддатларда қуриш мумкин;
- станциянинг умумий ўлчамлари анча кичик бўлиб, бундай станцияларни алоҳида корхоналарда ҳам қуриш мумкин.

Асосий камчиликларига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- станция фақат газ ёнилғисидога ишлайди;
- хавони юқори даражада тозалаш талаб этилади;

Буғ турбинали ИЭС тузилиши 7.2-расмда келтирилган. Бирламчи энергия манбаи сифатида кўмир ишлатилади. Буғ қозонидаги сув кўмир ёқиб қиздирилади. Қозонда ҳосил қилинган катта босимдаги сув буғи, буғ турбинасига юборилади. Турбинадан механик ҳаракат генератор роторига узатилади ва генератор электр токи ишлаб чиқаради.

ИЭС ларда ёниш маҳсулотлари чиқиндисини тозалаш учун махсус филтрлаш қурилмалари, турбинадан қайтган буғни конденсациялаб, уни яна буғ қозонига юбориш учун махсус совитиш тизимлари ва насослар ишлатилади.



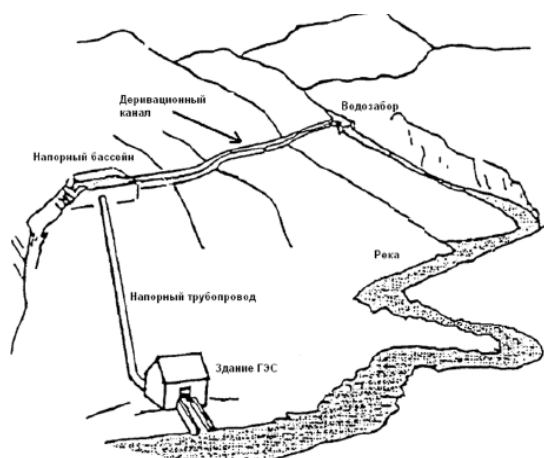
7.2- расм. Буғ турбинали ИЭС нинг тузилиши.

Буғ турбинали ИЭС лар иссиқлик электр станцияларининг энг кекса авлоди бўлиб, дастлабки буғ турбинали системалар паровозларни ва кемаларни юргизишда ишлатилган. Бундай ИЭС ларнинг асосий афзаллиги уларни ҳар қандай ёқилғига мослаштириш мумкин.

### 7.1.2. Гидроэлектр станциялар

Сувнинг оқим энергиясини ёки потенциал энергиясини электр энергиясига айлантирувчи қурилмалар тизимига гидроэлектр станция (ГЭС) деб айтилади. Одатда ГЭС лар тўғонли, деривацион, гидроаккумуляцияли, тўлқинли ва оқимли турларга бўлинади. Амалда тўғонли ГЭС лар энг кўп тарқалган ва катта қувватларга эга бўлади. Тўлқинли ва оқимли ГЭС лар денгиз қирғоқларида қурилади. Тўлқинли ГЭС да денгиз тўлқини энергиясидан, оқимли ГЭС да эса денгиз сатҳи кўтарилиб қайтгандаги ҳосил бўлган оқим энергиясидан фойдаланилади. Бу турдаги ГЭС ларга кейинроқ, муқобил энеретика бўлимида алоҳида тўхталамиз.

Деривацион ГЭСлар дарёнинг тоғли қисмларида қурилади. Бунда, дарё табиий ўзанининг баландликлари фарқи катта бўлган икки нуқтаси махсус каналлар орқали суний бирлаштирилади (7.3- расм). Натижада бу каналнинг пастки қисмида катта сув босими ҳосил бўлади. Бундай ГЭС нинг ишлаш принципи тўғонли ГЭС дан фарқ қилмайди. Амалда деривацион ГЭС лар кам учрайди, чунки уларни қуриш учун мос табиий шароитлар зарур.



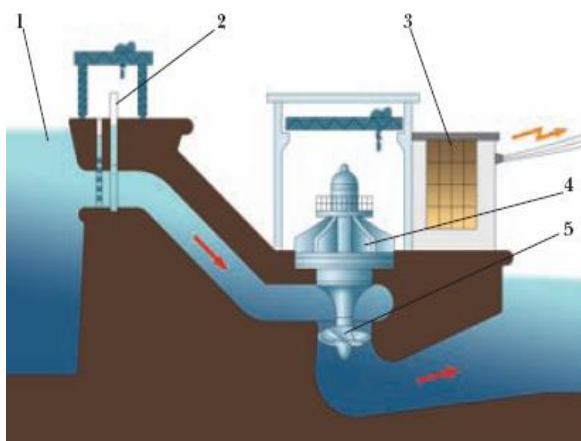
7.3-расм. Деривацион ГЭС схемаси ва умумий кўриниши.



Гидроаккумуляцияли ГЭС ларда истеъмолдан ортикча бўлган электр энергияси сув тортувчи насосларга берилиб, сувни яна қайтариб ГЭС сув омборига, ёки дарёнинг юқори қисмига берилади. Шу тарика энергия сув кўринишида захираланади, шунинг учун гидроаккумуляцияли деб номланган. Бунда электр энергияси кўпроқ бошқа электростанциялардан олинади. Энергия аккумуляциялаш тизимларини тўғонли ёки деривацион ГЭС ларда куриш мумкин. Энергияни захиралашнинг бундай тизими электр энергиясига бўлган талаб сутка давомида кескин ўзгариб турувчи ҳолларда яхши самара беради. Лекин бундай гидроаккумуляциялаш сув хавзасининг кўйи ўзанидаги сув истеъмолчиларига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Технологик нуқтаи-назардан ГЭС лар иссиқлик ва атом электр станцияларига қараганда анча соддадир. Иккинчидан ГЭС ларнинг энергия ишлаб чиқариши хом-ашё сарфи (ИЭС лардаги газ, кўмир сингари) билан боғлиқ эмас. Шунинг учун ҳам ГЭС да ишлаб чиқарилган электр энергиясининг таннари арзон бўлади. Лекин, иккинчи томондан ГЭС ларни исталган ҳудудда куриб бўлмайди, бунинг учун катта сув хавзалари ўзанларининг ўзига хос хусусиятларга эга бўлиши талаб этилади. Ҳамда ГЭС ларда курилиш ишлари ҳажми юқоридир. Одатда ГЭС ларни тоғ дарёларида куриш иқтисодий жиҳатдан самаралидир. Тоғ шароитларида дарё йўлини тўсиб тўғонлар куриш, сунъий сув хавзалари ва оқим бўйича баландликларнинг катта фарқини ҳосил қилиш осон. Жаҳон гидроэнергетикасида тўғонли ГЭС лар энг кўп тарқалган. Шунинг учун ГЭС ларни тўғонли турини батафсилроқ кўриб ўтиш мақсадга мувофиқ.

Тўғонли ГЭСнинг (кейинги матнларда ГЭС деганда айнан тўғонлиси назарда тутилади) умумий кўриниши ва тузилиш схемаси 7.4-расмда келтирилган. ГЭСнинг 1 сув омборидан махсус канал (сув ўтказгич) орқали сув оқими гидротурбина 5 паррагига урилиб уни айлантиради. Гидротурбина ўқи 4 генератор роторини айлантириб электр токи ишлаб чиқаради. Бу токнинг кучланиши 3 трансформаторда кучайтирилиб, электр линиясига узатилади.



7.4-расм. ГЭС нинг умумий кўриниши ва тузилиши.

1-ГЭС нинг сув омбори , 2-ГЭС нинг сув бошқаруви тўсиғи, 3-трансформатор ва таксимлаш станцияси, 4-генератор, 5-гидротурбина парраги.

Амалда эса ГЭС жуда мураккаб гидротехник ва энергетик қурилмалар тизимларидан иборат. ГЭС қуриш учун дарё ўзани тўсилиб тўғон қурилади, қурилиш ишларининг энг катта қисмини ҳам тўғон қурилиши ташкил этади. Бунда жуда катта миқдордаги ер-тупроқ ишлари бажарилади. Тўғоннинг икки томонида сув сатҳлари фарқи юзага келади. Сувнинг юқори сатҳи юқори бўёф, гидротурбинадаги сатҳи пастки бўёф деб юритилади. Бу фарқнинг қанчалик катта бўлиши ГЭС қувватини аниқлайди. ГЭС нинг асосий элементлари гидроагрегатлар ва генератордир. Генераторлар машина зали деб аталувчи махсус хоналарда жойлашади (7.5-расм). Гидротурбина ўқининг юқори қисми генератор роторига бирлашган, унинг асосий қисми эса машина зали тагида жойлашган. Турбинанинг энг пастки учиди махсус парраклар жойлашган бўлиб, сув оқими шу парракларга урилиб гидротурбинани айлантиради. (7.4-расмдаги 5-гидротурбина паррагига қаранг). Лекин, парракли турбина ягона конструкция эмас, замонавий ГЭС ларда гидротурбиналарнинг ф.и.к. ни ошириш мақсадида, экологик, мустаҳкамлик ва бошқа қатор талаблардан келиб чиқиб турли хил конструкцияли турбиналар қўлланилмоқда.

Машина зали яқинида алоҳида бинода, ёки майдончада кучайтирувчи трансформатор станцияси қурилади (7.4-расмга қаранг).

Генераторнинг кучланиши трансформатор киришига берилади. Трансформаторнинг чиқишидан юқори кучланишли ўзгарувчан электр токи электр узатиш линиялари орқали истеъмолчиларга узатилади.



7.5- расм. ГЭС нин машина зали ва гидротрубинаси.

Электр қувватига кўра ГЭСлар юқори қувватли (25МВт дан юқори), ўрта қувватли (25 МВт гача) ва кичик қувватли (5 МВт гача) турларга бўлинади. Шунингдек ГЭС лар тўғони баландлиги билан ҳам характерланади:

- катта босимли-тўғони 60 м дан баланд;
- ўрта босимли- тўғони 25 м дан баланд;
- паст босимли - тўғони 3м дан 25 м гача.

Тўғонларнинг баландлиги асосан ГЭС қурилаётган ернинг географик ҳолати ва қурилиш ишларининг кўлами билан аниқланади. Лекин, катта тўғонларда гидротехник иншоотлар, гидротрубиналар катта сув босимини ҳисобга олган ғолда ишланади. Бугунги кунда тўғони баландлиги бир неча юз метргача бўлган ГЭС лар, уларга мос гидротехник иншоотлар ва гидротрубиналар қуриш технологиялари ўзлаштирилган.

ГЭС генератори ишлаб чиқараётган электр токи қуввати плотинадан оқиб тушаётган сувнинг потенциал энергиясини вақт бирлигида бажарган ишига тенг бўлиб, сон жихатдан тўғон (плотина) баландлиги  $h$  ва вақт бирлигида турбина паррагига тушаётган сув миқдори  $m$  билан аниқланади.

$$P = \eta E/t = \eta mgh/t, \quad (7.1)$$



бу ерда  $\eta$  – ГЭС нинг умумий ҳолдаги фойдали иш коэффициентлари. Одатда ГЭС ларнинг фойдали қувват ГЭСнинг хусусиятлари, гидротурбина ва генераторнинг фойдали иш коэффициентларига боғлиқ. Умумий ҳолда ГЭС лар учун ф.и.к. ўртача 80 % бўлади.

Мамлакатимиздаги энг катта ГЭС Чорвоқ ГЭС и бўлиб, у Угам, Пском, Чотқол, Камсу каби бир қанча тоғ дарёлари бирлашган водийда қурилган. Сув миқдорини кўпайтириш, ҳамда сув босим ҳосил қилиш учун водийнинг куйи қисмида тўғон қурилиб сунъий сув омбори ҳосил қилинган 7.6-расм.



7.6- расм. Чорвоқ сув омбори ҳавзаси ва Чорвоқ ГЭС.

Чорвоқ ГЭС ининг қуввати 600 МВт бўлиб, сув тўғонининг баландлиги 148 м. ГЭС нинг ф.и.к. ни 80% деб ҳисобласак, шу станциянинг тўғонидан секундига қанча миқдор сув оқиб чиқади? (7.1) формулада  $t = 1$  деб қабул қилиб, массани топсак  $m = P / \eta gh = 506\ 000$  кг. Демак ГЭС тўла қувват билан ишлаган пайтда, унинг тўғонидан секундига 506 тонна сув

оқиб тушади. Энди Чорвоқ ГЭС нинг паспорт маълумотларига эътибор беринг:

- сув омборининг сиғими – 2006 млн м<sup>3</sup>;
- тўғон баландлиги -148 м;
- тўғоннинг максимал сув сарфи – 2400 м<sup>3</sup>/с;
- ГЭС орқали максимал сув сарфи - 500 м<sup>3</sup>/с;
- битта гидроагрегатнинг қуввати - 150 МВт;
- ўрнатилган гидроагрегатлар сони – 4 та.

Ёки дунёда энг катта қувватли Уч дара ГЭСи, қуввати 22,5 ГВт, тўғонни баландлиги тахминан 81м бўлиб, бу станция тўла қувват билан ишлаганда тўғонидан секундига  $m = P / \eta gh = 22,5 \times 10^9 / 0,8 \times 10 \times 81 = 24600$  тонна сув оқиб тушади. Бу ГЭС нинг сув тўғони дунёда энг катта сунъий иншоотларидан ҳисобланади 7.7-расм.



7.7-расм. Уч дара ГЭС тўғони ва ГЭСнинг битта гидротурбинасидан чиқаётган сув.

Табиий шароитлари мос келувчи катта сув ҳавзалари ўзанида йирик ГЭС лар қуриш, худди шундай қувватли ИЭС ларни қуришдан кўра анча самарилироқ ҳисобланади. ГЭС ларнинг афзаллик жиҳатлари қуйидагиларда намоён бўлади:

- электр энергия таннархи иссиқлик станцияларига нисбатан арзон;

-ИЭС ва АЭС лардан фарқли равишда станция қувватини тез ва осон ўзгартириш мумкин (бунинг учун сув тўғонлари йўлини ёпиш кифоя);

-ГЭС иш жараёнида атмосфера ва атроф мухит учун заррали чиқиндилар ҳосил қилмайди.

-ГЭС нинг камчиликлари, унинг қурилиши ва ишлаши жараёнида келиб чиқадиган салбий оқибатлар қуйидагилардан иборат:

-ГЭС қурилиши ИЭС ларга қараганда қимматроқ;

-ГЭС нинг қуввати дарёдаги сув миқдорининг мавсумий ўзгаришига боғлиқ;

Йирик сув тўғонларининг қурилиши, тўғондан кейинги сув оқимининг суъний ўзгаришига, сув ҳавзасидаги мавжуд шаклланган табиий тизимнинг бузилишига олиб келади.

Катта қувватли ГЭС ларнинг сув омбори жуда катта ер майдонини эгаллайди. Масалан Хитойнинг Уч-дара ГЭСи сув омбори қурилиши учун 1 миллионга яқин маҳаллий аҳоли ўз яшаш жойларидан кўчирилганлиги ҳақида маълумотлар бор;

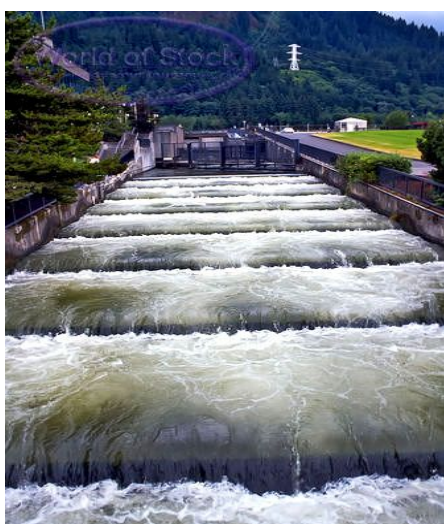
Сунъий сув ҳавзаларининг юзага келиши худуднинг микроиқлими ва ер намлик ҳолатининг ўзгаришига олиб келиши, бу эса ўз навбатида қишлоқ хўжалигига таъсир кўрсатиши мумкин;

Сейсмик актив худудларнинг тоғ дарёлари ўзанида қурилган баланд тўғонлар оғир экологик ҳолатларни юзага келтириши мумкин.

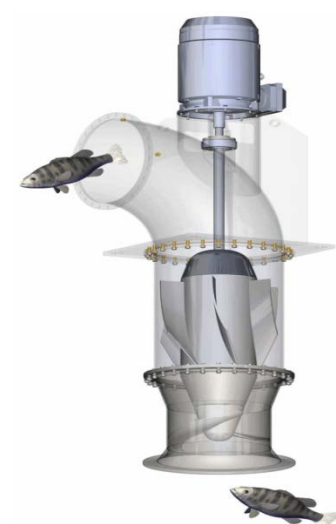
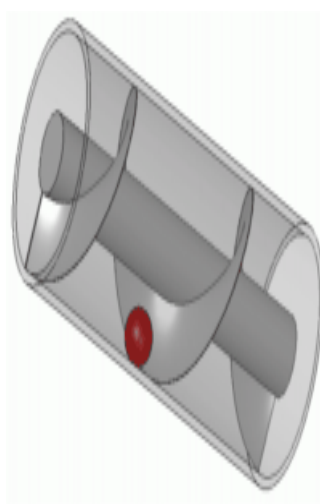
Кейинги пайтларда ўта катта қувватли ГЭС лар ўрнига микроГЭС ларни кўпайтириш самаралироқ ҳисобланмоқда. Албатта, бунда алоҳида олинган ГЭС нинг қуввати жуда кичик бўлади, лекин сув оқими бўйлаб кўплаб кичик станцияларни қуриш мумкин. Бу станцияларда сувнинг табиий оқимидан фойдаланиб табиатга энг кам зиён етказган ҳолда электр энергия ишлаб чиқариш мумкин. Лекин бунда ҳам ўзига хос муаммолар келиб чиқиши кутилмоқда. Гап шундаки, кичик сув ҳавзалари йўлида қурилган кўплаб станциялар балиқларнинг мавсумий кўчишига, оқибатда уларнинг кўпайишига тўсқинлик қилади. Чунки балиқлар урчиш мавсумида сув



хавзасининг юқори қисмига қараб ҳаракатланади ва тўғонлардан ўта олмайди. Тўғоннинг юқори қисмидаги балиқлар пастга кўчишида гидротурбиналарда ҳалок бўлади. Келажақда кичик ГЭС ларда бу муаммони ҳам ечимини топиш зарур. Ваҳоланки бугунги кунда ҳам балиқлар учун тўғонини айланиб ўтувчи махсус пиллапоялар қурилган (7.8- а расм) ГЭС мавжуд. Шунингдек кейинги пайтларда гидротурбиналар технологияларини ривожлантиришда балиқларга энг кам зиён етказувчи парраклар ва гидротехник иншоотлар режалаштирилмоқда.



а



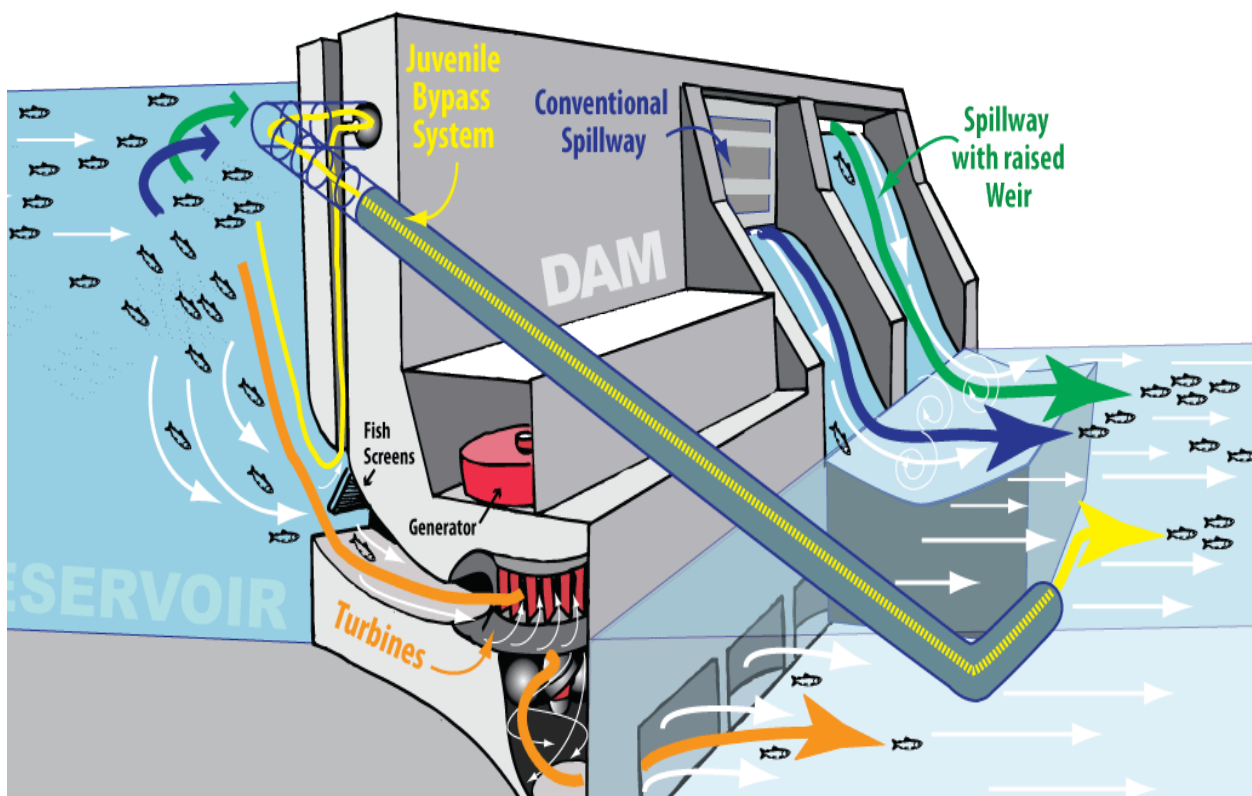
б

7.8-расм. Сув ҳавзаларидаги экологик тоза технологиялар:

а- ГЭС нинг балиқлар учун пиллапояси, б- fish-friendly технолгияли гидротурбина ва сув тортиш насоси

Ана шундай технологияларга Австриянинг “Voith Hydro” компанияси томонидан яратилган “fish-friendly” (балиқларга дўст маъносида) типдаги турбинани мисол қилиш мумкин. Ҳозирги кунда Россия жанубидаги қатор ГЭС ларда ана шундай турбиналар ўрнатилган. Шунингдек “fish-friendly” типдаги технологиялар нафақат гидротурбина, балки сув тортувчи насослар учун ҳам қўлланилмоқда. Экологик талабларга тўлиқ жавоб берувчи ГЭС ларда турбиналар ҳам балиқларни бешикаст ўтказди, тўғоннинг юқори қисмидаги майда балиқлар учун ҳам турбинани айланиб ўтиш йўли (Juvenile Bypass sistem) мавжуд (7.9- расм).





7.9- расм. Экологик тоза ГЭС.

Сув микдори кескин кўпайганида ортиқча сувни ўтказиб юборувчи канал (Spillway with raised weir), хавфсизлик нуқтаи-назаридан барча ГЭС ларда кўзда тутилган.

ГЭС нинг асосий электр қисми гидрогенератордир. Гидрогенератор, уч фазага синхрон, аён қутбга генератор бўлиб, гидротрубина билан бирга яхлит электромеханик тизимни ташкил қилади, шунинг учун гидрогенератор деб аталади.

Гидрогенераторнинг айланиш частотаси турбогенераторларга қараганда анча кичик, шу сабабдан 50 Гц частотали ток ҳосил қилиш учун генераторнинг қутблари сони кўпроқ бўлади. Генераторнинг ротори юқоридан турбина паррагига қаралганда соат стрелкаси йўналишида айланади. Катта қувватли ГЭС ларда генератор вертикал жойлашган бўлади (7.10-расм). Бу гидротурбина, генератор ва уларнинг қисмларини осон жойлаштиришни, системанинг умумий мустаҳкамлиги ва ишончлилиги юқори бўлишини, шунингдек машина залининг ихчам бўлишини таъминлайди.



а



б



в



г

7.10-расм. Гидротурбина паррагини ўрнатиш (а), гидрогенератор корпуси статорни ўрнатишга тайёрланмокда (б), гидрогенератор корпуси статори билан (в), статор ичига генератор ротори туширилмокда (г).

Кам қувватли ва тўғонсиз ГЭС ларда эса генераторларни горизонтал жойлаштириш технологик жиҳатдан қулай (7.11-расм).



7.11-расм. Горизонтал жойлашган генераторлар.

Электр энергияси генераторнинг статоридан олинади ва трансформаторга узатилади.

ГЭС генераторлари қуйидаги асосий кўрсаткичлари билан характерланади:

- тўла қувват;
- актив қувват;
- реактив қувват;
- қувват коэффициенти;
- чиқиш кучланиши.

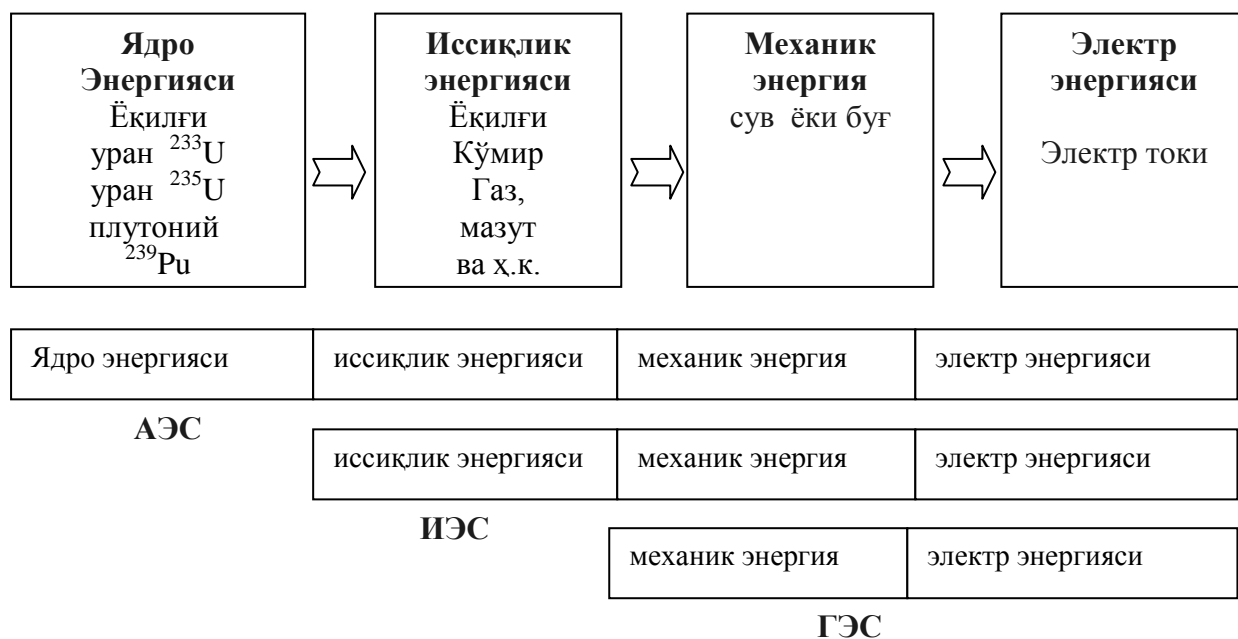
Генераторларнинг чиқиш кучланиши 3,15кВ; 6,3кВ; 10,5кВ ва 21 кВ бўлиши мумкин. Чиқиш кучланиши 13,8кВ; 15,75кВ; 18кВ ва 20 кВ кучланишли генераторлар ҳам мавжуд, фақат бундай генераторларнинг қуввати 50 МВт ва ундан ортиқ бўлади. Генераторларнинг қувват коэффициенти 0,8 дан 0,95 гача, фойдали иш коэффициенти эса 95- 98,5 % гача етиши мумкин. Энг замонавий генераторларда қувват коэффициенти 0,97 гача боради.

МикроГЭС ларнинг генераторлари 220 В кучланиш чиқаради ва трансформатор станциясига ҳожат йўқ. ГЭС нинг кучланиши бевосита истеъмолчиларга берилади (7.11-расм).

### **7.1.3. Атом электр станциялари**

Электростанциялар ишини энергия айлантириш нуқтаи-назаридан таҳлил қилинганда атом электр станциялари (АЭС) энг самарасиз ҳисобланади. Чунки ГЭС ларда бир мартаба энергия ўзгартириш (механик энергия электр энергиясига) жараёни, иссиқлик электр станцияларида икки мартаба (иссиқлик энергияси механик энергияга ва кейин механик энергия иссиқлик энергиясига) энергия ўзгартириш жараёни бажарилса, АЭС ларда бу жараён уч марта бажарилади (7.12-расм). Лекин шунга қарамай ўтган

асрнинг охири 21-асрнинг бошларигача АЭС лар энг самарали энергия манбаи ҳисобланиб келинган.



7.12-расм. Электростанцияларда энергия ўзгартириш жараёнлари.

АЭС ларнинг самарадорлиги асосан ядро реакциясининг (ядронинг бўлинишидан ҳосил бўладиган энергияс) ўта юқори қуввати ва ёниш жараёнининг экологик тозаллиги (чиқинди чиқиши ва ҳавонинг ифлосланиши нуқтаи-назаридан) билан изоҳланади. Одатда ядро реакторларида ёқилғиси сифатида ураннинг  $^{233}\text{U}$ , ва  $^{235}\text{U}$  изотоплари, ёки плутоний  $^{239}\text{Pu}$  ишлатилади. Замонавий реакторларда 1г уран изотопидан 2500 кВт соат (ўртача 81 ГЖ) ёки 2800 кг шартли ёнилғининг иссиқлик энергиясига тенг иссиқлик олинади. Масалан Ўзбекистоннинг бир йиллик ишлаб чиқарган электр энергияси 50 млрд. кВт соат бўлса бу тахминан 2,2 тонна ураннинг парчаланиш энергиясига тенг.

ИЭС лар атмосферага чиқиндилар чиқариши ва катта миқдорда кислород сарфлаши жаҳатларидан зарарли ҳисобланса, АЭС бундай камчиликлардан холи. Маълумки ИЭС лар атмосферага олтингугурт, азот ва углерод оксидлари, углеводород ва бошқа моддалардан иборат чиқиндилар чиқаради. Масалан 1 ГВт қувватли ИЭС бир йилда ёқилғи турига қараб 13000 тоннадан 165000 тоннагача ана шундай чиқиндилар чиқаради.

Шунингдек, ИЭС лар ёнилғи туридан қатий назар катта миқдорда кислород сарфлайди. 1ГВт қувватли станция бир йилда ўртача 8 миллион тонна кислород ёқади<sup>2</sup>.

АЭС ларининг асосий афзалликларидан яна бири шундаки, уларни исталган худудда қуриш мумкин. Чунки АЭС ларда ишлаб чиқарилган электр энергиясининг таннархида бирламчи энергия манбаларининг ҳиссаси 30-40 % дан ошмайди. ИЭС ларда эса бу кўрсаткич 60-70 % ни ташкил этади. Шунинг учун ҳам жаҳон амалиётида катта АЭС лар органик ёқилғилар кам бўлган йирик саноатлашган районларда қурилганлигини кўрамиз (Европа маркази, Америка ва Япониянинг йирик саноатлашган районлари).

АЭС ларнинг камчилиги уларнинг радиоактив хавфни кучайтириши, ишлатилган радиоактив ёнилғини (уран ва плутоний) хавфсиз йўқотиш муаммоларидан иборат. Энг асосий хавф эса, АЭС ларда табиий офатлар, техник носозликлар ёки инсон омили туфайли юз бериши мумкин бўлган авария ҳолатлари ва уларнинг оқибатларини бартараф этишнинг қийинлиги, хаттоки бугунги технологиялар шароитида иложсизлигидир. Ўта оғир оқибатларга олиб келган бундай ҳоллар жаҳон атом энергетикаси тарихидан маълум. 1986 йил 26-апрелда Украинадаги Чернобил АЭС нинг 4-энергоблокидаги портлаш, ёки 2011-йилнинг 11-мартдаги кучли ер қимирилаши оқибатида Япониядаги Фукусимо АЭС да содир бўлган авариялар бунга ёрқин мисолдир.

Атом энергиясидан фойдаланишда яна бир муҳим омиллардан бири, мамлакатнинг иқтисодий кўрсаткичларидир. Чунки АЭС ларнинг электр энергияси ГЭС ва ИЭС ларнинг энергиясидан қимматроқ. Масалан 2000-йиллардаги ҳисоб-китобларга қараганда АЭС қурилиши 1кВт қувват электр энергияси учун 2300 \$ ташкил этган. Бу нарх кўмир ёқувчи ИЭС лар учун 1200\$, газ ёнилғисида ишловчи ИЭС лар учун 950\$ бўлган. Технологияларнинг ривожланиши натижасида АЭС ларнинг қурилиши 2016- йилга

---

<sup>2</sup> 7.1А.Д.Трухния Основы современной энергетики/под ред. чл. корр РАН Е. В. Аметистова.-М: Издательский дом МЭИ, 20078.-Т.1.-472 с. ISBN978 5 383 00162 2



келиб бировз арзонлашган ва ҳар бир кВт электр қуввати учун 2000\$ ни ташкил этган. Лекин шунда ҳам АЭС лар кўмир ёқувчи ИЭС ларга нисбатан 35 %, газ ёқувчи ИЭС ларга нисбатан эса 45 % қимматлигича қолмоқда. Шунинг учун ҳам Ер юзидаги барча АЭС лар иқтисодий ривожланган давлатларда қурилган, ёки улар томонидан ривожланаётган мамлакатларда шерикчилик асосида қурилган.

АЭС ларнинг яна муҳим, ўзига хос хусусиятларидан бири шундаки, АЭС ўз ишлаш муддатини ўтаб бўлгач, уни бузиб йўқотиш ҳам жуда қимматга тушади. Бу ишлар АЭС қурилишига сарфланган маблағининг 20% қисмигача бўлиши мумкин.

**Тарихий маълумотлар.** Атом электр станциялари дастлаб Россияда қурила бошланди. Саноат миқёсидаги биринчи атом электр станцияси 1954-йилда Россиянинг Калуга вилоятидаги қуввати 5 МВт бўлган Обнинск АЭС эди (7.13- а расм). 1958 йилда қуввати 100 МВт бўлган Сибир АЭСи,



а



б

7.13- расм. Дунёдаги биринчи Обнинск АЭС и ва замонавий АЭС.

1964-йилда қуввати 210 МВт бўлган Нововоронеж АЭСи нинг 1-блоки, 1969 йилда 365 МВт қувватли иккинчи блоки ишга тушди. 1956 йилда Англияда қуввати 46 МВт бўлган Колдер-Холл АЭС ишга туширилган бўлса, 1957 йилда АҚШ да қуввати 60 МВт бўлган Шиппингтон АЭС ишга туширилди. Шундан кейин Европа ва АҚШ да АЭС лар қурилиши авж олиб кетди. 1959 йилда Франция, 1961 йилда Германия, 1962 йилда Канада, 1964 йилда Швеция, 1966 йилда Япония ўз АЭС ларига эга бўлди.



1970-80 йиллар орасида фан ва технологияларнинг ривожини АЭС ларни қисқа муддатларда қуриш, алоҳида энергоблокни ва станциянинг умумий қувватини ошириш имкониятларини яратди. АЭС электр энергияси ишлаб чиқаришда экологик тоза (7.13- б расм) ва энг самарали деган тушунчалар шаклланди. Халқаро атом энергетикаси агентлиги (МАГАТЭ) башоратига кўра 2000- йилга бориб жаҳондаги АЭС ларнинг умумий қуввати 4000 ГВт, ҳатто 7000 ГВт гача бориши мумкин деб башорат қилинган эди.

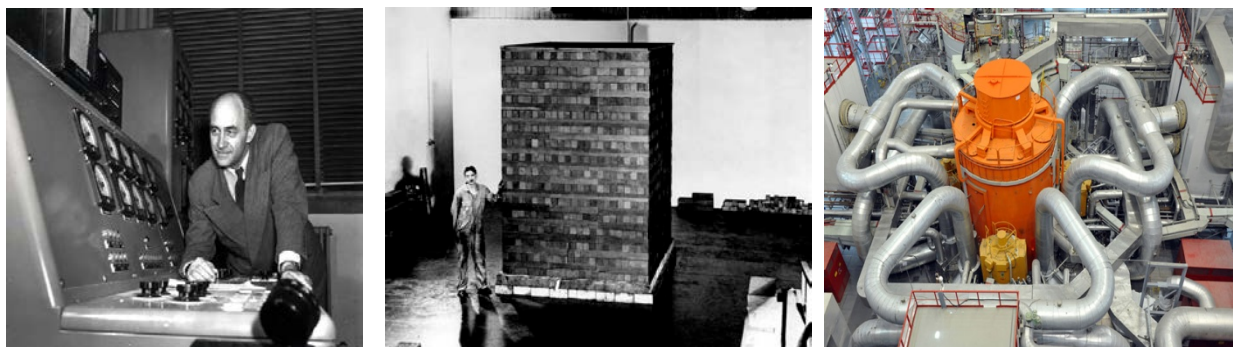
Лекин, кейинги йиллардаги АЭС ларда юз берган авариялар ва уларнинг келтириб чиқарган оғир оқибатлари атом энергетикасининг ривожини бироз жиловлади. Дастлаб, 1979 йилда АҚШнинг Майл Айленд АЭС да юз берган авария, айниқса 1986-йилдаги Украинанинг Чернобил АЭС даги портлаш жаҳон атом энергетикасини боши берк кўчага олиб кириб кўйди. 2011-йилдаги Фукусимо АЭС даги ҳалокат эса атом энергетикасининг кейинги тараққиётига нисбатан муносабатни бутунлай ўзгартирди. АЭС ларни кейинги ривожидан, уларни қуришда хавфсизлик энг биринчи масалага айланди. Шунга қарамай 2016 йил ҳолатига жаҳоннинг 31 мамлакатидан жами 191 та АЭС лар мавжуд бўлган. Бу станцияларда 438 та энергия блоклари (атом реакторлари) мавжуд, уларнинг умумий қуввати 391,8 ГВт. АҚШ нинг АЭС лари бу қувватнинг 26 % қисмини ташкил этса, Франция 17% ни, Япония 12% ни, Россия 6% ни, Жанубий Корея 5% ни, Хитой, Канада, Украина 4% дан, Германия ва Англия 3% дан, қолган давлатлар АЭС лари эса 16 % қисмини ташкил этади.

АЭС лар кўплиги жиҳатдан АҚШ етакчилиги қилади. Бугунги кунда АҚШ нинг 63 та АЭС ларида 104 та энергия блоклари ишлаб турибди, 58 та энергия блокларига эга Франция иккинчи ўринда, 54 та энергия блоклари билан Япония учинчи ўринда. Бу рўйхатда Россия тўртинчи ўринда бўлиб унинг 10 та АЭС ларида 32 та энергия блоклари ишлаб турибди.

**АЭС нинг тузилиши.** Атом электр станциясининг асосий энергия манбаи ядро реакторидир. Юқорида қайд этилганидек, реакторда радиоактив модда-уран ядроларининг бўлиниш реакцияси содир этилади. Бу ядро

реакцияси атом бомбаси портлагандаги занжирли ядро реакциясига ўхшаш, фақатгина бу ерда занжирли реакция бошқарилувчи бўлиб, реакция натижасида ажралиб чиқаётган энергия миқдори ҳам бир меъёрга ушлаб турилади.

**Ядро реактори.** Биринчи ядро реактори 1942 йилда АҚШ да машҳур физик олим Э. Ферми раҳбарлигида қурилган. Кейинчалик 1945 йилнинг сентябрида Канадада, 1946 йилнинг декабрида Россияда ядро реакторлари ишга туширилиб, ядро энергиясидан амалда фойдаланиш бошланди. Энг аввал ядро энергияси электр токи ишлаб чиқариш учун қўлланила бошланди.



7.12-расм. Энрико Ферми ва унинг дунёда биринчи ядро реактори кўриниши, ҳамда замонавий реактор.

Умуман олганда ядро реакторлари электр энергияси ишлаб чиқаришдан бошқа яна кўплаб мақсадларда ишлатилади. Қўлланилиш соҳаларига қараб реакторлар қуйидаги турларга бўлинади:

-энергетик реакторлар-электр ёки иссиқлик энергияси ишлаб чиқариш учун қўлланилади. Бу реакторлар энг катта қувватли реакторлар бўлиб уларнинг иссиқлик қуввати 5 ГВт гача бўлиши мумкин;

-транспорт-реакторлари транспорт воситаларини энергия билан таъминлашга мўлжалланган. Бугуги кунда асосан сув ости ва сув усти кемаларида кенг ишлатилмоқда;

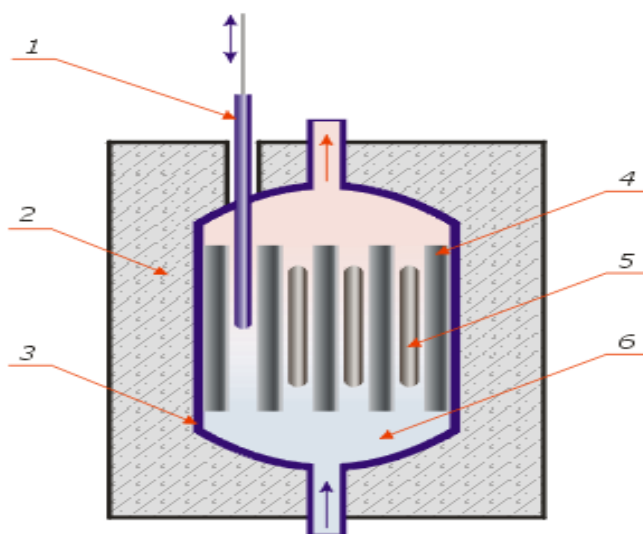
-экспериментал реакторлар-ядро реакторларини ишлаб чиқариш ва уларни проектлаш масалалари билан боғлиқ бўлган тадқиқот ишларини

бажаришга мўлжалланган. Бундай реакторларнинг қуввати бир неча кВт атрофида бўлади.

-тадқиқот реакторлари ядро физикаси ва бошқа йўналишлардаги фундаментал тадқиқотларни бажаришга мўлжалланган. Уларнинг қуввати 100 МВт дан ошмайди. Мамлакатимизда ҳам илмий тадқиқотлар учун қурилган шундай реактор Фанлар академиясининг ядро физикаси институтида ишлаб турибди;

-саноат реакторлари-асосан ядро қуроллари ва уларнинг таркибий қисмларини ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланилади.

Ядро реакторининг тузилиши 7.13-расмда келтирилган. Ядронинг бўлиниш реакциясини амалга ошириш учун (занжирли реакция) ядро ёнилғиси  $^{235}\text{U}$  (асосан уран) тезлаштирилган нейтронлар оқими билан бомбардимон қилинади.



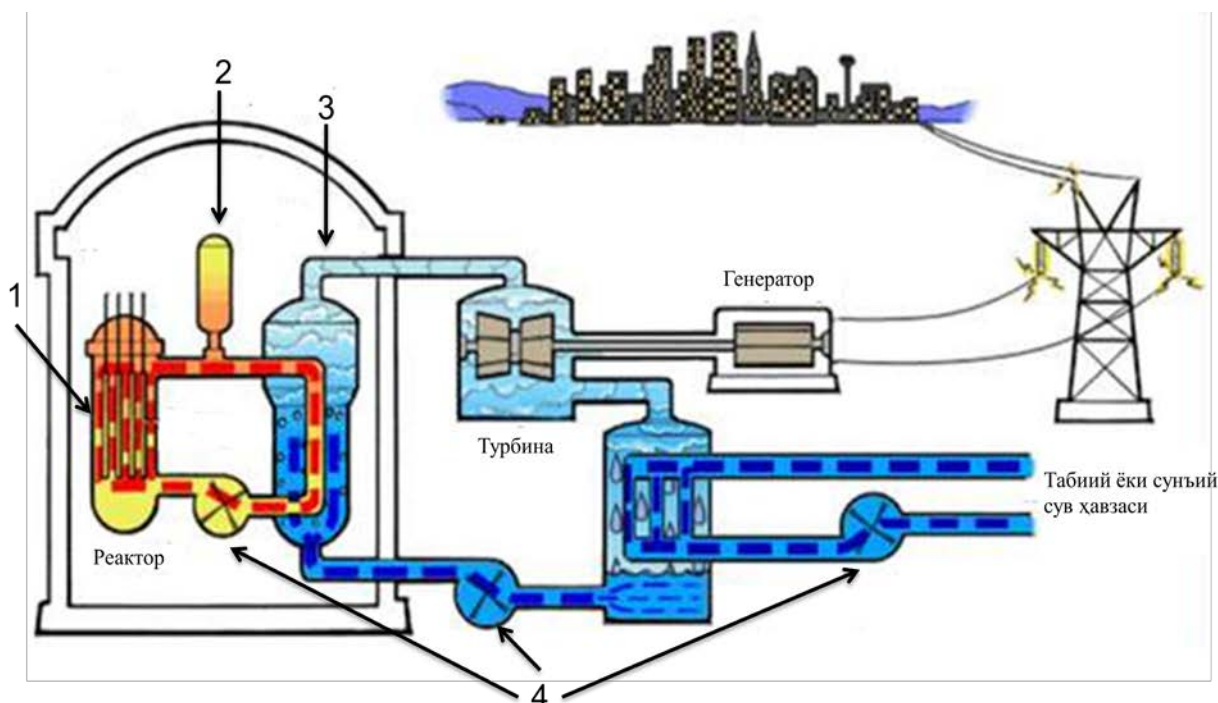
7.13-расм. Ядро реакторининг тузилиши:

- 1-бошқарувчи стержен, 2-радиациядан ҳимоялаш қобиғи, 3-иссиқлик ҳимоя қобиғи,  
4-секинлаштиргич, 5 ядро ёнилғиси, 6-иссиқлик ташувчи

Занжирли реакцияни ва иссиқлик миқдорини бошқариш учун бошқарувчи стержен 1 ва нейтронларни секинлаштирувчи қурилма 4 ишлатилади. Реактордаги кучли нурланишдан ҳимояланиш учун 2 радиациядан ҳимоя қобиғи, иссиқликни сақлаш учун 3 иссиқлик ҳимоя қобиқлари мавжуд. Реакторнинг катта миқдордаги иссиқлик энергияси

иссиқлик ташувчи 6 орқали ташқарига узатилади. Иссиқлик ташувчи мухит сифатида кўпроқ сув ишлатилади. Сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик қобилиятини ошириш учун унинг таркиби кислороддан тозаланеди.

**Икки контурли АЭС.** Икки контурли АЭС нинг умумий тузилиш схемаси 7.14-расмда келтирилган. АЭС нинг асосий элементи атом реакторидир. Реакторда содир бўлаётган ядро реакцияси кучли иссиқлик энергияси ҳосил қилади. Ядро реакциясини 1 махсус ютиш стерженлари ёрдамида бошқариб турилади. Биринчи контурда ядро реакторининг иссиқлик энергияси, иссиқлик ташувчи орқали буғ генераторига узатилади. Иссиқлик ташувчи сифатида кислороддан тозаланган сув ишлатилади.



7.14- расм. Атом электр станциясининг схемаси:

1-бошқариш стерженлари, 2-босим компенсатори, 3-буғ генератори,4- сув насослари

Шунингдек реакторнинг сув айланувчи контурида босимнинг меъёридан ортиб кетишини олдини олиш учун 2 босим компенсаторлари мавжуд. 1-контурнинг маълум қисми 2-контурдаги буғ генератори 3 ичидан ўтади ва контурдаги сувни қайнатади.

Ҳосил бўлган буғ турбинага узатилиб механик энергия (айланма ҳаракат) ҳосил қилади. Бу механик энергия генератор роторини айлантиради ва электр токи ишлаб чиқаради. Турбинадан ўтган сув буғлари ташқаридан

келаётган сув оқими ёрдамида совитилади. Совиган буғ конденсацияланиб конденсаторда йиғилади ва яна насослар ёрдамида буғ генераторига юборилади. Конденсатордан катта миқдордаги табиий сув айланиб оқиб туради. Шунинг учун АЭС лар одатда катта сув хавзалари яқинида қурилади. Ядро реактори билан бевосита боғлангани учун 1-контурдаги сув радиацияга эга, шунинг учун бу контур махсус радиациядан химояланган қобик ичида жойлашган.

Ядро энергетикасида бир конурли ва уч контурли ядро реакторлари ҳам ишлатилади. Лекин икки контурли системалар энг кўп тарқалган.

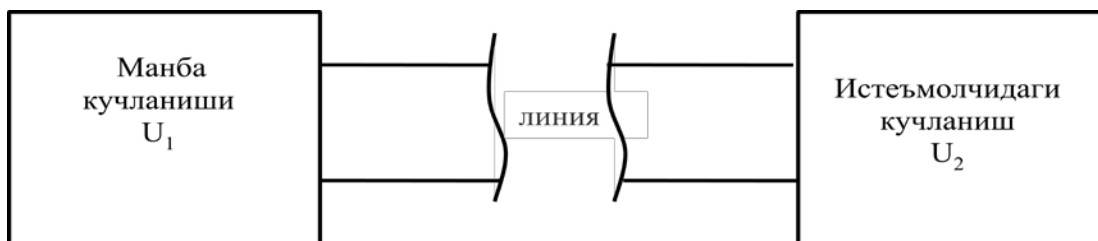
## **7.2. Электр энергиясини узатиш**



### **7.2.1. Электр узатиш линиялари**

Электростанцияларда ишлаб чиқарилган электр энергияси истеъмолчиларга электр узатиш линиялари (ЭУЛ) орқали етказиб берилади. Амалда ер усти ва ер ости ЭУЛ мавжуд. Ер устида қурилган ЭУЛ ҳаво линиялари деб аталади. Электр энергиясини узоқ масофаларга узатишда ҳаво линиялари қулай ва арзон. Аҳоли зич яшайдиган жойларда, шаҳарлар ва корхоналарнинг ичида хавфсизлик нуқтаи-назаридан ва теварак атрофга халақит бермаслик учун ер ости ЭУЛ ишлатилади. Ер ости линиялари кабелли ЭУЛ деб аталади.

Электр узатиш линияларида кувват исрофини камайтириш учун узатилаётган токнинг кучланиш оширилади. Масалан, манбадан чиқаётган  $U_1$  кучланиш электр линиясининг қаршилиги ҳисобига истеъмолчига етиб келгунча  $U_2$  қийматгача камаяди (7.15-расм). Линиянинг актив қаршилиги



7.15-расм. ЭУЛ да қувват исрофига доир.

ҳисобига кучланишнинг пасайиши  $\Delta U = U_1 - U_2$ . Кучланишнинг бу пасайишига мос қувват  $\Delta P = I\Delta U = I^2 R_{\text{лин}}$ , бу ерда  $I$  линиядаги ток кучи,  $R_{\text{лин}}$  ЭУЛ нинг актив қаршилиги. Ток кучини, кучланиш ва истеъмолчи қуввати орқали  $I = \frac{P}{U_1}$  кўринишда ифодалаб, линиядаги қувват исрофи учун қуйидагига эга бўламиз

$$\Delta P = \frac{P^2 R_{\text{лин}}}{U^2} \quad (7.2)$$

Демак ЭУЛ ларида симларининг қаршилиги ҳисобига содир бўлаётган электр қуввати исрофи линиядаги кучланишнинг квадратига тескари пропорционал. Шунинг учун ҳам электр узатиш линияларида қувват исрофини камайтириш учун кучланишни оширилади. Линиянинг узунлиги қанча катта бўлса, унинг қаршилиги ҳам катта бўлади, исрофни камайтириш учун эса кучланишни ҳам шунча кўп оширилади. Яъни ЭУЛ сининг узунлиги қанча катта бўлса, бу линиядаги кучланишни ҳам шунча юқори бўлиши таъминланади. Шу усул билан, электр энергиясини узатишдаги қувват исрофи камайтирилади. Амалда 0,4 кВ; 6кВ; 10кВ; 35кВ; 110кВ; 150кВ; 220кВ; 330кВ; 750кВ; 1150 кВ кучланишли ҳаво ЭУЛ лари мавжуд. Бу линиялар қуйидаги турларга бўлинади:

-паст кучланишли линиялар- 0,4 В (бу беъвосита истеъмолчиларга узатилувчи кучланиш бўлиб, истеъмолчи линиясидаги кучланиш 380 В бўлади);

-ўрта кучланишли линиялар – 1 кВ дан 35 кВ кучланишгача;

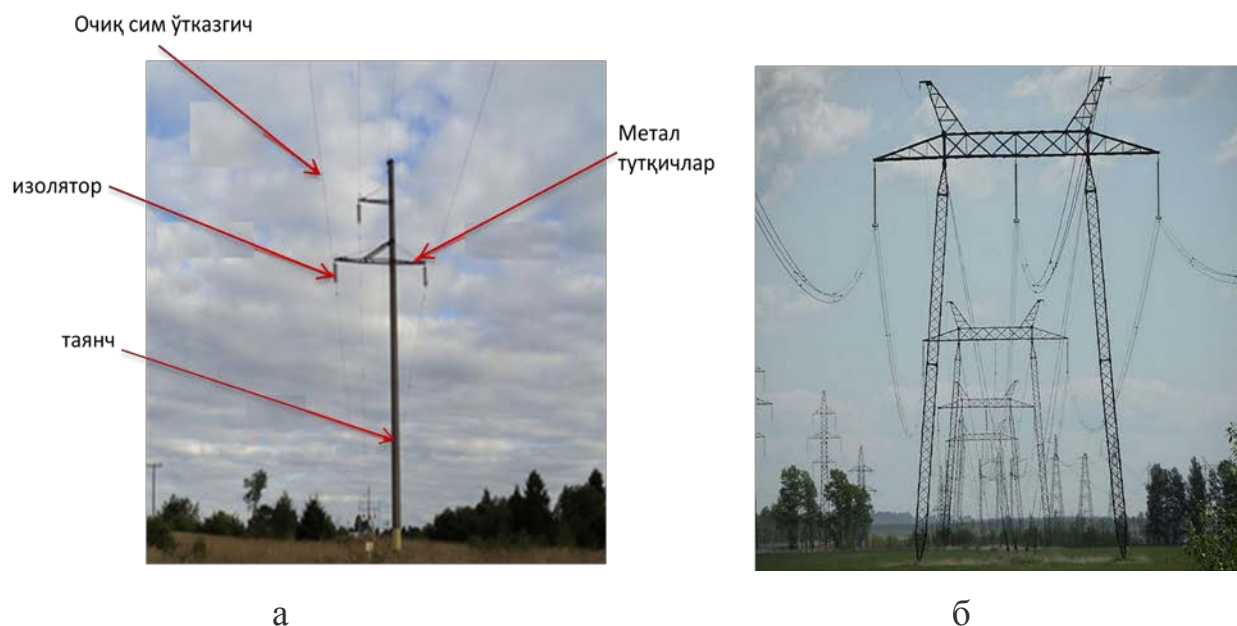
-юқори кучланиш линиялари – 110 кВ дан 220 кВ кучланишгача;



- ўта юқори кучланиш линиялари - 330 кВ дан 500 кВ кучланишгача;
- ультра юқори кучланиш линиялари – 750 кВ дан юқори кучланишлар.

Мамлакатимиз электроэнергетика тизимларида 500 кВ гача бўлган ЭУЛ мавжуд. Ундан катта кучланишли линиялар Россия электр тизимларида мавжуд (1150 кВ гача), чунки Россиянинг худуди катта ва жуда катта масофаларга чўзилган электр узатиш линиялари мавжуд. Бизнинг мамлакатимизда эса 500 кВ кучланиш билан ҳам, етарлича катта қувватни, кам исрофлар билан мамлакатнинг исталган худудига етказиб бериш мумкин. ЭУЛ лари фақатгина кучланиши билангина эмас, балки линиянинг конструктив тузилишлари билан ҳам фарқланади. Чунки ЭУЛ элементлари кучланишга қараб турлича бўлади. Шунингдек ЭУЛ кучланиш турига қараб турли мақсадларда қўлланилади.

500 кВ ва ундан катта кучланишли линиялар ўта узок масофаларга энергия узатиш учун қўлланилади ва алоҳида минтақаларнинг энергетик тизимларини ўзаро боғлайди.

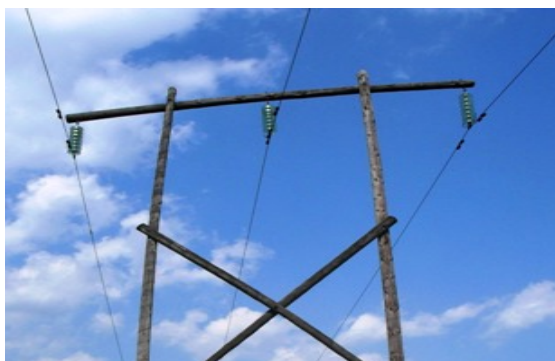


7.16-расм. 110 кВ (а) ва 750 кВ (б) кучланишли электр узатиш линиялари.

Масалан, Марказий Осиё давлатлари бир-бири билан ўзаро 500 кВ кучланишли линиялар орқали боғланган. 220кВ ва 330 кВ кучланишли линиялар магистрал линиялар деб аталади ва катта қувватли

электростанцияларни, ҳамда таркибида кичик қувватли станциялар мавжуд бўлган, алоҳида энергетик тизимларни ўзаро боғлайди.

35 кВ дан 150 кВ гача бўлган линиялар маълум миқдордаги энергия истеъмолчиларини (аҳоли пунктлари, шаҳарлар, катта корхоналар ва хоказо), ва энергия тақсимлаш пунктларини ўзаро боғлайди.



а



б

7.17-расм. 10 кВ кучланишли ёғоч таянчли ЭУЛ (а) ва 0,4 кВ кучланишли темир бетон таянчли ЭУЛ (б).

20 кВ гача бўлган линиялар электр энергиясини, тақсимлаш пунктлари дан бевосита истеъмолчиларнинг трансформатор станцияларига етказиб беради. Амалда кўпроқ 6 кВ ва 10 кВ кучланишли линиялар кенг тарқалган. 0,4 кВ кучланишли линиялар эса истеъмолчи трансформаторидан бевосита истеъмолчиларга уланган, уч фазали уч симли, ёки уч фазали тўрт симли линиялардир. 7.17-б расмда уч фазали тўрт симли линия кўрсатилган (расмда 5 та линия кўрсатилган, бешинчи сим кўча ёритиш тизимига тегишли).

**ЭУЛ ларнинг таянчлари.** Электр таъминоти тизимларида ЭУЛ ларнинг таянчлари сифатида ёғоч, темир-бетон ва темирли конструкциялар ишлатилади. Паст ва ўрта кучланишли ЭУЛ ларда ёғоч таянчларни учратиш мумкин. Ёғоч таянчларга чиришдан ва биологик кемирувчилардан ҳимоялаш учун махсус ишлов берилади (махсус мойли аралашмаларга бўктирилади). Ёғоч конструкциялар арзон ва қўлланилишга қулай, енгил бўлгани ҳолда уларнинг ишлаш муддати қисқа (40-50 йил). Бу таянчлар ерга қўмилган темир-бетон асосга (7.18- а расм) пўлат симлар орқали маҳкамлаб қўйилади. 1950-1970 йилларда (электр энергетикасининг тезкор суратлар билан

ривожланган даври) ёғоч таянчлар кенг амалда бўлган. Лекин 20-аср бошларига келиб ёғоч хом-ашёси нархининг ошиши, экологик ва бошқа техник сабабларга кўра темир бетон таянчлар ёғоч таянчларни бутунлай сиқиб чиқарди.



а б  
7.18-расм. Ёғоч таянч, темир-бетон ва темир конструкцияли таянчлар.

Амалда кўпроқ темир-бетон ва темир конструкцияли таянчлар кенг тарқалган. Таянчларнинг конструкциялари, ўлчамлари ЭУЛ кучланишига қараб турлича бўлади. Чунки, кучланишнинг ортиши билан линия симлари орасидаги масофа ва симнинг ердан баландлиги ҳам катта бўлиши керак. Бу эса таянч ва тутқичларнинг ўлчамларига таъсир этади. Кучланиш 6-10 кВ бўлганда симларнинг оралиғи 1 м дан кам бўлмаслиги керак. Кучланиш 35-220 кВ бўлганда эса симлар оралиғи 2,5-7 м гача бўлиши талаб этилади. 500 кВ кучланишли линияларда эса симлар оралиғи 10-12 м бўлиши зарур. Симлар оралиғини бундай бўлишини таъминлаш учун албатта таянч ва тутқичларнинг ўлчамлари ҳам катталашиб боради(7.18 -б расмга қаранг).

330 кВ гача бўлган линияларнинг таянчлари одатда яқка темир-бетон устундан иборат бўлади. Ундан катта кучланишларда эса таянчлар бир неча устунли, ёки асос кесими катта бўлган темир конструкцияли мураккаб формага эга бўлади.

**ЭУЛ симлари.** Линияларда ўтказгичлар сифатида асосан очиқ (изоляциясиз) алюмин симлар ишлатилади. Алюмин ишлатиш линия таннархини камайтиради. Бундан ташқари, таянчларга осилиб турган симларнинг оғирлиги камаяди, бу эса таянчлар орасидаги масофани ошириш

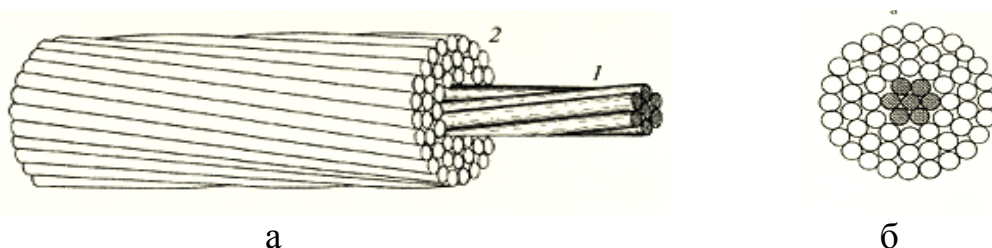
ва таянчларни иқтисод қилиш имконини беради. Симнинг кесим юзаси ЭУЛ кучланишига қараб ортиб боради. Масалан 6-10 кВ кучланишли линияларда симнинг кесим юзаси 70-120 мм<sup>2</sup> бўлса, 220 кВ кучланишли линияда юза 300 мм<sup>2</sup> бўлади.

500 кВ кучланишли линияларда симларнинг умумий кесим юзаси (битта фаза, икки ёки учта алохида симларга бўлинган бўлиши мумкин, 7.19-расм) 1500 мм<sup>2</sup> гача етади.



7.19-расм. Икки занжирли ЭУЛ.

Симларнинг кесими ортиб боргани сари уларнинг оғирлиги ҳам кўпайиб бориб, алюмин сим ўз оғирлигини кўтара олмаслиги мумкин. Шунинг учун механик мустаҳкамликни ошириш мақсадида алюмин симларнинг ичида пўлат ўзак бўлади. Бу пўлат ўзаклар ҳам кўп толали бўлади 7.20-расм.



7. 20-расм. Кўп толали алюмин сими ва унинг пўлат ўзаги: а-симнинг умумий кўриниши, 1- алюмин толалар, 2- пўлат ўзак толалари; б-симнинг кўндаланг кесими.

**Изоляторлар.** Электр линияларида, линияни ердан изоляциялаш учун, ток ўтказувчи симларни таянчларга изоляторлар орқали маҳкамланади. Амалда изоляторлар чинни, шиша ва полимер материалларидан ясалади 7.21-



расм. Изоляторларнинг шакли ва ўлчамлари линия кучланишига қараб турлича бўлади. ЭУЛ сининг кучланиши қанча катта бўлса линия сими ва таянч тутқичлари оралиғидаги изоляторнинг ўлчами шунча катта бўлади.



Чинни изоляторлар

шиша изоляторлар

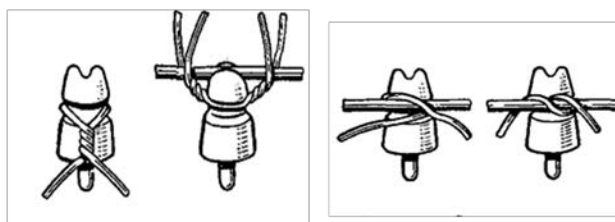
полимер изоляторлар

7.21-расм. ЭУЛ изоляторлари.

Изолятор материалларнинг диэлектрик хусусиятлари юқори бўлиши, шунингдек, ташқи муҳитга ва механик кучланишларга чидамли бўлиши талаб қилинади. Чунки изоляторлар очик атмосфера шароитида узоқ муддат ишлаши ва унга осилган, катта массали симларни кўтариб туриши керак. Юқорида айтилганидек, линия кучланиши ортиши билан, линия симлари ҳам йўғонлашиб, оғирлиги ортиб боради. Бу эса симларни ушлаб турувчи изоляторлар ҳам мустаҳкам бўлишини талаб этади.



а



б



в



г

7.22-расм. ЭУЛ изоляторлари.

а- паст кучланишли линияларнинг изоляторлари, б-паст кучланиш линияларида симларнинг изоляторга маҳкамланиши, в- изолятор таянч тутқичига осиб қўйилган, г-изоляторлар симлар ва таянч тутқичлари оралиғида жойлашган.

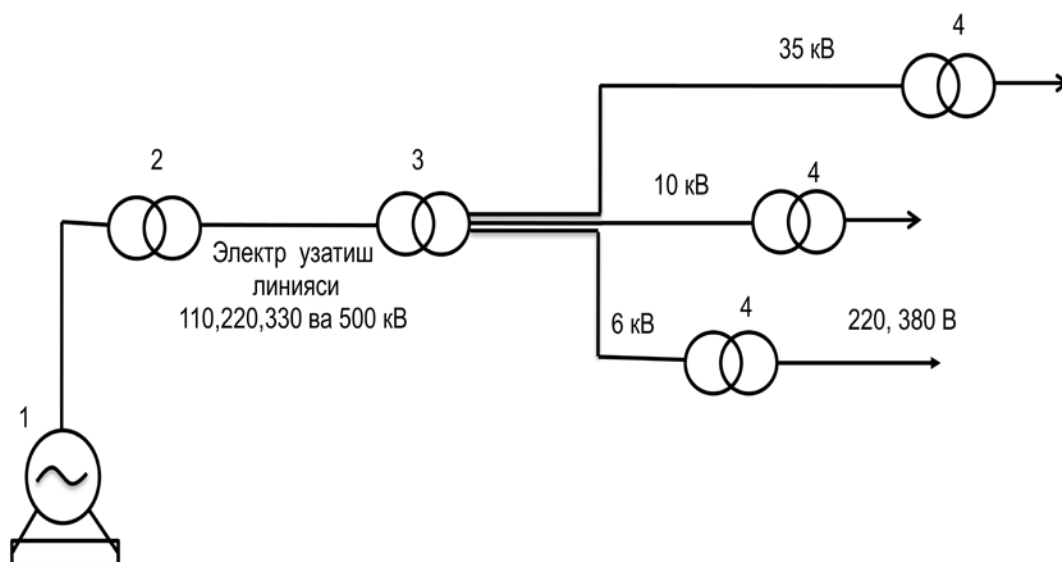


7.23-расм. Гирлянд изоляторлар.

### 7.3. Трансформатор подстанциялари

Электр энергиясини ишлаб чиқарувчидан (электростанциялардан) истеъмолчиларга (аҳоли ва корхоналар электр тизимлари) етказиб берувчи “электр тармоқлари” ЭУЛ ларидан ташқари, трансформатор подстанцияларини (ТП) ҳам ўз ичига олади. Трансформатор подстанциялари ЭУЛ лардан келаётган кучланишни қабул қилиб, уни ўзгартириб (кучайтириб ёки пасайтириб), электр тармоғининг кейинги линияларига, ёки истеъмолчиларга тарқатади. ТП лар ўзгартирилган кучланишни бир ёки бир неча истеъмолчиларнинг ЭУЛ ларига тақсимлаб беради. Агар станцияда кучланиш ўзгартирилмай, фақатгина станцияга тушаётган электр энергиясини тақсимлаб берилса, бундай станциялар тақсимлаш станциялари деб юритилади. Шунингдек ТП да ЭУЛ дан келаётган электр токи параметрларини ўлчаш ва электр энергияси ҳисобини юритиш ишлари ҳам бажарилади. ТП лар трансформаторлардан, коммутацион қурилмалар, сақлагичлар, релели ҳимоя ва автоматик воситалардан, ҳамда ўлчов қурилмаларидан ташкил топган, мураккаб электротехник тизимлардан иборат бўлади. Электр тармоғининг умумий тузилиши схемаси 7.24-расмда келтирилган.





7.24-расм. Электр тармоғининг умумий схемаси.

1-электростанция, 2-кучайтирувчи трансформатор подстанцияси, 3-пасайтирувчи трансформатор подстанцияси, 4-истеъмолчиларнинг трансформаторлари.

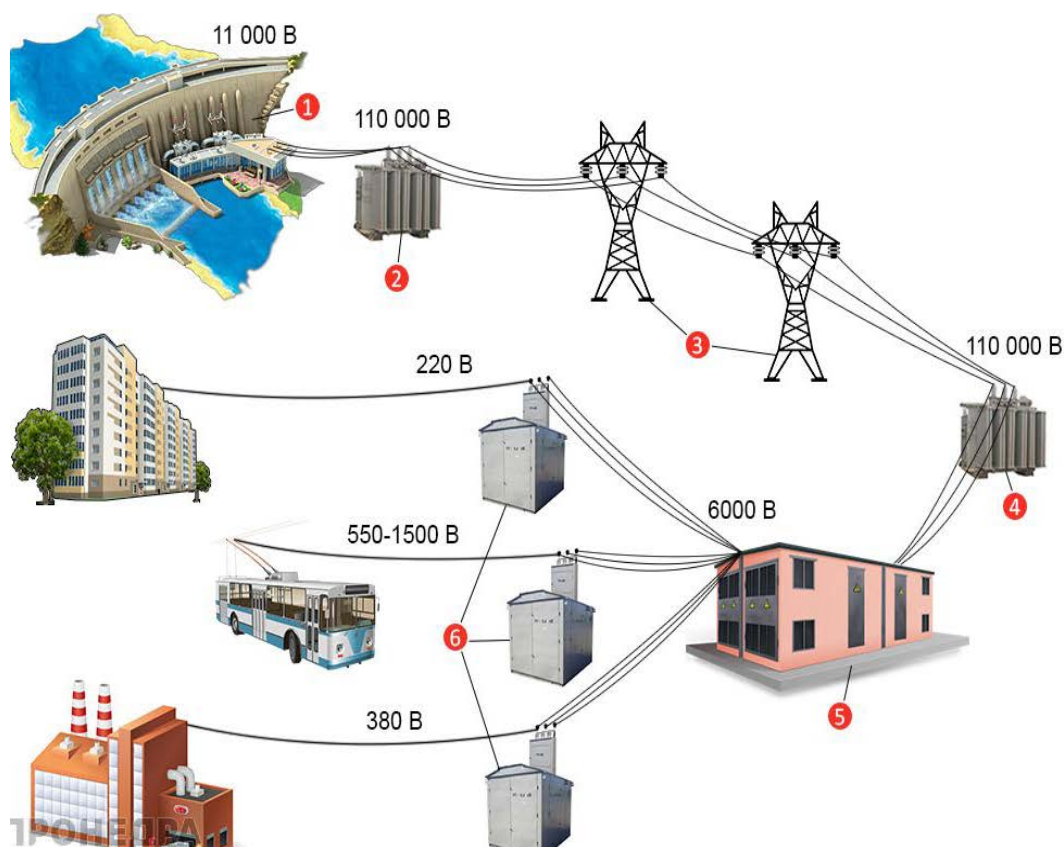
Электростанция генераторидан чиққан ўзгарувчан кучланиш (электростанция генераторларининг чиқиш кучланиши 6,6 кВ; 11 кВ; 13,8 кВ; 15,75 кВ; 18 кВ ёки 20 кВ бўлиши мумкин) кучайтравчи трансформаторда 110 кВ, 220 кВ ёки 500 кВ кучланишгача кучайтирилиб ЭУЛ га берилади. Линия охирида жойлашган пасайтирувчи трансформаторда кучланиш 6 кВ, 10 кВ ёки 35 кВ гача (масофага қараб) пасайтирилиб, нисбатан яқин масофаларда жойлашган “истеъмолчи трансформатор”ларга узатилади. Пасайтирувчи трансформатор станциясидан бир нечта линиялар чиқиши мумкин. Шунинг учун бу трансформатор подстанцияси таксимлаш қурилмаларига ҳам эга бўлади. Истеъмолчининг трансформаторидан уч фазали уч симли ёки уч фазали тўрт симли линиялар орқали электр энергияси бевосита истеъмолчиларга берилади.

Йирик саноат корхоналари ўзининг алохида трансформаторларига эга бўлиши мумкин. Бу трансформаторларга 6кВ, 10 кВ ёки 35 кВ кучланишли линиялар келиши мумкин 7.25-расм. Шунингдек электр транспорти тизимларида трансформатор подстанцияларидан ташқари ўзгарувчан токни тўғрилаш системалари ҳам мавжуд.

Бу тўғрилаш системаларида 600 В дан 1500 В гача ўзгармас кучланишлар ҳосил қилиниб, транспорт тизими ток таъминотига берилади. Трансформатор подстанциясининг тақсимлаш қурилмасидан чиққан 6 кВ ёки 10 кВ кучланишли линия бевосита истеъмолчи трансформаторларига берилади.

Трансформатор подстанциялари ва тақсимлаш станцияларидаги мураккаб технологик вазифалардан бири, катта қувватли истеъмолчи занжирини электр кучланиши остидаги линияга улаш ва ундан ажратишдир.

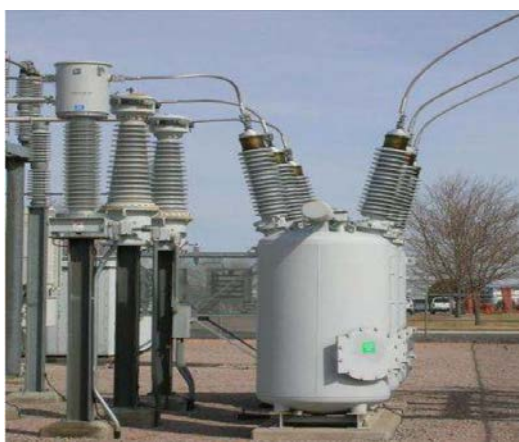
Чунки, катта қувватли юкламага ток бериш (улаш) ва уни токдан ажратиб олиш (узиш) жараёнларида контактлар оралиғида кучли электр ёйи ҳосил бўлади. Уни олдини олиш учун коммутация воситалари деб аталувчи махсус ўчириб ёқиш қурилмалари ишлатилади



7.25-расм. Электр таъминоти тизимининг умумий кўриниши.

1-гидроэлектр станцияси, 2-кучайтирувчи трансформатор, 3-электр узатиш линияси, 4-пасайтирувчи трансформатор (110кВ дан 6 ёки 35 кВ гача пасайтиради), 5-тақсимлаш станцияси, 6-истеъмолчи трансформаторлари.

**Узгич.** Занжирни токли тармоққа улаш ва ундан ажратиш учун махсус курилма “узгич” ишлатилади. Демак узгичлар занжирни иш токига улаш ва ундан ажратиш учун ишлатилади. Бундай узгичларнинг ёй сундирувчи курилмалари, ток ўтказувчи қисмлари, изоляторлари, контактларни ҳаракатга келтирувчи қисмлари ўзига хос бўлади. Тузилиши ва ёй сўндириш усулларига қараб узгичлар катта ҳажмдаги мойли, кичик ҳажмдаги мойли, ҳаволи, электромагнитли, элегазли, автогазли ва вакуумли турларга бўлинади. 7.26-расмда мойли ва элегазли узгичлар кўрсатилган. Расмдан кўришиб турибдики элегазли узгичлар мойлига қараганда анча ихчам ва қулай.



а



б

7.26-расм. Мойли (а) ва элегазли(б) узгичлар.

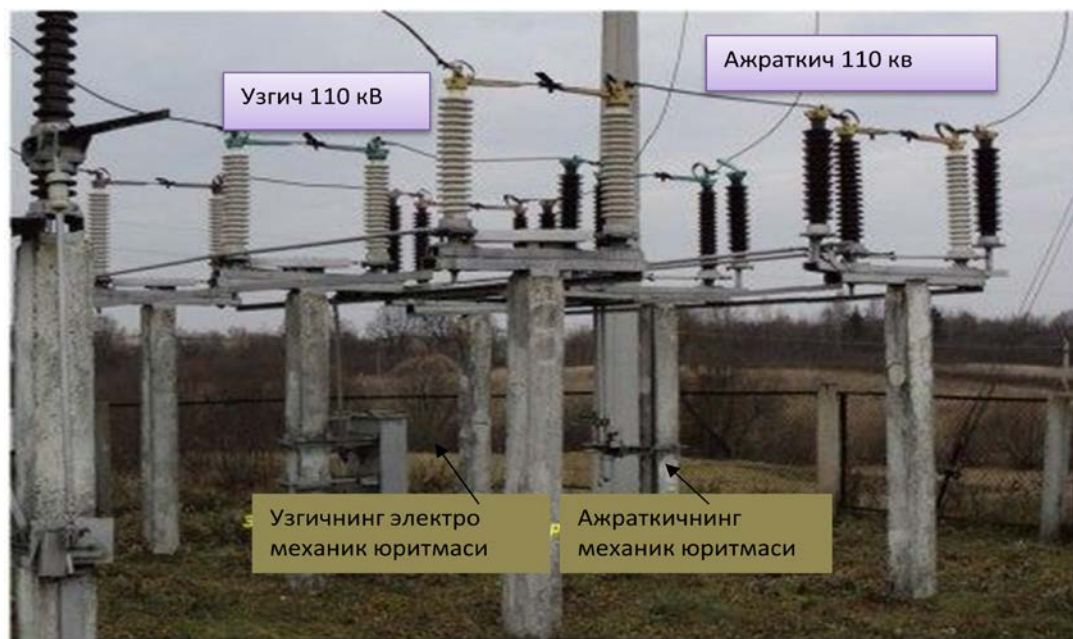
Узгичларда уланувчи контактларни мой, вакуум, элегаз каби муҳитларга жойлаштириш ҳисобига электр ёйи ҳосил бўлмайди. Узиш-улаш жараёни кўлда ёки электромеханик юритмалар ёрдамида бажарилиши мумкин.



**Элегаз.** Электротехник газ  $\text{SF}_6$ , таркиби олтингугурт ва фтор атомларидан иборат бўлиб юқори даражадаги диэлектриклик хусусиятига эга. Элегаз рангсиз ва ҳидсиз газ бўлиб у ёнмайди, ҳаводан 5 марта оғир. Металлар билан реакцияга киришмайди. Айнан шу хусусиятларига кўра бу газлар электротехника саноатида изоляцияловчи газ сифатида кенг ишлатилади.

**Ажраткич.** ТП ларда узгичлардан ташқари ажраткичлар ҳам ишлатилди. Курилмалар узгич ёрдамида тоқдан узилгандан кейин, ажраткич

қурилмаси ёрдамида занжир узиб қўйилади. Ажраткич шундай қурилмаки, унда контактларнинг очиклиги бевосита кўриниб туради. Ажраткичлар ёй сўндириш тизимларига эга эмас, шунинг учун ток остидаги занжирни ажраткич орқали узиш ва улаш тақиқланади. Ажраткич фақатгина узгичлар узилгандан кейин, токсиз занжирларни ажратади. Подстанциянинг 110 кВ кучланишли линиясини ўчириб ёқувчи узгич ва ажраткичлар 7.27-расмда кўрсатилган.



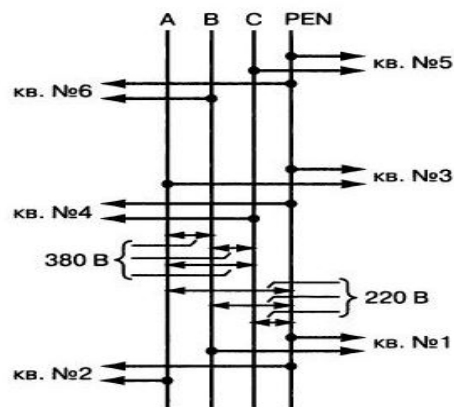
7.27-расм. ТП нинг узгич ва ажраткичлари.

Узгич ва ажраткичларнинг электр занжирида, ажраткичнинг ажраб турган контактларининг яққол кўриниб туриши хавфсизлик нуқтаи-назаридан жуда муҳим. Шунингдек бундай кўриниб турувчи очик контактлар технологик ахамиятга ҳам эга. Ажраткичларнинг контактлари мисдан ишланиб устига кумуш қатлами қопланади.

Истеъмолчининг трансформаторлари асосан 6кВ ёки 10 кВ кучланишни 220 В истеъмол кучланишига айлантириб беради. Бунда фазалар орасидаги кучланиш 380 В. Лекин айрим жойларда (масалан корхоналарнинг айрим электр тизимларида) чиқиш кучланиши 127 В бўлган трансформаторлар ҳали ҳам сақланиб қолган ва амалда бўлиши мумкин. Гап шундаки, 1960-1970-йилларгача 127 В кучланишдан амалда жуда кенг фойдаланилган.



Истеъмолчининг трансформаторлари одатда бевосита электр энергияси истеъмолчиларнинг худудларида (махаллаларда, кўп қаватли уйлар орасида, корхоналарнинг ҳовлиларида ва ҳоказо) жойлашади. Бу трансформаторлар очик ҳавода, мослаштирилган кичик бинолар ичида, ёки махсус металл контейнерлар ичида жойлашган бўлиши мумкин. Шаҳарларда, аҳоли зич яшовчи жойларда трансформаторлар махсус бинолар ичида ёки металл шкафларга жойлаштирилган бўлади. Трансформаторга келувчи юқори кучланиш линиялари ҳам, трансформатордан чиқувчи 220/380 В ишчи кучланишли, 3 фазали 4 симли линиялар ҳам кабел линиялари орқали амалга оширилади 7.28-расм. Ташқаридан қаралганда электр линиялари кўзга кўринмайди ва теварак атрофга халақит бермайди.



7.28-расм. Кўп қаватли бинолар электр таъминоти трансформатори ва бинодаги истеъмолчиларнинг 3 фазали 4 симли линияга уланиш схемаси.



7.29-расм. Электр линиялари ва қурилмалари жойлашувини тўғри ташкил этиш, улардан тўғри ва самарали фойдаланиш фақат техник ёки иқтисодий жиҳатдангина эмас, балки экологик, шаҳарсозлик архитектураси, дизайн ва эстетик жиҳатдан ҳам муҳимдир.

Истеъмолчилар тарқоқ жойлашган ҳолларда, қишлоқ шароитларида, трансформаторлар очик ҳавода жойлашган бўлади. Очик ҳавода жойлашган трансформаторларнинг атрофи хавфсизлик талабларига кўра ўралган бўлади. Бу трансформаторларга келувчи юқори кучланиш линиялари ҳам, трансформатордан чиқувчи 3 фазали 4 симли линия ҳам ҳаво линияларидир 7.30- а расм. Чунки нисбатан узок масофаларга ер ости кабел линияларини тортиш қимматга тушади.



а

б

7.30-расм. Истеъмолчиларнинг трансформаторлари.

Истеъмолчиларнинг трансформаторлари сифатида КТП ВМ 250/6-10/0,4 маркали уч фазали трансформатор энг кўп тарқалган. Трансформаторни номланишидаги қисқартириш ва белгилар қуйидагича изоҳланади:

-КТП-трансформатор подстанцияси бутламаси (комплект трансформаторной подстанции);

-ВМ- кириши ҳаво линияли , мачтали (воздушного ввода, мачтовая);

-250-тўла қуввати 250 кВА гача (бу трансформаторнинг 25, 40, 63, 100, 160 кВА қувватлилари ҳам мавжуд);

-6-10 –трансформаторнинг юқори кучланишли кириш томони 6 кВ ёки 10 кВ кучланишли;



-0,4-трансформаторнинг паст кучланишли чиқиш томони линия кучланиши 380 В (ихчамлаштириб 0,4 кВ ёзилади).

Изох. Амалда трансформаторнинг чиқишида, линия кучланишлари 380 В дан бироз каттароқ бўлишига йўл қўйилади.

Кам сондаги (кичик қувватли) истеъмолчиларни ток билан таъминлаш учун кичик қувватли трансформаторлар бевосита электр линияси таянчларига ўрнатилиши ҳам мумкин 7.30 –б расм. Айниқса АҚШ ва Европа давлатлари электр тизимларида бундай осма трансформаторлар жуда кенг тарқалган.

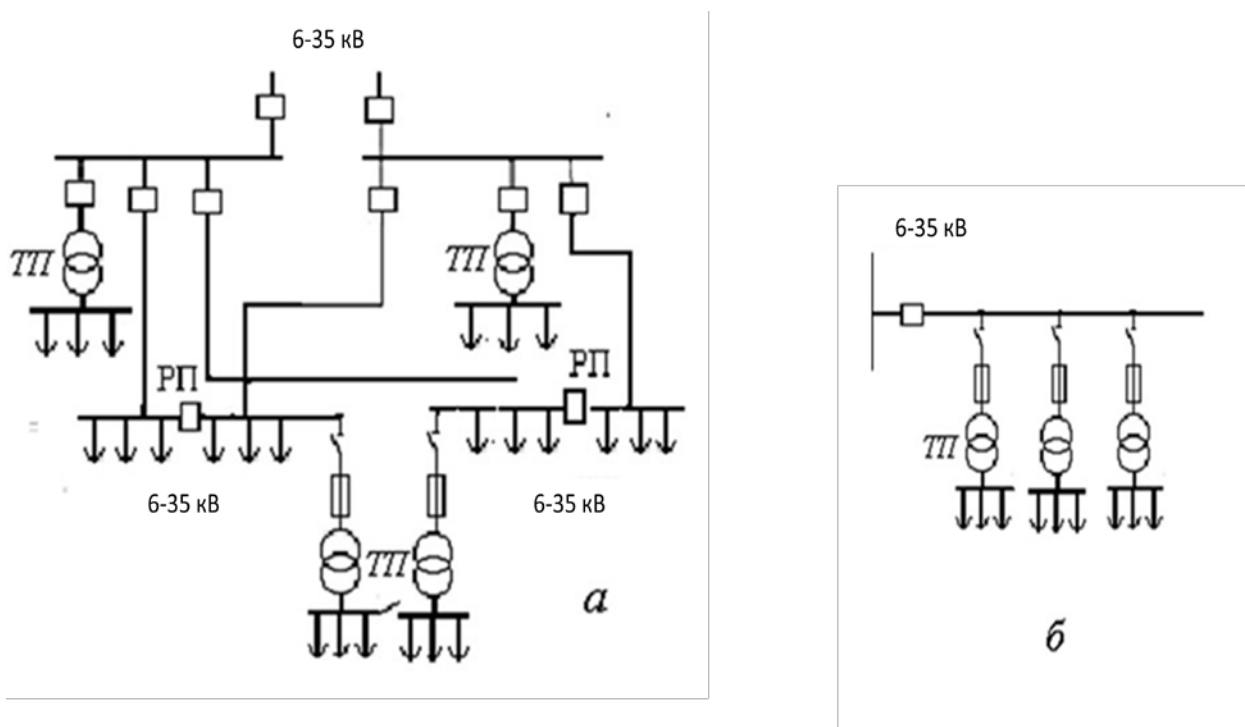
#### **7.4. Истеъмолчиларнинг электр таъминоти схемалари**

**Саноат корхоналари электр таъминоти.** Саноат корхоналари умумий электр таъминоти тизимлари орқали ёки корxonанинг электр станцияси орқали электр энергияси билан таъминланиши мумкин. Одатда фақат йирик саноат корхоналаргина ўз электр станцияларига эга бўлади. Аксарият корхоналар умумий электр тармоқлари орқали электр энергияси билан таъминланади.

Ўта катта қувват истеъмол қилувчи йирик саноат корхоналари ва саноатлашган ҳудудларда бош пасайтирувчи трансформатор станциялари қурилади. Бу трансформаторлар 500 кВ, 220 кВ, ёки 110 кВ кучланишни 6кВ, 10 кВ, ёки 35 кВ кучланишларгача пасайтириб корxonанинг ёки ҳудуднинг истеъмолчи трансформаторларига етказиб беради. Бош трансформаторларнинг қуввати 3,2 МВА дан 10 МВА гача бўлиши мумкин. Корхона ичидаги истеъмолчининг трансформаторларида 6кВ, 10 кВ ёки 35 кВ кучланиш 0,4кВ истеъмол кучланишгача пасайтирилиб паст кучланишли истеъмол линиялари ҳосил қилинади.

Бош пасайтирувчи трансформатордан истеъмолчи трансформаторигача бўлган электр узатиш линияси магистрал ёки радиал схемада бўлиши мумкин.

Магистрал схемада (7.31-а расм) бош трансформатордан истеъмолчига бўлган линия бир қанча тармоқланишларга эга бўлади ва алоҳида истеъмолчилар ўз линияларига эга бўлиши мумкин.



7.31- расм. Электр таъминотининг магистрал (а) ва радиал (б) схемалари.

Иқтисодий жиҳатдан олиб қаралганда магистрал схема самарасиз, лекин энергия таъминоти ишончилиги нуқтаи-назаридан эса самаралидир.

Радиал схемада эса (7.31-б расм) электр линияси тармоқланмаган бўлиб, истеъмолчиларнинг трансформаторлари ягона линия уланади. Бу схема иқтисодий жиҳатдан самарали, лекин электр таъминоти ишончилиги кам. Амалда аралаш схемалар ҳам қўлланилади, бунда маълум истеъмолчилар магистрал схемада, қолганлари радиал схемада уланади.

Электр энергияси истеъмолчилари электр таъминоти тизимларининг ишончилик даражаси нуқтаи-назаридан категорияланган ва категорияланмаган истеъмолчилар турларига бўлинади. Категорияланган истеъмолчилар эса ўз навбатида икки турга бўлинади:

-биринчи категория истеъмолчилари-иккита алоҳида, бир-бирини захираловчи электр таъминоти линиясига ва қўшимча захира электр линиясига эга бўлади;

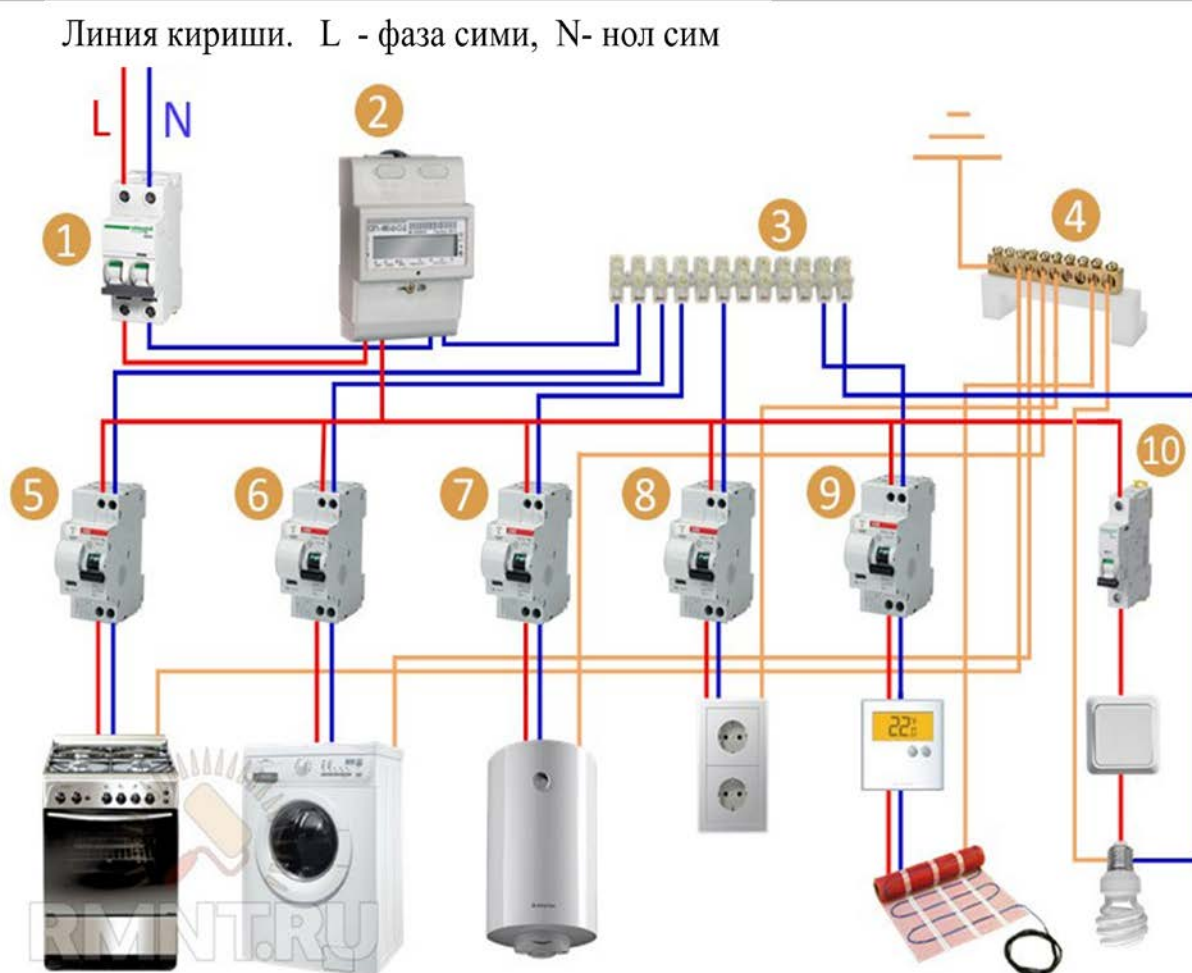
-иккинчи категория истеъмолчилари-иккита алоҳида бир-бирини захираловчи электр таъминоти линиясига эга бўлади. Категорияланмаган корхоналар эса умумий асосларда, битта электр линиясига эга бўлади.

**Шахсий хонадонларнинг электр схемасидан намуналар.** Маиший шароитларга мўлжалланган барча электр қурилмалари бир фазали ўзгарувчан токда ишлайди. Шунинг учун, хонадонларнинг электр таъминоти линиялари бир фазали бўлади. 7.32-расмда бир фазали электр линиясининг хонадонга уланиши ва хўжалик электр истеъмолчиларига тақсимланиши схемаси келтирилган. Бугунги кунда, шахсий хўжаликларда ишлатилувчи электр қурилмаларининг турлари жуда кўп ва уларнинг қувват истеъмоли ҳам турлича. Бу электр қурилмаларининг узоқ муддат ва сифатли ишлашини таъминлаш учун электр таъминоти линияларини ҳисоблаш ва электр таъминоти схемасини тўғри режалаштириш керак. Линияни ҳисоблаш, электр истеъмолчиларининг қувватига қараб электр симларининг оптимал кесим юзаларини танлашдан иборат. Электр схемани режалаштириш эса истеъмолчиларни турларига ва қувватига қараб, уларни алоҳида таъминот линияларини (магистрал ёки радиал схемада) танлашдан иборат.

Одатда шахсий хўжаликларда катта қувватли электр истеъмолчилари магистрал схема асосида, кам қувватли истеъмолчилар эса радиал схемада бўлиши иқтисодий ва техник жиҳатдан самарали ҳисобланади. Масалан электр плитаси, электр сув иситкичлар каби катта қувватли қурилмалар ҳисоблагичдан кейин алоҳида линиялар орқали таъминланиши мақсадга мувофиқ. Шунингдек розеткаларнинг линиясини (айниқса деворлар орасидаги электр линияларини) ҳам алоҳида ўтказиш ва уларда қувват ҳисобини каттароқ олиш электр линияни узоқ ва хавфсиз ишлашини таъминлайди.

Электр линияларини ҳисоблаш симларнинг кесим юзасини танлашга келтирилади. Бунинг учун ўтказгич турига қараб (мис ёки алюмин ) истеъмол қувватига мос симнинг кесим юзаси жадвал асосида танланади.

Турли қувватли истеъмолчиларнинг линияларини ташкил этишда эса, ҳар бир истеъмолчини қуввати ва унинг хусусиятидан келиб чиқиб уларга алоҳида линиялар тортилади. 7.32-расмда кўрсатилганидек электр плитаси, сув иситкич, кир ювиш машинаси, электр ёритиш тизимлари, розеткалар ва пол иситкичлари алоҳида линиялар орқали таъминланади. Бу линиялар ўзларининг ўта юкланиш ва қиска туташувдан ҳимояловчи автомат қурилмаларига ҳам эга бўлиши мақсадга мувофиқ. Бундан ташқари истеъмолчиларнинг корпус қисмлари ерга улаш линиялари орқали 4- умумий ерга улаш қутисига бирлаштирилиши ва бу қути, белгиланган тарзда ерга уланиши хавфсизликни таъминлаш нуқта-назаридан муҳим аҳамиятга эга.



7.32-расм. Шахсий хонадон электр таъминоти схемасидан намуна.

1-кириш автомати, 2-электр ҳисоблагич, 3-тақсимлаш қутиси,4-ерга улаш линияси қутиси, 5-электр плитанинг линияси, 6-кир ювиш машинаси линияси, 7-сув иситкич линияси, 8-розеткаларнинг линияси, 9-“иссиқ пол” системаси линияси, 10-ёритиш тизимлари линияси.

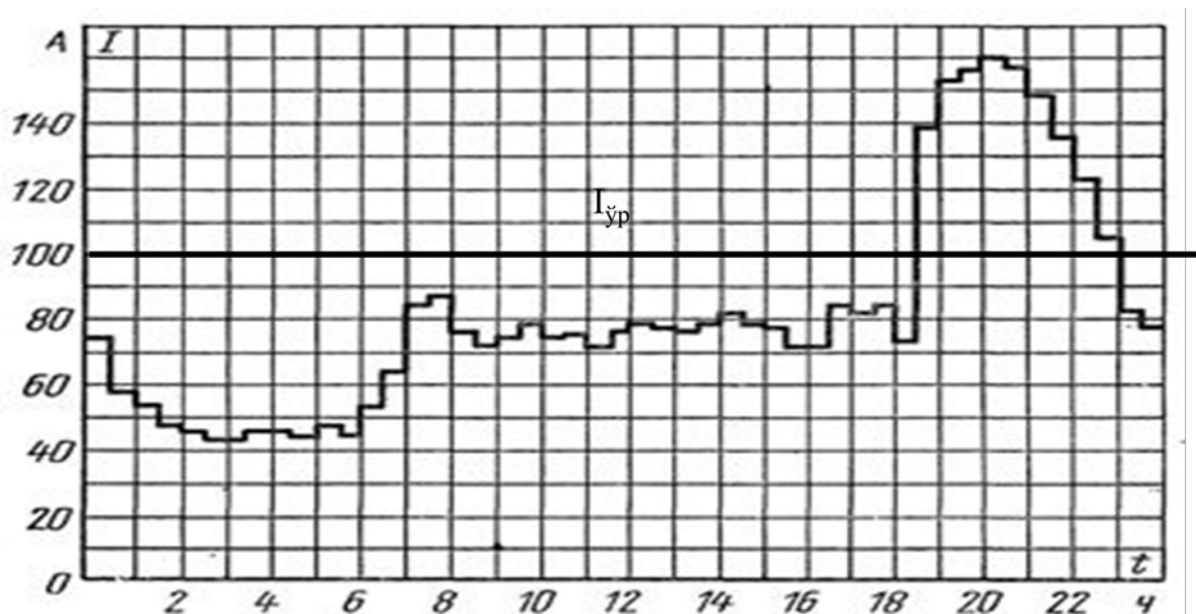
Мис ва алюмин симларнинг кўндаланг кесим юзасига мос  
ток кучи ва қувватлар жадвали

7.3- жадвал

Мис симлар учун			Алюмин симлар учун		
Симнинг кесим юзаси мм <sup>2</sup>	Ток кучи А	Қувват кВт	Симнинг кесим юзаси мм <sup>2</sup>	Ток кучи А	Қувват кВт
1,5	19	4,1	2,5	22	4,4
2,5	27	5,9	4	28	6,1
4	38	8,3	6	36	7,9
6	46	10,1	10	50	11
10	70	15,4	16	60	13,2
16	85	18,7	25	85	18,7
25	115	25,3	35	100	22
35	135	29,7	50	135	29,7
50	175	38,5	70	165	36,3
70	215	47,3	95	200	44
95	260	57,2	120	230	50,6
120	300	66			

**Электр таъминоти тизимларининг замонавий муаммолари.**

Электр таъминоти тизимида энергия истеъмолчиларнинг сутка давомидаги юклама графиги муҳим аҳамиятга эга. Маълумки ҳар қандай истеъмолчининг истеъмол қуввати сутка, ҳафта, ой ва мавсумлар давомида ўзгариб туради. Айниқса сутка давомидаги ўзгариш муҳим аҳамиятга эга. 7.33- расмда кўп қаватли бино электр тармоғи линиясидаги ток кучинининг сутка давомидаги ўзгариши келтирилган.



7.33- расм. Кўп қаватли бино линиясидаги токнинг сутка давомидаги ўзгариши.

Кучланишни 220 В деб олсак, энг катта қувват истеъмоли сутканинг кечки пайтида (соат 20:00 атрофида, максимал қувват 35 кВт), энг кам истеъмол эса тунда (соат 03:00 да, минимал қувват 10 кВт атрофида) кузатилади. Кўриниб турибдики сутка электр энергиясига бўлган талаб ўзгарувчан. Агар истеъмолчи ўртача  $100 \text{ A} \times 220 \text{ В} = 22 \text{ кВт}$  қувват билан таъминланса 19:00 дан 23:00 оралиқда электр энергияси тақчиллиги (етишмайди), бошқа пайтда эса электр энергияси ортиқча бўлади. Электр энергияси (ўзгарувчан электр токи асосида) ишлаб чиқаришнинг ўзига хос хусусияти шундаки, ишлаб чиқарилган оний қувват шу вақтнинг ўзида йўқолади. Буни тушуниш учун электр энергияси ишлаб чиқаришни ҳам бирор маҳсулот ишлаб чиқариш нуқтаи-назаридан қараб кўрамиз.

Маълумки ишлаб чиқаришнинг миқдори ҳар доим талабдан келиб чиқади. Ишлаб чиқаришнинг миқдори талаб даражасидан кам бўлганда албатта етишмовчилик юзага келади. Агар ишлаб чиқаришнинг миқдори талаб даражасидан ортиқ бўлсачи? Албатта ортиқчасини захирага олиб кўямиз. Бу тушунчаларни электр энергияси ишлаб чиқаришга қўлласак-чи? Бу ерда аҳвол бироз бошқачароқ. Маҳсулот ишлаб чиқаришда талабдан ортиқчаси кўриниб туради, сарф бўлмайди, электр энергияси ишлаб



чиқаришда эса талабдан ортиқчаси ҳам истеъмол даврида сарфланиб кетади. Бошқача айтганда исроф бўлади.

Электр таъминоти тизимларидаги статистик маълумотларга кўра, сутка давомида ишлаб чиқарилган электр энергиянинг истеъмолдан ортиқчалиги учун исроф бўлиши 20% гача етади. Чунки электр станцияларнинг ишлаб чиқариш қувватини истемолчининг талаб даражасидаги миқдорларда ва тезликда ўзгартириш мумкин эмас ва бу иқтисодий жиҳатдан ҳам самарасиз. Шунинг учун амалда қувват исрофи доимо мавжуд.

Замонавий электроэнергетикада электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш ва электростанциялар ишлаб чиқарган электр қувватидан тўлақонли фойдаланиш учун истеъмолчиларнинг эҳтиёжларини олдиндан режалаштириш ҳамда кўп таърифли тўлов тизимини жорий этиш кенг қўлланилади. Бунинг учун албатта истеъмолчиларда бундай имкониятларга эга ҳисоблагичлар бўлиши зарур. Шунингдек электр энергиясига тўловни олдиндан жорий этиш тизими ҳам самарадорликни оширишда яхши натижа беради.

## 7.5. Электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлиги



Электр энергиясидан фойдаланишда энергия исрофининг юзага келишига ва самарадорликни камайтиришга олиб келувчи омиллар турлича. Бу омилларга саноат корхоналарида ишлаб чиқариш қурилмаларининг тўла қувватда ишлатилмаслиги, ишлаб чиқаришдаги режалаштирилмаган тўхташлар, технологик жараёнларнинг бузилиши, ёритиш тизимларидан ва табиий ёруғликдан самарасиз фойдаланиш, ишлаб чиқаришда эскирган технологик қурилмалардан фойдаланиш, ишлаб чиқаришни нотўғри ташкил этиш, корхонада ишлаб чиқариш ва маиший хоналарнинг энергия тежамкорликнинг умумий талабларига жавоб бермаслиги каби омилларни

санаб ўтиш мумкин. Умуман олганда, электр энергияси тежамкорлиги масаласи умумий энергия тежамкорлиги нуқтаи-назаридан қаралиб, комплекс тарзда режалаштирилади. Замонавий энергетикада саноат корхоналарини энергия тежамкорлиги нуқтаи-назаридан таҳлил қилиш ва бу таҳлиллар асосида корхона учун тежамкорликни амалга оширишнинг амалий чора-тадбирларини ишлаб чиқиш-энергия аудити деб аталади.

Замонавий ишлаб чиқариш корхоналарининг энергия аудити қуйидаги мақсадларга қаратилади:

- энергиянинг мақсадсиз ишлатилиши ва исрофи манбаларини аниқлаш;

- корхонанинг энергетик самарадорлик кўрсаткичи аниқлаш;

- корхона энергия самарадорлигининг потенциал имкониятларини аниқлаш;

- аниқланган кўрсаткичлар асосида энергия самарадорликни оширишнинг аниқ дастурини ишлаб чиқиш.

Электр энергиясидан фойдаланишдаги самарадорликни ошириш масалалари электр энергиясини ишлаб чиқариш, уни истеъмолчиларга узатиш, тақсимлаш ва электр энергияси истеъмолчиларидаги самарадорлик масалаларини ўз ичига олади.

Электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги самарадорлик, бевосита электростанциялардаги технологик қурилмаларнинг самарадорлиги, улардан фойдаланиш даражаси, электростанциянинг қай даражада юкланганлиги, электростанциянинг экологик, хавфсизлик каби талабларини бажаришга қаратилган (электр энергияси ишлаб чиқариш билан бевосита боғлиқ бўлмаган) қўшимча қурилмаларнинг салмоғи каби кўплаб омилларга боғлиқ. Масалан ИЭС ларда бундай қўшимча тизимларга тозалаш иншоотлари, газ таъминоти, иссиқлик қурилмаларининг назорат ва автоматик ҳимоя тизимлари каби қурилмалари кирса, ГЭС ларда турли сув ўтказгич тизимлари, тўфонларнинг ҳимоя воситалари каби кўплаб гидротехник иншоотларни мисол қилиш мумкин. Аксарият ҳолларда ИЭС ларнинг буг

турбиналарида ишлатиб бўлинган иссиқликларидан иккинчи марта, иссиқлик тизимларида фойдаланиш

Юқоридагилардан келиб чиқиб, шуни алоҳида таъкидлаш керакки, биринчи қарашда қайд этилган кўшимча иншоотлар гўёки электростанцияларнинг умумий самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади. Лекин, қайд этилган тизимларнинг экологик ва хавфсизлик нуқтаи-назаридан аҳамияти ва ўрнини ҳеч қандай самарадорлик билан таққослаб бўлмайди.

## 7.6. Муқобил энергетика



20-аср бошларида пайдо бўлган саноат электр энергетикаси ўтган асрнинг 80-йилларигача гуркираб ривожланди. Саноатнинг ривожланиши электр энергиясига бўлган талабни тинимсиз ортишига олиб келди, бу талаб эса, энг аввало иссиқлик электр станциялари ҳисобига кондириб борилди. Бугунги кунда ҳам, ер юзида ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг 80% қисмида (7.1-жадвалга қаранг) бирламчи энергия манбаи сифатида органик ёқилғилардан (кўмир, газ, нефт) фойдаланилмоқда. Келажакда электр энергияси технологик жиҳатдан энг қулай энергия тури бўлиб қолар экан, уни ишлаб чиқаришда ҳам бирламчи энергиянинг муқобил турларидан фойдаланиш, жаҳон энергетика саноати олдида турган энг долзарб масалалардан биридир.

Муқобил энергия деганда, одатда захираси қайта тикланувчи энергия манбалари назарда тутилади. Буларга қуёш ва шамол энергияси, денгиз тўлқини ва оқим энергияси, ёқилғи олиш мақсадида етиштирилувчи қишлоқ хўжалик маҳсулотлари ва чиқиндилари, кичик сув ҳазаларида, сувнинг табиий оқимига таъсир этмаган ҳолда электр энергияси ишлаб чиқариш киради. Ер қобиғи иссиқлиги энергиясидан, механик тизимлар (ҳаракатланувчи жисмларнинг, шу жумладан инсон ҳаракатининг) энергиясидан ва турли муҳандислик иншоотларида ҳосил қилинган энергиядан (масалан катта босимли газ трубаларидаги энергиядан, ёки иссиқлик узатиш тизимлари

энергиясидан) электр энергиянинг бирламчи манбаи сифатида фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқариш ҳам муқобил энергетика саналади.

Бугунги кунда амалиётга жадал кириб келаётган муқобил энергия манбалари, бу қуёш ва шамол энергетикасидир. Бу икки тур энергия манбалари ер юзининг деярли барча минтақаларида ривожланиб бормоқда. Шунингдек денгиз бўйи давлатларида денгиз тўлқин ва денгиз оқими энергетикасидан, айрим давлатларда (Хитой, Индонезия, Исландия, Франция ва бошқа) эса геотермал энергиядан фойдаланиш амалиёти мавжуд.

Жаҳон миқёсида олиб қаралганда, муқобил энергетиканинг умумий электр энергия ишлаб чиқаришдаги ҳиссаси ҳали сезиларли даражага етмаган бўлса ҳам, бу соҳа жуда тез ривожланиб бормоқда. Алоҳида олинган давлатларнинг электр энергетикаси тизимларида эса муқобил энергетиканинг улуши 15-20 % га етиб борди.

#### **7.6.1. Қуёш энергиясидан фойдаланиш**

Қуёш инсон фаолиятининг барча турлари учун битмас-туганмас энергия манбаидир. Қуёш энергияси, унинг миқдори, ердаги энергия алмашинуви жараёнларида қуёшнинг роли 1-бобда кўриб ўтилди. Бу бўлимда қуёш энергиясини бевосита электр энергиясига айлантириш масалалари кўрилади. Бу ўринда қуёш энергиясига дахлдор биргина фактни қайтаришнинг ўзи кифоя. Ҳисоб китобларга қараганда, ярим соат давомида Ер шарига тушаётган Қуёш нурланиши энергияси инсониятнинг бир йиллик эҳтиёжлари учун етарлидир. Демак қуёш энергияси инсониятнинг узок келажаги учун ҳам беҳисоб энергия манбаидир. Шундай экан, электр энергияси ишлаб чиқаришда ҳам, қуёш энергияси вақти келиб асосий бирламчи манба бўлиб қолади.

Техник масалаларда қуёшнинг иссиқлик энергиясидан фойдаланиш анчагина узок тарихга эга бўлсада, саноат миқёсида қуёш энергиясидан электр энергияси ишлаб чиқариш асосан 21-асрдан бошланган деб ҳисоблаш мумкин. Чунки 2004 йилгача қуёш электр энергетикаси жаҳон электр

энергетикасининг юздан бир улушинигина ташкил этган холос. 2014 йилга келиб эса бу кўрсаткич 1% дан ошиб кетди (жадвалга эътибор беринг ), яъни ўтган 10 йил ичида 100 баравар ўсди<sup>3</sup>. Бу ўсиш кейинги йилларда янада тезлашиши кутилмоқда.

7.4 -жадвал

Йиллар	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ишлаб чиқарилган энергия ТВт соат	2,6	5,0	11,4	31,4	60,6	96,7	134,5	186	253
Йиллик ўсиш %	-	35	68	63	93	60	39	38	36
Умумий энергиядаги хиссаси %	0,01	0,03	0,06	0,15	0,27	0,43	0,58	0,79	1,05

Қуёш энергиясидан кундалик турмуш ва техник мақсадларда фойдаланишнинг усуллари ва кўлами турлича. Бугунги кунда қуёш энергиясидан саноат тизимида фойдаланишда асосан икки хил усул мавжуд. Биринчи усул қуёш энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириб ундан фойдаланиш-термик усул, иккинчи усул қуёш нурланишидан бевосита электр токи ҳосил қилиш-фотогальваник усул.

Мамлакатимизда қуёшнинг иссиқлик энергиясидан бевосита саноат мақсадларида фойдаланиш ўтган асрнинг 70-йилларидан бошланган. Бунда қуёш энергиясинидан юқори ҳарорат ҳосил қилишга асосий эътибор қаратилган ва шу мақсадда 1980-1986 йиллар давомида Тошкент вилоятининг Паркент туманида Қуёш печи қурилган.

<sup>3</sup> [BP Statistical Review of World Energy June 2015, Electricity section, BP \(June 2015\)](#)



7.33-расм. мамлакатимиздаги катта Куёш печи.

Бу куёш печи улкан илмий техник иншоот бўлиб халқаро миқёсда катта нуфузга эга. Ўтган йиллар давомида ушбу иншоот мамлакатимизда куёш энергиясидан фойдаланишнинг илмий ва амалий асосларини яратишда, материалшуносликни ривожлантиришда, ҳамда бошқа фундаментал тадқиқотлар олиб боришда муҳим илмий тажрибалар маркази бўлиб келмоқда.

Сўнгги йилларда (2014 йил декабр ойида) Наманган вилоятида қурилиб ишга туширилган қуввати 140 кВт бўлган куёш станцияси (7.34- расм) эса мамлакатимизда биринчи ишга туширилган фотогальваник куёш электр станциясидир.



7.34- расм. Мамлакатимиздаги биринчи, қуввати 140 кВт бўлган куёш электр станцияси.



**Фотогальваник усул.** Бугунги кунда фотогальваник усул куёш энергиясини электр энергиясига айлантиришнинг энг самарадор усули бўлиб турибди. Фотогальваник усул 1839- йилда Антуан Сезар Беккерль томонидан кашф этилган фотоэффект ҳодисасига асосланади. Беккерль ўз тажрибаларида кучли ёритилган металл сиртида электр токи ҳосил бўлишини аниқлаган. Кейинроқ 1888-1890 йилларда рус олими Александр Столетов фотоэффект таъсирида ҳосил бўлган фототокнинг ёруғлик интенсивлигига тўғри пропорционал эканлигини тажрибалар асосида ўрганди. 1905 йилда 20-асрнинг машҳур олими Альберт Эйнштейн томонидан фотоэффектни назарий асослари яратилмагунга қадар фотогальваник усулда ёруғликни электр токига айлантириш деярли ривожланмади. Чунки А. Беккерль яратган фотоэлементнинг фойдали иш коэффициенти (ф.и.к.) 1% дан ошмас эди. Кейинроқ, 1873 йилда У.Смит, 1877 йилда Адамс, 1880 йилда Чарльз Фриттс каби тадқиқотчи олимлар ҳам бу масалалар билан шуғулланишган (сезгир элемент сифатида олтин суви юритилган селен ишлатилган), лекин уларнинг фотоэлементларида ҳам ф.и.к. 1% дан ошмаган. Лекин шунга қарамай Ч. Фриттс биринчи бўлиб келажакда электр энергияси ишлаб чиқаришда куёш энергиясидан фойдаланиш етакчилик қилишини башорат қилган эди.

Фотоэффект ҳодисасининг тўлиқ назарий асосларининг яратилиши (А. Эйнштейнга фотоэффект назариясини яратганлиги учун 1921 йилда Нобель мукофоти берилган), кейинчалик ярим ўтказгичлар техникасининг ривожланиши фотогальваник усулда куёш энергиясини электр энергиясига айлантирувчи алоҳида илмий амалий йўналишнинг ва технологияларнинг пайдо бўлишига олиб келди.

Эйнштейннинг машҳур фотоэффект формуласига кўра, моддага ютилган ёруғлик квантининг энергияси  $h\nu$ , моддадан электронларни узиб олишга (А чиқиш ишини бажаришга) ва узиб олинган фотоэлектронга, маълум

кинетик энергия  $\frac{m_0 v^2}{2}$  беришга сарфланади

$$h\nu = A + \frac{m_0c^2}{2}, \quad (7.3)$$

бу ерда  $h$ - Планк доимийси,  $\nu$ -ёруғликнинг частотаси,  $A$ -фотоэлектронни металл сиртидан чиқишида бажарилган иш-чиқиш иши деб юритилади.

Демак, фотоэффект содир бўлиши учун, ёруғлик нурунинг частотаси, ҳамда ёритилаётган модда сиртининг хусусиятлари жуда муҳим. Бунда айниқса ички фотоэффект (ёруғлик таъсирида модда электр хусусиятларининг ўзгариши) ҳодисалари муҳим ўрин тутди. Чунки, айнан ярим ўтказгичларга ёруғликнинг таъсирини ўрганиш устида олиб борилган тадқиқотлар натижасида, 1954-1960 йилларда фотогальваник усулда ишловчи қуёш панелларининг (кремний асосида) ф.и.к. 4% га кейинчалик 15% га етказилди. Лекин бу қуёш панелларининг нархи жуда қиммат бўлганлиги учун улар кенг истеъмолга яроқсиз бўлиб, илмий тадқиқотларда ва асосан космик техникада ишлатилган. 1958 йилда қуёш панеллари ўрнатилган биринчи космик аппарат фазога учирилди ва жуда яхши натижалар берди. Шундан кейин фотогальваник усул асосида электр токи ҳосил қилиш, космик техниканинг ажралмас қисми тарзида ривожланиб борди.

Қуёш панелларини кенг миқёсда ишлаб чиқариш ва уларнинг ф.и.к. ни ошириш борасида Жорес Алфёров раҳбарлигидаги рус олимларининг олиб борган ишлари натижасида 1970-йилда галлий ва мишяк элементлари асосида ф.и.к. 20 % бўлган панеллар яратилди. 1988 йилдан бошлаб ASES (Applied Solar Energy Corporation) компанияси бу панелларни кенг миқёсда ишлаб чиқаришни йўлга қўйди.

21-аср бошларига келиб фотогальваник асосда ишловчи қуёш панелларини ишлаб чиқариш ва уларнинг самарадорлигини ошириш бўйича катта ютуқларга эришилди. Масалан 2012 йилда полиметилметакрилат (органик шишанинг бир тури) асосида ф.и.к. 30% гача бўлган панеллар яратилган бўлса, 2013 йилда индий-галлий-арсенид асосида ф.и.к. 44% бўлган элементлар, 2014 йилда эса инфрақизил нурланишлар соҳасида ф.и.к.

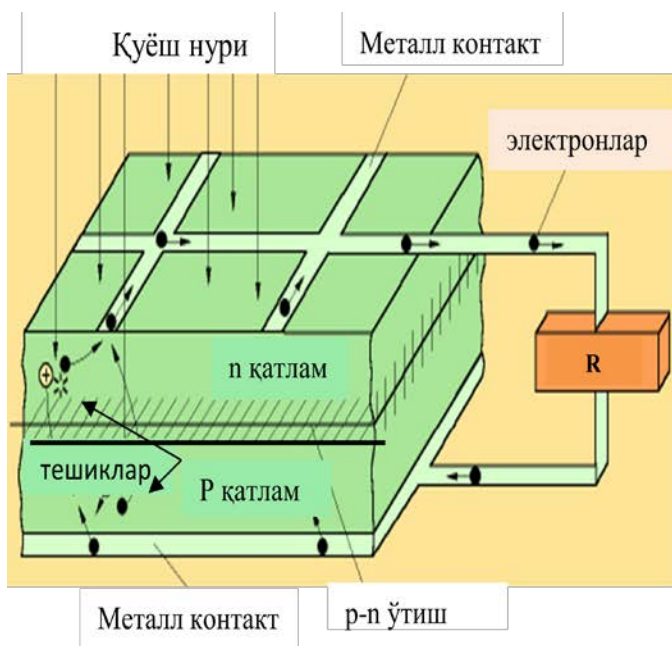
46 % гача етадиган фотоэлементлар яратилди. Аммо бу фотоэлементлар ҳали кенг ишлаб чиқаришга кириб келмади. Ҳозирги кунда амалда бўлган ва саноат миқёсида кенг ишлатилаётган кремний (Si) ва галлий-мишяк GaAs асосидаги қуёш панелларининг ф.и.к. 18% дан 24,7 % гача.

Бу тадқиқотларнинг натижаларини бевосита кенг ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш ва катта қувватли фотоэлектр станцияларини қуриш фотоэлементларнинг ривожланиш суръатларидан анча ортда қолмоқда. Бунинг бир қанча иқтисодий ва технологик сабаблари мавжуд. Иқтисодий сабалар шундаки, ҳалигача жаҳон миқёсида қуёш электр станцияларининг электр энергияси ўртача танархи, анъанавий энергетикага қараганда қиммат. Технологик жиҳатдан эса, қуёш энергиясининг суткалик, фаслий ўзгаришлари, об-ҳавога боғлиқлиги ва электр энергиясини захиралашдаги муаммолар соҳа ривожига тўсқинлик қилмоқда.

**Фотогальваник панелнинг тузилиши.** Фотоэффект асосида ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантириб берувчи ярим ўтказгичли қурилма қуёш панели деб аталади. Ҳозирги кунда кенг амалиётда бўлган қуёш панеллари асосан кремний кристалларидан тайёрланади. Чунки кремний ярим ўтказгич сифатида ишлатилувчи бошқа элементларга (масалан кадмий, галлий-арсенид) қараганда экологик жиҳатдан соф ва зарарсиздир. Айрим элементлар асосидаги қуёш панелларининг ф.и.к. юқори бўлсада (масалан кадмий ва селен асосидаги) уларнинг атроф муҳит ва инсон сломатлигига зарари катта бўлгани учун кўп миқдорда ишлаб чиқариш хавфли, кадмий асосидаги ярим ўтказгич моддалар ишлаб чиқариш эса тобора тақиқланмоқда.

Қуёш панелининг тузилиши 7.35- расмда келтирилган. Панелниинг асосини қалинлиги 200-300 мкм бўлган кремний кристалл ташкил қилади. Бу кристаллнинг бир томонидан В бор элементини, иккинчи томонидан Р фосфор элементини аралашма сифатида киритилиб, турли ўтказувчанликка эга қатламлар (n-электрон ва p-тешик ўтказувчанлик ҳосил қилиш ва p- n

Ўтишнинг хусусиятлари кейинги бобда батафсил ўрганилади) ҳосил қилинади, расмдаги p ва n қатламларга қаранг.



7.35-расм. Қуёш панелининг тузилиши ва умумий кўриниши.

Қуёш нури таъсирида p ва n қатламларда тешиқ ва электронларнинг концентрацияси ортади, натижада юқори ва пастки металл контактлар орасида потенциаллар фарқи юзага келади. Агар бу металл контактларни R истеъмолчи орқали бирлаштирсак, истеъмолчидан маълум ток оқиб ўтади. Амалда кенг тарқалган кремнийли қуёш панелларининг битта ячейкасида 0,4-0,5 В орасида кучланиш ҳосил бўлади. Бир қанча ячейкаларни ўзаро бирлаштириб ҳосил қилинган панел модул деб юритилади. Ячейкаларни кетма-кет, параллел, ёки аралаш усулларда улаб турлича кучланиш ва қувватларни ҳосил қилувчи модуллар йиғиш мумкин. Ўлчамлари 10x10 см бўлган ячейка панелнинг турига қараб 1,2 Вт дан 1,75 Вт гача электр қуввати бериши мумкин. Демак 1м<sup>2</sup> юзадан 120-175 Вт қувват олиш мумкин.

Қуёш панелларининг афзалликлари шундаки, уларнинг ф.и.к. ўнлаб йиллар давомида ўзгармай туриши мумкин, ишлаш жараёнида шовқин ва чиқиндилар ҳосил қилмайди. Айрим катта ф.и.к. га эга панелларда зарарли кимёвий моддалар ишлатилишини ҳисобга олинмаса, кенг истеъмолдаги панеллар асосан экологик тоза ҳисобланади. Уларни исталган жойга, томга,

ҳовлига, кўчаларга ва ҳатто вақтинчалик масканларга ҳам осон ва ортиқча харажатларсиз ўрнатиш, керак бўлса йиғиштириб олиб бошқа жойга кўчириш мумкин 7.36-расм.



а

б

в

7.36- расм. Қуёш панелларининг том варианты (а), каркас варианты (б) ва 11 кВт қувватли юпка плёнка варианты.

Камчиликларига эса, уларнинг бугунги кун технологиялари шароитида нисбатан қимматлиги, электр қуввати ишлаб чиқаришининг об-ҳавога боғлиқлиги, ҳамда амалда кенг тарқалган панелларнинг аксариятида юқори ҳароратда ( $40-60^{\circ}\text{C}$ ) ф.и.к. пасайиши киради. Шунингдек қуруқ ва иссиқ иқлим шароитларида панеллар устки қисмларининг чанг билан, совуқ иқлим шароитларда эса қор билан қопланиши панелларнинг ф.и.к. га кучли салбий таъсир кўрсатади.

Қуёш панеллари соҳасидаги жаҳоннинг етакчи ишлаб чиқарувчилари уларни турли хил ўлчам ва қувватларда кенг ишлаб чиқармоқда. Энг кенг тарқалган панеллар қуввати 3 Вт дан 120 Вт гача алюмин каркасларга ўрнатилган панеллар бўлиб, улар 32 хил қувватда ишлаб чиқарилмоқда. Камроқ 1,7 Вт дан 24 Вт гача қувватли панеллар асосан 16 хил турда ишлаб чиқарилади. Бу панеллар кристалл асосининг ўзи, ёки металл асосларга ўрнатиладан бўлиши мумкин. Шунингдек аморф кремний асосида яратилган юпка плёнка кўринишидаги панеллар ҳам ишлаб чиқарилади. Аммо уларнинг ф.и.к. кристалл структурали панелларга нисбатан камроқ.

Қуёш панелларини ишлаб чиқариш жаҳон саноатида энг фойдали ва истиқболли йўналиш сифатида тобора кенг ривожланиб бормоқда. Сўнги йилларда бу соҳада жаҳоннинг қуйидаги компаниялари етакчилик қилмоқда:

-**Abi-Solar** –компаниянинг бош офиси Англияда, лекин маҳсулотлари Осиё мамлакатларида жойлашган Start-Country, Q-Solar, APC, Sunrise корхоналарида ишлаб чиқарилади. Панелларни ишлаб чиқариш кўлами ва уларнинг жаҳон миқёсида сотилиши бўйича биринчи ўринда туради;

-**Panasonic** (SolarCity)- электроника маҳсулотлари ишлаб чиқариш бўйича узок йиллардан бери жаҳоннинг энг машҳур ишлаб чиқарувчиси. Кейинги йилларда АҚШ нинг “Тесла” компанияси билан бирлашиб, қуёш панелларини ҳам ишлаб чиқармоқда;

-**Viessmann**-Германиянинг саноат иситиш маҳсулотлари ишлаб чиқарувчи йирик компанияси бўлиб, экологик тоза энергия ва иситиш тизимлари ишлаб чиқаришда жаҳонга машҳур. Фотогальваник панеллардан ташқари гелиотермик системалар (қуёш нурини бевосита иссиқликка айлантириш) ишлаб чиқаришда ҳам етакчилик қилади.

Булардан ташқари яна Suntech, Yingli, Trina Solar, First Solar ҳамда Sharp Solar компанияларининг қуёш панеллари ҳам жуда кенг тарқалган.

Сўнги йилларда қуёш нурининг нафақат оптик диапазони нурланиши энергиясидан, балки инфрақизил нурланишидан ҳам электр энергияси ҳосил қилиш борасида тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бунда қуёш нурининг инфрақизил диапазони иссиқлик таъсирида, оптик диапазони фотогальваник усулда электр токига айлантирилади. Бу усул термофотоэлектрик усул деб номланган. Яқин келажакда бундай усулда ишловчи қуёш панелларини кенг тарзда ишлаб чиқарилиши кутилмоқда. Бу панелларнинг ф.и.к. оддий фотогальваник панелларга қараганда икки марта юқори бўлиши таъкидланмоқда.

Космик техникаларда қуёш аллақачон асосий электр энергияси манбаи бўлиб улгурган бўлса, бугунги кунда автомобилларда, сув ва ҳаво



транспортида ҳам қуёш энергиясидан фойдаланиш амалий тус олиб бормоқда.

Хулоса қилиб айтганда, фотогальваник, шу жумладан термофотоэлектрик усул билан қуёш энергиясини электр энергиясига айлантириш замон талабларидан келиб чиқувчи, муқобил энергетиканинг энг истиқболли йўналишларидан бири бўлиб, анъанавий электр энергетикаси аста-секин ўз ўрнини шу бошқа турдаги муқобил усулларга бўшатиб беради.



7.37-расм. Қуёш энергисидан ишловчи автомобил, самолёт ва кема

### **Фотогальваник қуёш электр станциялари (ФҚЭС)**

Қуёш энергиясидан фотогальваник усулда электр токи ишлаб чиқариш жаҳон миқёсида тобора кескин ривожланмоқда. Айниқса 1980-йиллардан бошлаб қуёш панелларини кенг қўламда ишлаб чиқаришни йўлга қўйилиши бу соҳани ривожлантиришда асосий омил бўлди. Агар 2000-йилда жаҳондаги барча фотогальваник қуёш электр станцияларининг қуввати 1 ГВт дан ортиқ бўлган бўлса, 2017 йил охирига келиб бу кўрсаткич 100 ГВт га яқинлашиб қолди.

Изоҳ. Жаҳон миқёсида қуёш электр станцияларининг умумий қуввати ҳақидаги турли манбаларнинг маълумотлари бир-биридан биров фарқ қилади. Бунинг сабаби, айрим манбалар қуёш электр станцияларини фотогальваник ва термик усулларга бўлиб алоҳида кўрсатса, айримлари умумий ҳолда кўрсатади. Шунингдек, баъзи маълумотлар станцияларнинг режадаги қуввати, баъзи маълумотлар эса муайян пайтдаги реал қувватлар асосида тузилган. Юқорида келтирилган маълумотлар жаҳондаги фотогальваник усулда ишловчи станцияларнинг реал қувватларига тегишли.

Германиянинг “Bernreuter Research” халқаро аналитик тадқиқотлар ўтказувчи компаниянинг маълумотларида 2017 йилда бу кўрсаткич 100 ГВт бўлиши башорат қилинган эди. Натижа эса бироз камроқ бўлиб чиқди. Бунга Хитойда бу соҳадаги ривожланиш суръати пасайганлиги сабаб қилиб кўрсатилмоқда. Чунки жаҳон миқёсидаги барча қуёш электр станциялари қувватининг ярмидан кўпроғи Хитой ҳиссасига (2016 йил охирида 52 ГВт) тўғри келади. Кейинги ўринларда АҚШ - 12,5 ГВт, Ҳиндистон -9 ГВт, Япония-5,8 ГВт, Германия-2.2 ГВт, Бразилия 1,3 ГВт бормоқда.



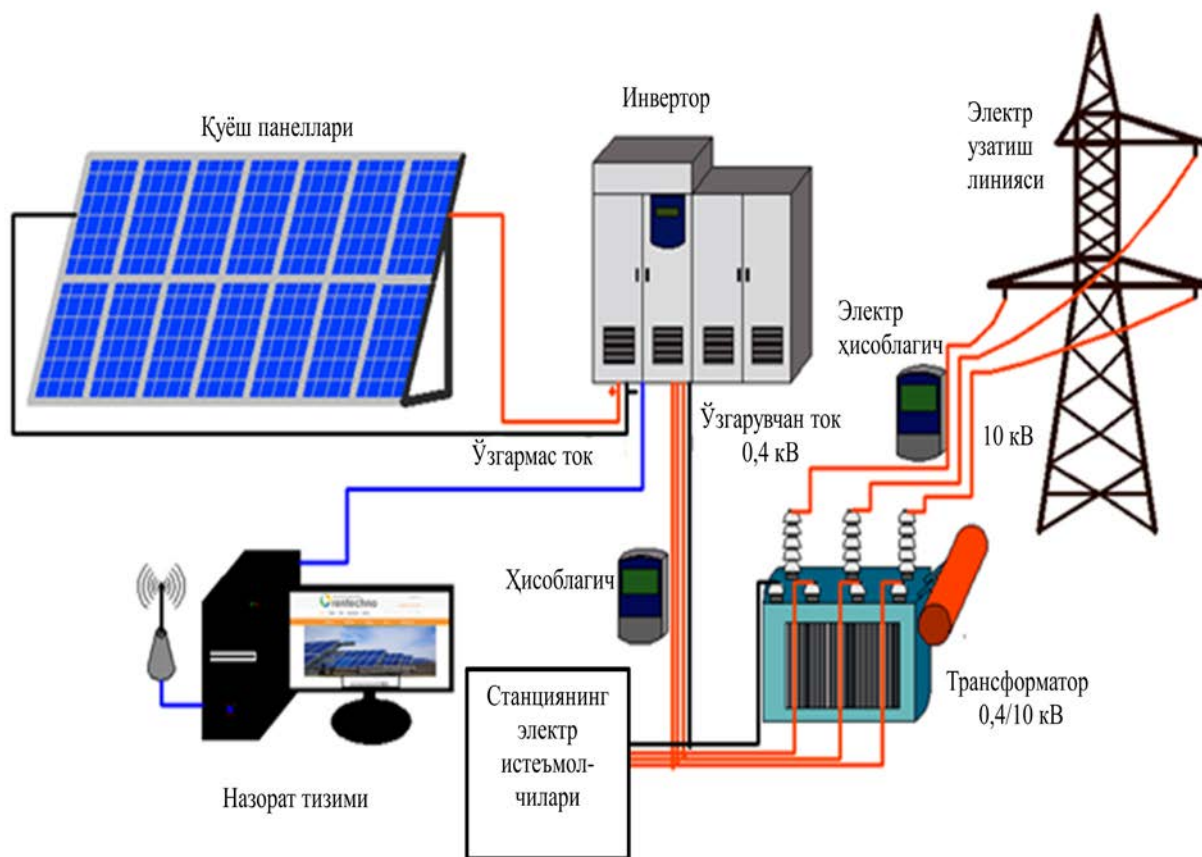
7.38-расм. АҚШ Калифорния штатидаги дунёда энг катта ФҚЭС, қуввати 550 МВт

Сўнгги 25-30 йил давомида ФҚЭС ларнинг қуввати тинимсиз ортиб борди. Масалан 1980-йиллар охирида қурилган ва жаҳонда энг катта деб ҳисобланган ФҚЭС қуввати бир неча МВт ни ташкил этган бўлса, 2010-йилларда 100 МВт қувватли станциялар (АҚШ, Хитой ва Ҳиндистонда), 2014-2016 йилларда эса, қуввати 300 МВт дан 550 МВт гача бўлган станциялар (АҚШда) қурилди 7.38-расм.

Катта қувватли ФҚЭС қуриш учун албатта жуда кўп миқдордаги қуёш панеллари зарур бўлади. Масалан дунёдаги энг йирик ФҚЭС лардан бири АҚШ даги Калифорния станцияси бўлиб, унинг қуввати 550 МВт. Бу қувватни ҳосил қилиш учун ФҚЭС да 9 миллион дона қуёш панеллари

ўрнатилган. Бунинг учун албатта маълум микдордаги ер майдони зарур. Таққослаш учун: юқорида айтилганидек мамлакатимиздаги биринчи ФҚЭС қуввати 140 кВт бўлиб у 0,4 Га майдонда жойлашган бўлса, 550 МВт қувватли станция учун камида 1400 Га ер майдони зарур. Бундан ташқари ФҚЭС да ҳосил қилинган электр токини, саноат частотаси ва кучланишидаги (масалан 50 Гц частотали 220 В кучланишли) ўзгарувчан электр токига айлантириб, сўнгра уни асосий, анаъанавий электр тармоғига узатилади, 7.39-расмга қаранг.

Катта қувватли ФҚЭС ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз. Қуёш панелларида ҳосил бўлган ўзгармас электр токи инвертор ёрдамида саноат частотаси ва кучланишидаги ўзгарувчан электр токига айлантирилади. Бу ўзгарувчан электр токи кучайтирувчи трансформаторда юқори кучланишга, масалан 10 кВ кучланишга айлантирилиб, умумий тармоққа уланади. Бу ҳолда ФҚЭС худди ГЭС, ёки ИЭС каби электр тармоғининг ишлаб чиқарувчиларидан бирига айланади.

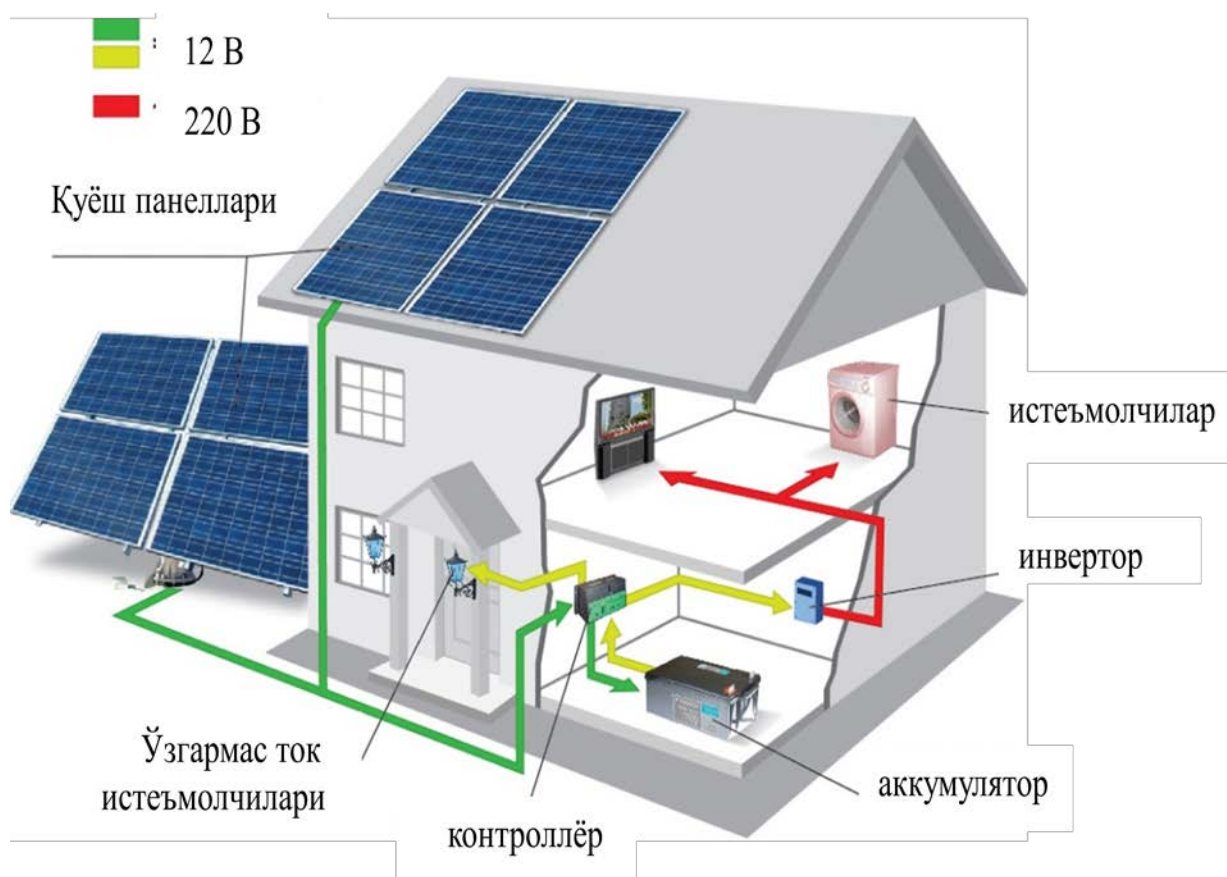


7.39-расм. Анаъанавий электр тармоғига уланувчи ФҚЭС тuzилиши.

Станциянинг ўз эҳтиёжлари учун ҳам ФҚЭС ишлаб чиқарган электр энергиясидан фойдаланади. Шунингдек станциянинг бутун иш режими, технологик параметрлари назорат қилиб турилади.

Алоҳида олинган истеъмолчилар учун қурилган ФҚЭС ва шахсий хўжаликларнинг қуёш панеллари умумий тармоққа уланмайди. Уларнинг кундузи ишлаб чиқарган ортиқча энергияси аккумуляторлар ёрдамида тунда ишлатиш учун захираланади. Демак бу ҳолда қўшимча равишда яна аккумуляторлар ҳам зарур бўлади. Қуёш панелларидан фойдаланиб қўшимча электр манбаи тизими ҳосил қилиш схемаси 7.40-расмда кўрсатилган.

Қуёш панелларининг миқдори умумий қувватни белгилайди. Уларни томга, агар кўп миқдорда бўлса яна алоҳида ерга ўрнатиш мумкин. Панелларнинг чиқиш кучланиши контроллёрга берилади. Контроллёр керакли миқдордаги қувватни истеъмолчига, ортиқча қувватни аккумуляторга йўналтирилишини автоматик тарзда таъминлаб туради. Шу усулда, қуёш панелларининг ортиқча энергияси аккумуляторда захиралаб борилади.



7.40-расм. Якка тартибда қуёш панелларидан фойдаланиш схемаси.



Истеъмолчига юборилган ўзгармас электр токи инверторда ўзгарувчан токка айлантирилиб уйнинг умумий электр тармоғига уланади. Уйнинг электр истеъмол қуввати қуёш панеллари бераётган қувватдан катта бўлган пайтда, контроллёр автоматик тарзда аккумулятордаги энергияни ҳам истеъмолчига узатилишини таъминлайди.

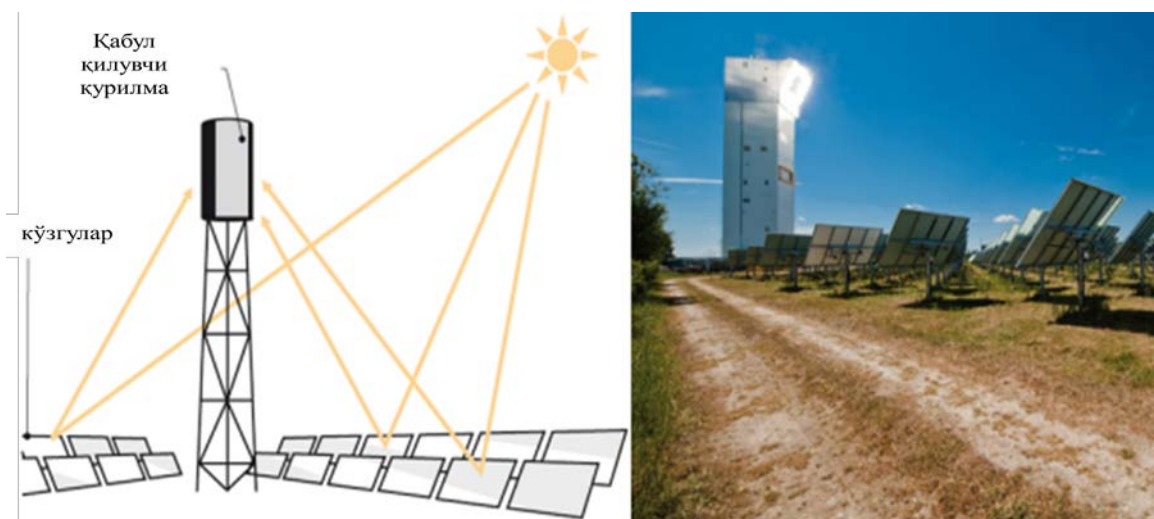
Қуёш панеллари ҳосил қилган электр қувватининг маълум қисми инверторда исроф бўлади. Инвертордаги исроф, истеъмол қувватига тўғри пропорционал, шунинг учун уйдаги 12 В кучланишда ишлайдиган айрим истеъмолчиларни (масалан зарядлаш қурилмалари, электр қўнғироқлар, айрим ёритиш қурилмалари ва ҳоказо) уй электр тизими орқали эмас, балки бевосита қуёш панелларига улаш самаралироқ ҳисобланади.

**Қуёш энергиясидан фойдаланишнинг термик усуллари.** Бунда қуёшнинг иссиқлик энергияси энергиянинг бошқа турларига, шу жумладан электр энергиясига айлантирилади. Бу усул фотогальваник усулдан анча олдин пайдо бўлган. Қуёшнинг иссиқлик энергиясидан техник масалаларда фойдаланиш эса узок ўтмишга эга. Ҳатто Архимед даврида қуёш нурини кўзгулар ёрдамида йиғиб душман кемаларига ўт қўйилганлиги ҳақида маълумотлар бор. Бугунги кунда эса қуёш иссиқлик энергиясидан фойдаланишнинг турларари жуда кўп. Улар ичида бизни электр энергияси ҳосил қилишга қаратилган усуллар қизиқтиради.

**Минорали** гелиотермик қуёш электр станцияларида махсус кўзгулар ёрдамида катта майдонларга тушувчи қуёш нури бир жойга йўналтирилиб, ўта юқори ҳарорат ( $600^{\circ}\text{C}$  дан  $1000^{\circ}\text{C}$  гача) ҳосил қилинади 7.41-расм. Бу юқори ҳарорат иссиқлик электр станцияларидаги сингари турбогенераторлар ёрдамида аввал механик, сўнгара электр энергиясига айлантирилади.

Бундай турдаги энг катта электр станция АҚШ нинг Калифорния штатида қурилган бўлиб, қуввати сал кам 400 МВт. 2011 йилда Испаниянда қурилган Gemasolar станциясида эса, ишчи элемент сифатида сув эмас, суюқ туз ишлатилган. Натижада станциядан сутка давомида бир меъёрда электр энергияси олишга эришилган. Албатта бунда қувват анча кам бўлиб

20 МВт атропоида. Гап шундаки, кўёш таъсирида юкори (565°C) ҳароратгача қизиган суюқ туз ўзида иссиқликни узок вақт ушлаб туради.



7.41- расм. Минорали гелиотермик электр станциянинг тузилиши.

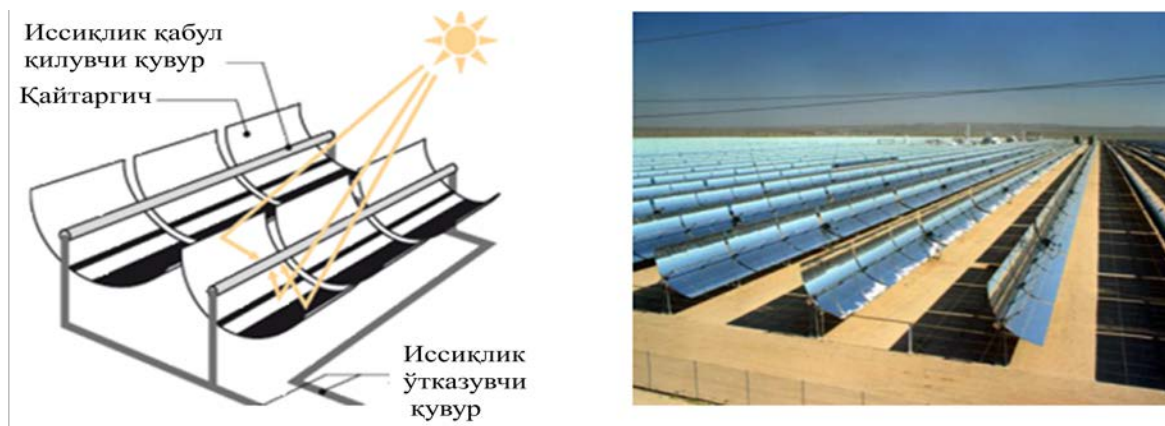
**Тарелкасимон** гелиотермик электр станцияларида эса, маълум юзага эга тарелкасимон кўзгуларга тушган ёруғлик нури шу тарелканинг ўзидаги қабул қилувчи ва иссиқликдан электр энергиясига ишлаб чиқувчи қурилмага узатилади 7.42-расм. Тарелкаларнинг ички сирти параболасимон бўлиб, унинг фокусида қабул қилгич жойлашган. Ишлаш принципига кўра минорали ва тарелкасимон станциялар бир хил. Фақатгина турбогенераторларнинг қуввати ва ўлчамлари билан фарқ қилади. Минорали станцияда битта турбогенератор бўлса, тарелкасимон станцияда эса ҳар бир тарелка ўзининг кичикроқ турбогенераторларига эга ва ҳар тарелка алоҳида электр токи ишлаб чиқаради.



7.42-расм. Тарелкасимон гелиотермик электр станция



**Парабола цилиндрик концентраторли** қуёш электр станцияларида эса, параболасимон қайтарувчи кўзгуларнинг фокусига иссиқлик ташувчи трубалар жойлаштирилган 7.43-расм. Бу трубалардаги махсус мой фокусланган қуёш нури таъсирида 400 °С ҳароратгача қизийди.



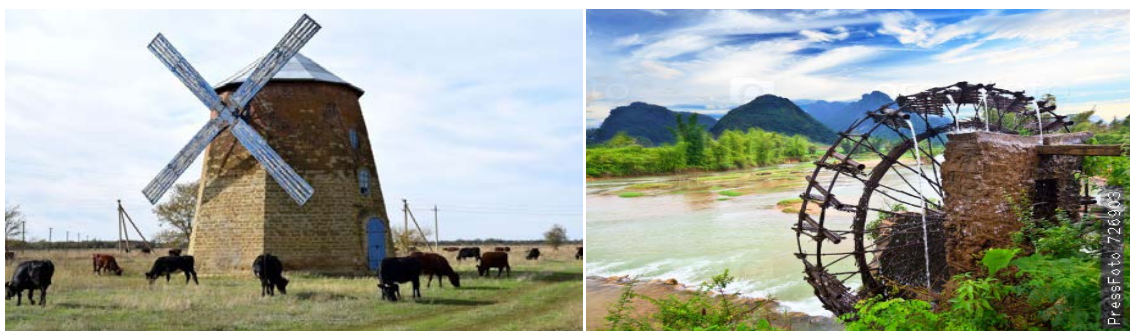
7.43- расм. Парабола цилиндрик концентраторли қуёш электр станцияси.

Трубалардаги қизиган мой йиғилиб, сувни қайнатиб буғ ҳосил қилиш учун ишлатилади. Бундай тизимда сувни 390°С ҳароратгача қиздириш мумкин. Бундай системада ишловчи электр станциялар жаҳонда жуда кенг тарқалган. Хусусан АҚШнинг чўл ҳудудларида қуввати 200 МВт дан 350 МВт гача бўлган станциялар талайгина. Камроқ қувватли (100МВт дан 150 МВт гача бўлган) станциялар Испания ва Мороккода қурилан.

### 7.6.2. Шамол энергиясидан фойдаланиш

Шамол энергиясидан фойдаланиш деганда, атмосферадаги ҳаво оқимининг кинетик энергиясидан фойдаланиш тушунилади. Бунда ҳаво оқими энергиясини механик энергияга, иссиқлик энергиясига, электр энергиясига ёки бирор бошқа турдаги энергияга айлантирилиб, сўнг ундан фойдаланиш мумкин. Шамол энергиясини механик энергияга ва электр энергиясига айлантириш усуллари энг кенг тарқалган. Айниқса шамол энергиясини электр энергиясига айлантириш, муқобил электро-энергетиканинг энг истиқболли, иқтисодий жиҳатдан самарадор йўналишларидан биридир.

Шамол энергиясини механик энергияга айлантириб ундан фойдаланиш қадим замонлардан буён мавжуд, 7.44-расм. Бунга шамол тегирмонлари, елканли кемалар мисол бўлади. Дастлабки шамол тегирмонлари эраמידан аввалги 200-йилларда Фрос кўрфази давлатларида пайдо бўлганлиги ҳақида маълумотлар бор. Европа давлатларида эса шамол тегирмонлари 15-16 асрлардагина пайдо бўлган. Агар, шамол тегирмонларидан фойдаланиш географиясига эътибор берадиган бўлсак шуни кўрамизки, улар асосан денгиз бўйи мамлакатларида қадимдан яхши ривожланган. Бунинг сабаби эса, океан ва денгизларга яқин қуруқликларда шамолнинг доимийлигидир.



7.44-расм. Шамол ва сувда ишловчи энг қадимий муҳандислик қурилмалари.

Материкларнинг ичкарасида эса, шамол доимий бўлмай, камроқ кузатилади ва тасодифий характерга эга, Шунинг учун бу минтақаларда қадимдан шамол энергиясидан фойдаланилмаган. Масалан Ўрта Осиё давлатларида, жумладан мамлакатимизда ҳеч қачон шамол тегирмонлари бўлмаган. Унинг ўрнига сув тегирмонлари, суғориш тизимларида эса сув чархпалаклари бўлганлигини яхши биламиз. Лекин бундан, келажакда ҳам бу минтақаларда шамол энергиясидан фойдаланмаслик керак деган хулоса чиқмайди албатта. Чунки технологияларнинг тараққиёти, аэродинамик тизимларнинг, хусусан шамол парракларини ишлаб чиқариш технологияларининг ривожини, нисбатан кучсиз шамоллар шароитида ҳам, шамол энергиясидан электр энергияси ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини оширишда. Энг асосийси, шамол энергияси муқобил электроэнергетикада энг арзон энергиядир, чунки у юқори технологияларни (масалан қуёш панелларидаги сингари) талаб этмайди ва бирламчи энергияни электр энергиясига айлантиришда ф.и.к. юқори.

**Шамол энергиясидан фойдаланишнинг ҳолати.** Шамол энергиясидан электр токи ишлаб чиқариш муқобил энергия турларидан энг дастлабкидир. Шамол тегирмонларини электр энергияси ишлаб чиқаришга мослаштириш 1890-йилларда Данияда бошланган. 1910-йилларга келиб эса жаҳонда (асосан Европада) қуввати 5 кВт дан 25 кВт гача бўлган 100 дан ортиқ шамол электр станциялари мавжуд бўлган.

Агар, 1990- йиллардан бошлаб 2012- йилгача жаҳон миқёсида мавжуд бўлган шамол электр станцияларининг қувватини таҳлил қилсак, соҳада бир маромдаги ўсишни кузатиш мумкин 7.5- жадвалга қаранг

7.5-жадвал

Йиллар	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Қувват ГВт	9,66	18,039	31,164	47,686	73,904	120,791	196,630	282,400
Йиллик ўсиш %	29	29	28	21	25	28	25	19

Ўтган 15 йил давомида умумий қувват деярли 30 баравар ортган, йиллик ўсиш эса, ўртача 25% ни ташкил этган. 2014- йил охирида жаҳондаги барча шамол электр станцияларининг умумий қуввати 369 ГВт бўлган бўлса, 2016 йил охирига келиб бу кўрсаткич 430 ГВт дан ҳам ошиб кетди<sup>4</sup> (лекин айрим манбаларда 2016- йил якунлари бўйича умумий қувват 486 ГВт кўрсатилган<sup>5</sup>). Яъни соҳадаги йиллик ўсиш 2014-2016 йилларда ҳам (ўртача 16%) давом этиб келди.

Изоҳ. Айрим манбаларнинг статистик маълумотларида янги ишга туширилган шамол электр станцияларининг қуввати йиғиб борилган. Бошқа манбаларда эса, йиллик ҳисобот, йил давомида ишлаб турган қувватлар асосида олинган. Шунинг учун турли манбаларнинг маълумотларида фарқлар бўлиши мумкин.

<sup>4</sup> [http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-PRstats-2015\\_LR.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-PRstats-2015_LR.pdf)

<sup>5</sup> [renewableenergyworld.com/2016/02/16/global-wind-energy-2016-statistics/](http://renewableenergyworld.com/2016/02/16/global-wind-energy-2016-statistics/)

Сўнги йилларда бу соҳада АҚШ, Ҳиндистон, Хитой, Германия, Испания, Англия, Франция, Канада каби давлатлар етакчилик қилиб келмоқда. Шамол энергиясидан фойдаланишда етакчилик қилаётган давлатлардаги ўрнатилган станцияларнинг қувватлари 7.6- жадвалда келтирилган. Қуёш энергиясидан фойдаланиш соҳасидаги сингари бу ерда ҳам Хитойнинг ўрни бекиёс.

7.6- жадвал

Давлатлар	Хитой	АҚШ	Германия	Испания	Ҳиндистон	Англия	Франция	Канада	Италия	Бразилия
Қувват ГВт	114,7	65,87	39,16	22,98	22,46	12,44	9,5	9,69	8,66	5,93

Шамол электр энергетикаси Данияда пайдо бўлган бўлса, ҳозиргача бу давлат соҳада етакчиликни бермай келмоқда. Гарчи мамлакатдаги шамол генераторларининг умумий қуввати юқоридаги жадвалда келтирилган давлатлардагига нисбатан кам (4,84 ГВт) бўлсада (кичик давлат бўлгани учун), шамол энергиясининг мамлакат умумий электроэнергиясидаги ҳиссаси юқори. 2014- йил якунларига кўра бу кўрсаткич 40 % ортиқроқни ташкил этган. Бу соҳада Дания бошқа давлатлардан анча илгарилаб кетди. Кейинги ўринларни Португалия-27%, Никарагуа-21%, Испания-20 %, Ирландия -19%, Германия-8% бормоқда.

**Шамол электр станциясининг тузилиши.** Шамолнинг кинетик энергиясини электр энергиясига айлантирувчи барча турдаги қурилмалар шамол электр қурилмаси (ШЭҚ) деб юритилади. Шамол энергиясини электр энергиясига айлантириш учун дастлаб шамолнинг оқим кучи (ҳаракатланаётган ҳаво массасининг кинетик энергияси) фойдаланиш учун яроқли кўринишдаги механик ҳаракат энергиясига айлантирилади. Бундай турдаги механик ҳаракат айланма ёки тебранма ҳаракат бўлиши мумкин.

Амалда, асосан айланма ҳаракат қўлланилади. Бунинг учун шамол парраклари ишлатилади.

Ҳаво оқими парракларга урилиб уни айлантиради. Ҳаво оқимининг шамолнинг тезлиги қанча катта бўлса, парракларга таъсир этувчи куч ҳам катта бўлади. Бундан ташқари, қувват парракларнинг конструкцияси ва ўлчамларига ҳам боғлиқ. Парракларнинг ҳаво билан тўқнашувчи юзалари ва юзанинг айланиш ўқидан узоқлиги қанча катта бўлса, парракни айлантирувчи куч моменти, демак қувват ҳам шунча катта бўлади. Шунинг учун парракларнинг узунлиги ва юзаларининг катта бўлиши муҳим.

Шамолнинг парракларда ҳосил қилувчи қуввати умумий ҳолда қуйидагича аниқланади

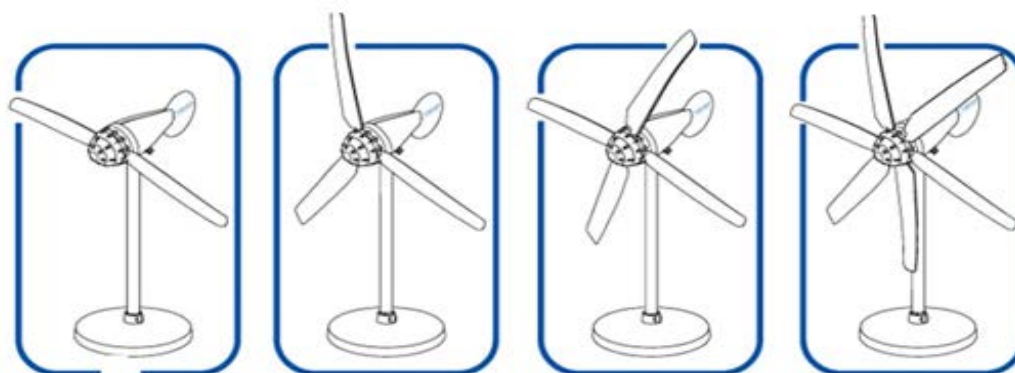
$$P_0 = C_p \frac{\rho A V_0^3}{2}, \quad (7.4)$$

бу ерда  $A$  – парракнинг шамол билан таъсирлашувчи юзаси ( $m^2$ ),  $V_0$  – шамол тезлиги ( $m/s$ ),  $\rho$  – ҳавонинг зичлиги (денгиз сатҳида ўртача  $1,225 \text{ кг}/m^3$ ),  $C_p$  – шамолнинг тезлиги ва қурилманинг (асосан парракнинг) конструкциясига боғлиқ коэффициент бўлиб  $0,35$  дан  $0,5$  гача оралиқда ўзгаради. Лекин ҳосил бўлган механик энергиянинг ҳаммасини ҳам электр энергиясига айлантириб бўлмайди. Амалда бу  $P_0$  механик энергиянинг  $25\%$  қисми электр энергиясига айланади  $P_{эл} = 0,25P_0$ . Замонавий шамол электр қурилмаларида турли хил усуллар билан  $P_{эл}$  электр қувватни  $40\%$ , ҳатто  $50\%$  гача етказиш мумкин. Бунда айланувчи механик қисмлардаги ишқаланишни камайтириш, электр генераторларининг тури ва қувватини тўғри танлаш орқали уларнинг самарадорлигини ошириш муҳим рол ўйнайди.

Шамол электр қурилмаларининг ф.и.к. кўп жиҳатдан шамол парракларига боғлиқ. Амалда қўлланилаётган барча турдаги шамол парракларини икки гуруҳга ажратиш мумкин:

- айланиш ўқи горизонтал жойлашган парраклар;
- айланиш ўқи вертикал жойлашган парраклар.

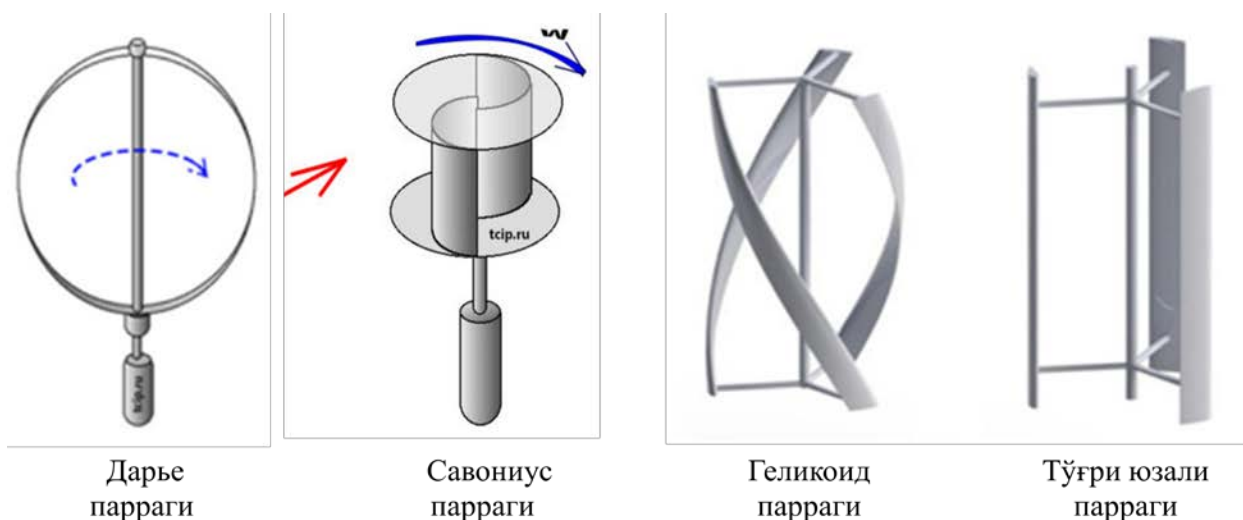
Биринчи турдаги парраклар асосидаги шамол қурилмалари амалиётда кенгроқ тарқалган.



7.45- расм. Горизонтал ўқли парраклар

Бундай парраклар икки, уч ёки кўпроқ қанотли бўлиши мумкин. Кам қувватли ШЭҚ ларда қанотлар кўпроқ бўлади. Катта қувватлиларда эса қанотлар иккита ёки учта бўлиши мумкин. Уч қанотли парраклар амалда кўпроқ учрайди. Парракларнинг ўлчамларига қараб қурилмаларнинг қуввати турлича бўлиши мумкин.

Вертикал ўқли парраклар кам қувватли ШЭҚ учун ишлатилади. Уларнинг турли кўринишдаги конструкциялари мавжуд бўлиб, амалда кўпроқ 7.46- расмда келтирилган турлари ишлатилдаи.



Дарье парраги

Савониус парраги

Геликоид парраги

Тўғри юзали парраги

7.46- расм. Турли конструкциядаги вертикал ўқли парраклар

Кўрсатилган конструкциялар ичида Савонис парраги муҳим аҳамиятга эга. Унинг айланиш тезлиги шамолнинг тезлигига кучиш боғланган ва



асосан доимий тезлик билан айланади. Лекин конструкциянинг ф.и.к. жуда кам.

Катта қувватли ва саноатлаштирилган ШЭҚ асосан горизонтал ўқлидир. Горизонтал ўқли ШЭҚ схематик тузилиши ва умумий кўриниши 7.47- расмда келтирилган. Барча қурилма 7-мустаҳкам устун асосида маълум баландликка кўтарилади. Айрим ҳолларда, мустаҳкамликни таъминлаш учун қурилма трослар ёрдамида ён томонларига тортиб ҳам қўйилади. Қурилманинг асосий механик қисмлари 1-шамол парраги, 2-головка, 4-редуктор ва 5-айланувчи платформадан иборат.



7.47- расм. Шамол электр қурилмасининг тузилиши ва умумий кўриниши. 1-шамол парраги, 2-бош қисм (головка), 3-электр генератори, 4-редуктор, 5-айланувчи платформа, 6-ўлчов қурилмалари блоки, 7-қурилманинг устуни.

Парракнинг айланма ҳаракати редукторда тезлаштирилиб 3-электр генератор роторига узатилади. Кам қувватли қурилмаларда парракнинг айланма ҳаракати редуктор орқали эмас, балки бевосита генератор роторига узатилиши ҳам мумкин. Электр генераторида ўзгармас ёки ўзгарувчан электр токи ишлаб чиқарилади. Кам қувватли қурилмаларда ўзгармас ток, катта қувватли қурилмаларда эса ўзгарувчан ток ишлаб чиқарилади. Катта қувватли ва асосий электр тармоқларига уланган ШЭҚ да кучайтирувчи

трансформаторлари ҳам бўлиб, ишлаб чиқарилган ўзгарувчан кучланиш юқори кучланишга айлантирилади (10кВ, 22кВ, 35 кВ ва ҳоказо) ва электр узатиш линиясига берилади. Кам қувватли қурилмаларда ишлаб чиқарилган ўзгармас электр токи инверторлар ёрдамида ўзгарувчан электр токига айлантирилади ва истеъмолчига узатилади. Одатда кам қувватли ШЭҚ алоҳида истеъмолчилар учун ишлайди ва асосий электр тармоғига уланмаган бўлади.

Катта қувватли қурилмалар махсус ўлчов воситалари билан ҳам жиҳозланган бўлади. Бу ўлчов воситалари қурилманинг технологик параметрларидан ташқари об-ҳаво ҳақидаги маълумотларни (асосан шамол тезлигини) ҳам ўлчайди. Чунки катта техликдаги шамолда қурилманинг ишлаши хавfli бўлиб унинг парраклари махсус электромеханик қурилмалар орқали тормозлаб қўйилади.

ШЭҚ ишлаб чиқарилиши ва қўлланилишига қараб учта асосий турга бўлинади:

-саноатлашган ШЭҚ, улар катта қувватли қурилмалар бўлиб 500 кВт дан бир неча МВт қувватгача бўлиши мумкин ва соҳанинг етакчи ишлаб чиқарувчилари томонидан 500кВт; 1 МВт; 1,5МВт; 2МВт; 4МВт қувватлар да кенг ишлаб чиқарилмоқда. Ҳатто 8 МВт қувватли ШЭҚ ҳам яратилган. Бундай қурилмалар учун тегишли стандартлар ва меърий ҳужжатлар шаклланган. Бир ёки бир нечта саноатлашган ШЭҚ шамол электр станциялари сифатида фаолият кўрсатиб, электроэнергетиканинг алоҳида йўналиши ташкил қилади. Бундай электр станцияларини режалаштириш ва қуришни давлат, ёки йирик энергетика комплекслари амалга оширади. Шамол электр қурилмалари асосида қурилган катта электр станцияларнинг қуввати 8 МВт гача боради ;

- кичик ШЭҚ улар 1кВт дан 100 кВт қувватгача бўлиб, алоҳида буюрмалар асосида қурилади ва маълум истеъмолчилар гуруҳининг энергетик масалаларини ечишга қаратилган бўлади. Масалан фермерлар,

ўрмон хўжаликлари, турли экспедициялар ва бошқа, электр тармоқларидан узокда бўлган истеъмолчилар;

-микро ШЭҚ, қуввати 1 кВт гача бўлган истеъмолчилар (асосан шахсий хўжаликлар) учун.

Кичик ва микро ШЭҚ учун алоҳида стандартлар ва техник меъёрлар шаклланмаган. Бундай шамол қурилмалари истеъмолчининг тури ва қувватидан келиб чиқиб яқка тартибда режалаштирилади ва яратилади.

Энг катта қувватли ШЭҚ 2007 йилда Германияда қурилган Enercon (E-126) ШЭҚ бўлиб (7.48- расм) унинг қуввати 7,58 МВт, умумий баландлиги 200м, қурилманнинг бош қисми (головка) ердан 135м баландликда жойлашган, паррақларининг диаметри 126м. Қурилманинг умумий массаси 6000 тонна бўлиб, паррақларининг ўзи 364 тонна.



7. 48- расм. Германияда қурилган Enercon шамол электр қурилмаси.

Сўнгги йилларда шамол электр қурилмаларини ишлаб чиқариш ва уларни жаҳон бозорида сотиш бўйича Дания, Хитой, Германия ва Испания ва Ҳиндистон етакчилик қилмоқда. Даниянинг “Vestas”, Хитойнинг “Snovel” компанияларининг ҳар бири эса, жаҳонда ишлаб чиқарилаётган шамол электр қурилмаларининг 10% дан ортиқроқ қисмини ишлаб чиқармоқда.

Шамолнинг тезлиги Ер сиртидан кўтарилганимиз сари ортиб боради ва доимий тус олади. Бу албатта шамол энергетикаси учун жуда муҳим. Лекин

шамол парракларини бир неча юз, ёки минг метр баландликка устунлар асосида кўтариш техник жиҳатдан самарасиз. Шунинг учун мутахассисларни шамол парракларини ер юзидан катта баландликка осиб қўйиш қизиқтирмоқда. Натижада бир неча юз метр баландликдаги, доимий эсувчи шамол оқимининг энергиясидан фойдаланиш ҳам бугунги кунда тобора реалликка айланиб бормоқда.

Бунинг исботи, сўнгги йилларда амалиётга кириб келаётган учувчи шамол парракларидир. Бу масалалар билан АҚШ да “Makani Power”, Англияда “Kite Power Solutions” ва бошқа компаниялар жиддий шуғулланмоқда. Сўнгги йилларда машҳур Google компанияси шамол электр қурилмаларининг айнан шу турларига қизиқиб қолган.

Makani Power компаниясининг учувчи шамол парраклари билан ўтказган тажрибалари 250м баландликда шамол парракларининг унумдорлиги ердагига нисбатан техник ва иқтисодий жиҳатдан самарали эканлигини исботлади. Тажрибада синалган учувчи шамол электр қурилмаси (Wing 7), парракли самолёт кўринишида бўлиб, 8та шамол парракларига эга. Парракларнинг узунлиги 3 метргача, самолёт қанотларининг кенглиги эса 26 м бўлган. Тажрибада самолёт махсус трос орқали боғлаб қўйилиб, маълум баландликка чиққач айлана бўйлаб учиб, электр токини тросдаги кабел орқали ерга узатган. Самолет парраклари қурилмани учиши ва ерга қўнишини ҳам таъминлайди 7.49- а расм..



7.49-расм. Самолёт (а) ва дельтапланларга (б) ўрнатилган шамол электр қурилмалари.

Изоҳ: “Makani Power” Калифорниядаги (АҚШ) шамол парраклари билан шуғулланувчи компания, 2006-2007 йилларда Google компанияга Wing 7 (учувчи шамол электр қурилмаси) проекти учун маблағ ажратган. Кейинчалик компания Google га қўшиб олинган.

Англиядги “Kite Power Solutions” компанияси эса самолётлар ўрнига дельтаплан кўринишидаги махсус учувчи конструкциялардан фойдаланиб юқори баландликларда ишловчи шамол электр қурилмалари устида ишламоқда 7.49- б расм. Шунингдек шамол парракларини ҳаво шари ёрдамида маълум баландликка чиқариб қўйиш ҳам яхши самара бериши кутилмоқда 7.50-а расм.

Ҳаво оқими энергиясини механик энергияга айлантиришда айланувчи парраклар ягона усул эмас. Парраклардан бутунлай фарқ қилувчи технологиялар ҳам мавжуд. Масалар шулардан бири тарелкасимон шамол қурилмасидир 7.50-б расм. Бунда ҳаво оқими тарелка сиртига босим кўрсатиб, тарелка остидаги поршенларни ҳаракатга келтиради.



а



б

7.50-расм. Ҳаво шарига ўрнатилган шамол парраги (а), ва тарелкасимон шамол қурилмаси (б).

Жаҳон миқёсида шамол энергиясидан электр энергияси ишлаб чиқаришнинг технологиялари ривожланиб, кўлами кенгайиб бормоқда. Ҳозирги пайтда шамол электр станцияларининг умумий қуввати атом электр станциялари билан рақобатлаша оладиган даражага етиб келди. Атом энергетикаси ривожланган мамлакатлар (АҚШ ва ғарбий Европа давлат-



лари) келажакда атом энергетикасининг муқобил варианты сифатида шамол энергетикасини танламоқда.

Ҳар қандай технологик қурилманинг афзалликларидан ташқари унинг экологик ва техник камчиликлари ҳам мавжуд бўлади. Шамол қурилмаларининг биринчи камчилиги уларнинг акустик диапазонда шовқин ҳосил қилишидир. Шунингдек кўп миқдордаги шамол қурилмаси устунлари албатта атроф-муҳит кўринишини бузади, катта миқдордаги ер майдонларини банд қилади. Бу муаммоларни қисман ечимлари мавжуд, яъни ортиқча ер майдонларини банд этмаслик учун шамол қурилмаларини денгизда, қирғоқ яқинларида қуриш самарали ҳисобланмоқда. Катта ўлчамдаги шамол қурилмалари эса турли хил табиий офатлар (ер қимирлаши, бўрон, тўфон, чакмоқ уриши ва бошқалар) вақтида ўта катта хавф манбаига айланади 7.51- а расм.

Катта қувватли шамол электр станцияларидаги юзлаб, минглаб шамол парраклари қушларнинг ҳаётига ва уларнинг миграция жараёнига салбий таъсир кўрсатади 7.51-б расм. Жаҳон миқёсида экологлар, айниқса орнитологлар (қушларни ўрганувчи соҳа) шамол қурилмаларининг энг салбий жиҳатлари қушларга таъсири деб қарашмоқда. Масалан Испан орнитологларининг маълумотларига кўра эса, Испаниядаги 18 минг шамол қурилмалари йилига 6 миллиондан 18 миллионгача қушларнинг нобуд бўлишига олиб келаётганлиги ҳақида маълумотлар беришган.



а



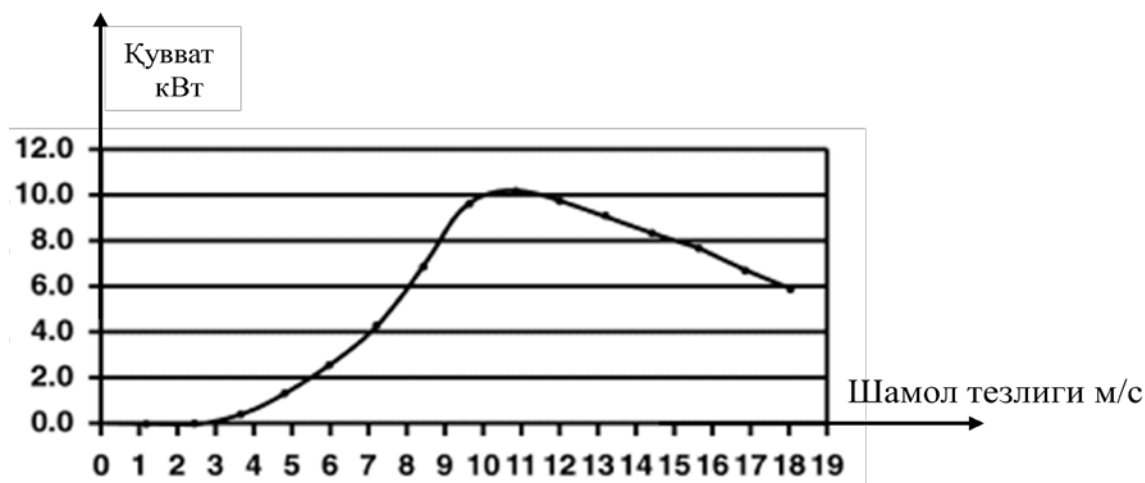
б

7.51- расм. Шамол қурилмаси ва экологик муаммолар.



Хулоса қилиб айтганда келажак энергетикасида шамолнинг ўрни катта, айниқса денгиз бўйи давлатларида. Чунки кўп йиллик амалий тажрибалар асосида шамол электрқурилмалари қувватининг шамол тезлигига боғлиқлиги шуни кўрсатадики, энг катта самарадорлик 9-12 м/с тезликдаги шамолда кузатилади. Масалан 7.52-расмда ўртача қувватдаги шамол қурилмаси ишлаб чиқарган электр қувватининг шамол тезлигига боғлиқлиги кўрсатилган. Шамол тезлиги 10 м/с-11м/с бўлганда қурилма энг катта қувват билан ишлайди. Халқаро стандартлар меъёрларига кўра шамол электр қурилмаларининг номинал қуввати деб, шамолнинг тезлиги 11,4 м/с бўлган пайтидаги қурилманинг ишлаб чиқарган қуввати қабул қилинади (халқаро стандарт IEC 61400), бу тезлик шамол қурилмалари учун Ллойд шарти деб ҳам юритилади.

Мамлакатимизда ҳам шамол энергияси муқобил энергия манбаларининг устивор йўналишларидан бири деб қаралмоқда. Гарчи ҳудудимиз материкнинг ичкарасида жойлашган бўлиб, шамолнинг ўртача миқдори анча паст бўлса ҳам шамол энергиясидан фойдаланиш самарадор ҳисобланади. 2015 йилда мамлакатимизнинг нисбатан шамолли ҳудудлари-Қорақалпоғистон республикаси ва Навоий вилоятининг шимолий қисмлари халқаро ташкилотлар ҳамкорлигида ўрганилди. Жумладан йил давомида ҳудудлардаги шамол тезлиги замонавий алоқа воситалар ёрдамида онлайн режимида ёзиб олиниб таҳлил қилинди.



7.52- расм. Қувватнинг шамол тезлигига боғлиқлиги.

Натижалар асосида шамолнинг йиллик ўртача тезлиги 5,5 м/с ва ундан каттароқ бўлган шароитларда ишловчи шамол электр қурилмаларини лойиҳалаш ишлари бажарилмоқда.

Ўтказилган техник ва иқтисодий ҳисобларнинг кўрсатишича мамлакатимиз шароитида шамол электр қурилмаларнинг капитал харажатлари ҳар бир МВт электр қуввати учун иссиқлик электр станциялари харажатлари билан деярли барабар экан. Бу натижа, мамлакатимизда шамол электр энергетикасини ривожлантириш самарали эканлигини билдиради.

Шамол энергетикасини (худди қуёш энергиясидан фойдаланишдаги сингари) ривожлантирувчи асосий омиллардан яна бири шундаки, органик ёқилғиларнинг нархи тобора ўсиб бораётган ҳозирги шароитда шамол электр қурилмалари ва уларнинг асосий қисмлари йилдан-йилга арзонлашиб бормоқда.

### **7.6.3. Геотермал энергиядан фойдаланиш**

Геотермал энергия Ер қобиғининг иссиқлик энергиясидир. Геологик тадқиқотлар натижаларига кўра Ер шари марказидаги ҳарорат 6000°C ва ундан ҳам юқори бўлиши мумкин. Ер шари ядросининг бу ҳароратдаги қисми магма деб аталади. Бундай катта ҳарорат миллиард йиллар давомида Ер шарининг гранит қатламидаги радиоактив емирилишлар, кимёвий реакциялар натижасида шаклланган деб қаралади. Ер марказида ҳарорат энг баланд бўлиб, Ер сиртига кўтарилган сари ҳарорат пасайиб боради.



7.53-расм. Иссиқ сув булоқлари (гейзерлар) ва ер остидан иссиқ сувни олиш.

Ер сиртидан 5 км чуқурликда ҳарорат 125°C, 10 км чуқурликда 250°C 15 км чуқурликда ҳарорат 600°C ва ундан юқори бўлиши аниқланган. Агар Ернинг радиуси ўртача 6400 км эканлигини ҳисобга олсак юқори ҳароратли қатламнинг ўлчамларини чамалаб кўриш мумкин. Демак Ер шарининг асосий қисми юқори ҳароратдаги моддалардан иборат экан.

Геотермал энергиянинг асосий хусусияти шундаки биз ундан табиат бизга имкон яратган жойлардагина фойдалана оламиз. Бундай имкониятлар АҚШ, Италия, Исландия, Мексика, Япония, Янги Зеландия, Россия, Филиппин, Венгрия, Сальвадор худудларида мавжуд. Бу ерларда Ернинг иссиқлик энергияси иссиқ сув булоқлари (гейзерлар), буғ аралаш қайноқ сув ёки вулқонлар кўринишда намоён бўлади 7.53-а расм. Бу иссиқ сув қувурлар орқали (7.53-б расм) истеъмолчиларга (электростанцияга, иситиш тизимлари станциясига ёки алоҳида хонадонларга) узатилади. Иссиқлик ҳарорати ва улардан фойдаланиш турларига геотермал энергия манбалари 4 та асосий гуруҳларга бўлинади:

-ер сирти устки қатламининг иссиқлиги. Бу иссиқликдан ҳам амалда фойдаланиш мумкин, бунинг учун иссиқ қатламларга насослар орқали ҳаво юборилиб, қизиган ҳаво қайта сўриб олиб ишлатилади;

-қайноқ сув ва сув буғлари-табиий равишда ер сиртига сизиб туради ва ундан электр энергияси ишлаб чиқаришда амалда фойдаланилмоқда;

-ернинг чуқур қатламларидаги гранит қобикнинг юқори ҳарорати. Бу ҳароратдан фойдаланиш учун унга сув юбориб, ҳосил бўлган сув буғини қайтариб сўриб олиб фойдаланиш мумкин деб тахмин қилинмоқда. Бу соҳа петротермал энергетика деб аталади;

-вулқонлар остидаги суюқ магманинг энергияси.

Айрим маълумотларга кўра Ернинг, устки 10 км қобикдаги геотермал энергиясининг атиги 1% қисми, бутун ер шарида мавжуд бўлган нефт ва газ захиралари энергиясидан 500 марта каттадир<sup>6</sup>, ёки тўлиқ геотермал энергия

---

<sup>6</sup> <https://alternativenergy.ru/energiya/320-geotermalnaya-energiya.html>

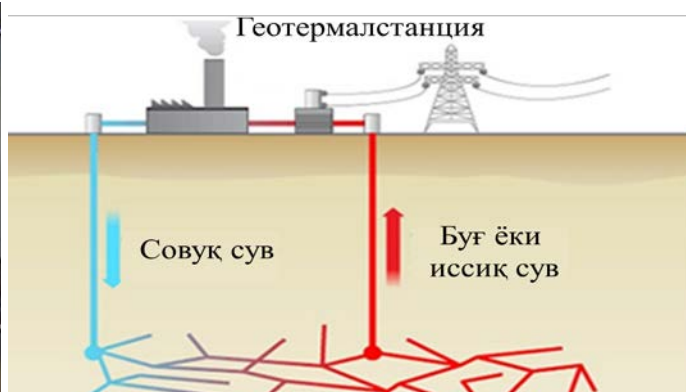
ер эҳтиёжларини қондириш учун 35 млрд йилга етиши мумкин. Лекин юқорида таъкидланганидек биз ундан фақатгина табиат имкон берган ҳоллардагина фойдаланмиз.

Геотермал энергиядан иссиқлик манбаи сифатида фойдаланиш анча узоқ тарихга эга ва амалда яхши самара беради. Масалан Исландиянинг пойтахти Рейкьявик шаҳри иситиш тизимлари тўлиқ ер ости иссиқ сувларига асосланган. Шунингдек, гейзерлар кўп ҳудудларда алоҳида шахсий хўжаликлар иссиқлик таъминоти тизимида ҳам яхши самара беради 7.54- а расм. Чунки бундай гейзерлар электр иситиш тизимлари ўрнини қоплайди ва электр энергиясини тежашга олиб келади.

Геотермал энергия асосидаги электр станцияси биринчи бўлиб 1916 йилда Италияда қурилган бўлиб унинг қуввати 7,5 МВт бўлган. 1990-йилларга келиб жаҳондаги барча геотермал электр станцияларнинг қуввати 7,3 ГВт; 2007 -йилда 9,7 ГВт; 2010- йилда эса яқин 11 ГВт бўлган. Соҳа бўйича АҚШ, Филиппин ва Индонезия аҳонда етакчи ўринларда туради.



а



б

7.54- расм. Шахсий хўжалик геотермал иссиқлик тизими ва геотермал электростанция

Ҳозирги кунда ер сиртга сизиб турган иссиқ сув ва буғларнинг энергиясига асосланган электростанциялар ва иссиқлик таъминоти тизимлари кенг ривожланган. Шунингдек Ернинг усти, бир неча км

чуқурликдаги иссиқлик энергиясидан фойдаланиш ҳам амалиётда мавжуд. Лекин келажакда ернинг янада чуқурроқ катламидаги юқори харорат энергиясидан фойдаланиш (7.54-б расм) самарали деб ҳисобланмоқда.

Ернинг ички катламидаги, ўта юқори харорат туфайли суюқ ҳолатдаги магманинг энергиясидан фойдаланиш анча мураккаб ва хавфлидир. Чунки магма фақат вулқонли ҳудудлардагина бўлади. Ернинг магма катламигача кончилик усулида қовлаб етиб бориш бугунги кун технологиялари шароитида мумкин эмас. Лекин 2007 йилда Гавай ороллари ҳудудидаги қовлаш ишларида Ер сиртидан бир неча км чуқурликда суюқ магмага дуч келинган. Бундай ҳолат 2009 йилда Исландияда ҳам такрорланган. мавжудлиги ҳақида ҳам маълумотлар бор суюқ магма

Геотермал электростанциянинг тузилиши кичик қувватли иссиқлик электростанциясига ўхшаб кетади, лекин ундан кўра бирмунча соддароқ. Чунки турбинага берилувчи иссиқ сув (ёки сув буғи) бевосита ер қаъридан олинади. Турбинада ишлатилган ишчи сув иситиш тизимларида ҳам ишлатилганлиги учун электростанциянинг умумий фойдали иш коэффициентлари (иссиқлик элетр марказлари сингари) анча юқори бўлади

#### **7.6.4. Тўлқин энергиясидан фойдаланиш**

Ер юзининг асосий қисмини океан сувлари қоплаб туради. Шамоллар доимий равишда океан ва денгизлар сирти билан таъсирлашиб сув тўлқинларини юзага келтиради. Ҳаво оқими-шамолнинг солиштирма қувватига қараганда денгиз тўлқинининг қуввати анча катта. Чунки сувнинг зичлиги ҳавога қараганда жуда катта бўлиб, бирлик ҳажмга тўғри келувчи масса ҳам катта бўлади. Натижада маълум тезликдаги ва ҳажмдаги ҳаводан кўра, шунча тезлик ва ҳажмдаги сувнинг таъсир анча катта. Назарий ҳисоб-китобларга қараганда, денгиз ичкарасида, қирғоққа қараб келаятган 10 м баландликдаги тўлқиннинг тўлқин fronti бўйлаб 1 м кенлиги 2 МВт қувват ҳосил қилади. Қирғоқларда тўлқинларнинг баландлиги асосан 2 м гача боради ва бу тўлқинларнинг 1 м кенлиги ўртача 75-80 кВт қувват ҳосил

қилади. Бу кўрсаткич материк ичкарасидаги денгизларда камроқ (масалан Қора денгизда 6-8кВт, Каспийда 7-11 кВт) бўлса, очиқ денгизларда (масалан Япон денгизидида 21-31 кВт, Беринг денгизидида 15-4 кВт) каттароқ бўлади<sup>7</sup>. Бу қувватнинг қанча қисмини фойдали қувватга айлантириш, албатта конструкцияларнинг хусусиятлари билан аниқланади.

Тўлқин энергиясини электр энергиясига айлантириш учун турли хил конструкциялар мавжуд бўлиб, шулардан энг кенг тарқалгани сузгичли (пўкакли) конструкциядир. Бунда сувда қалқиб турувчи сузгич (ичи бўш енгил метал, ёки бошқа материаллардан ясалган конструкциялар) денгиз тўлқини таъсирида вертикал йўналишда ҳаракатланиб механик энергия ҳосил қилади. Сузгич ҳаракатидан механик энергия ҳосил қилувчи механизмларнинг турлари жуда кўп. Шулардан айримлари 7.55- расмда келтирилган. 7.55-а расмда Бразилия қирғоқларида қурилган тўлқинли электростанциянинг сузгич қисми кўрсатилган. Денгиз тўлқинида сузгичлар тебранма ҳаракат қилиб унга уланган ричагни ҳаракатлантиради. 7.55- б расмда эса Португалия қирғоқларида қурилган, қуввати 2,25 МВт бўлган тўлқинли электростанциянинг сузгичи кўрсатилган.



а



б

7.55- расм. Сузгичли ва тебранувчи конструкциялар.

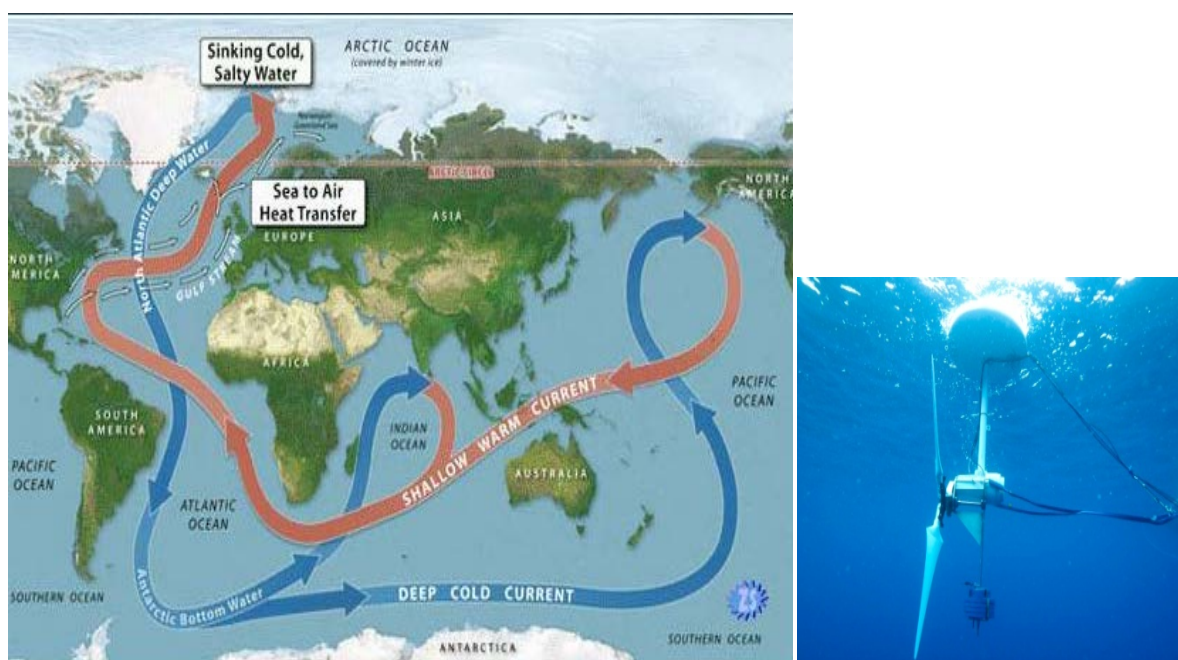
<sup>7</sup> [energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-7](http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-7)



Сузгич “илон” (sea-snake) конструкцияли бўлиб 4 та алохида секциялардан иборат. Секциялар бири-бири билан шарнирлар орқали уланган ва денгиз тўлкинида бутун конструкция шарнирли уланган жойларидан эгилиб тебранади. Эгилиш жойларига эса сув насосининг поршенлари уланган. Тўлқинда конструкция тебранганда насос поршенлари ҳаракатланиб гидротрубинани айлантиради, гидротрубина эса генератор роторини айлантиради.

### 7.6.5. Оқим энергияси

Дунё океанида сувнинг доимий оқимлари мавжуд бўлиб улардан энг асосийлари Гольфстрим, Куросио, Флорида каби оқимлардир. Бу оқимларни ўртача тезлиги 2м/с бўлиб миқдори ва йўналиши деярли доимийдир. Шунинг учун ҳам бу оқимлар энергиясидан электр энергияси ишлаб чиқариш жаҳон энергетикаларининг назаридан четда қолмади. Жаҳон океанидаги доимий оқимлар нафақат биологик ҳаёт манбаи балки улкан энергия манбаи ҳамдир. Энг аҳамиятлиси эса, бу оқимлар миллионлаб йиллар давомида шаклланган бўлиб, доимий ва унга ҳеч нарса таъсир этолмайди. Океан оқимларида ишловчи генераторлар абадийдир деган тушунча шунга ишорадир.



7.56- расм. Дунё океанидаги асосий оқим ва сув остидаги оқимда ишловчи генератор.

Океанлар оқимининг Ер шари бўйлаб ҳаракати 7 расмда келтирилган<sup>8</sup>. Электр энергияси ишлаб чиқаришда жаҳон океанининг устки қисмида оқувчи иссиқ оқим техник жиҳатдан самаралидир. Океан тубида оқувчи совуқ оқим эса технологик жиҳатдан мураккаб ва қимматли. Лекин шунга карамай, Тинч океанида Япония денгиз тубига оқимда ишловчи генераторларни синовдан ўтказмоқда. Оқим энергиясида ишловчи катта қувватли, саноат миқёсидаги электр станцияларни қуриш ҳозирги кунда асосан лойиҳалаш жараёнида бўлиб, мавжудлари эса нисбатан кам қувватли, ёки ҳали синов тажриба жараёнида. Кам қувватли ана шундай станциялардан бири Тайван ороллари яқинида қурилган, қуввати 26 кВт бўлган станциядир. Шунингдек оқим энергиясидан фойдаланиш Англия ва АҚШ да ҳам жиддий тус олиб бормоқда.

Оқим энергиясидан фойдаланишда деярли янги технологиялар ва механик тизимлар талаб этилмайди. Асосан электромеханик қурилмаларни катта босимдали сув остида ишлашга мослаштириш талаб этилади.

Оқим энергиясидан фойдаланиш океандаги катта кемаларни ва океан тубидан нефт олувчи сузувчи платформаларни электр энергияси билан таъминлашда самарали ҳисобланмоқда.

#### **7.6.6. Денгиз сатҳи ўзгаришидан энергия ишлаб чиқариш**

Ернинг Ой ва Қуёш билан гравитацион таъсирлашуви натижасида сутка давомида жаҳон океанида сувнинг сатҳи ўзгариб туради. Натижада, денгиз қирғоғида ҳам, сутка давомида сувнинг сатҳи кўтарилиб тушиб туради. Сув сатҳининг кўтарилиши ер юзининг турли жойларида турлича бўлиб, бир неча сантиметрдан 15-16 метргача боради. Кузатишларнинг кўрсатишича, сув сатҳининг энг баланд кўтарилиши бевосита океанга чиқувчи тор кўрфазларда ва дарёнинг денгизга қуйилиш жойларида содир бўлади. Айниқса тор кўрфазларнинг ички қисмида сув кўтарилиши яққол

---

<sup>8</sup> <https://www.google.ru/searchкрупные+течения>

намоён бўлади. Сувнинг энг баланд кўтарилиши Канада қирғоқларида кузатилади (16,2 м гача кўтарилиш қайд этилган).

Изоҳ. Қисқалик учун кейинги матнларда сув сатҳининг кўтарилишини (рус тилида “прилив”, инглизчада “tide”) “тошиш” деб, сув сатҳининг орқага қайтишини (рус тилида “отлив”, инглизчада “flow” ёки “low tide”) “қайтиш” деб атаймиз.

Бу ҳодиса жуда қадим замонлардан инсониятни диққатини тортиб келган. 10-11-асрлардаёқ одамлар денгиз сатҳи кўтарилганда тўлиб қолувчи сув ҳавзаларини қуриб ундан фойдаланган.

Табиатда юзага келувчи энергиялардан инсон эҳтиёжлари учун фойдаланишда, табиий энергиянинг ҳар қандай кўринишдаги турини эътибордан қочирмаслик зарар қилмайди. Демак денгиз тошган ва қайтганда баландликларда қолиб кетган сувнинг, денгиз сатҳига нисбатан потенциал энергияси ҳам бундан мустасно эмас.

Денгизнинг тошиши ва қайтиши, худди оқим каби доимий такрорланувчи ҳодиса, шунинг учун ундан фойдаланиш мумкин. Денгиз қирғоғининг сув кўтарилган ва қайтган ҳолати 7.56- а расмда кўрсатилган.

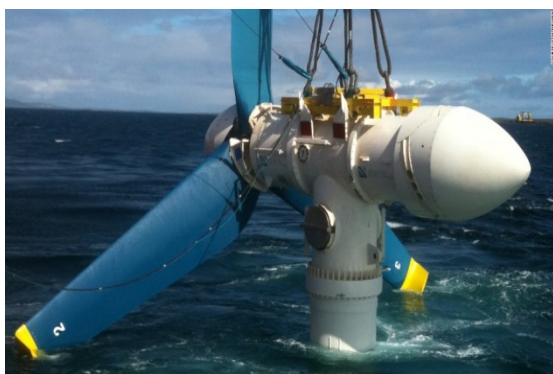
Бу энергиядан фойдаланиш учун махсус тўғонлар қурилиб, сув сатҳи кўтарилиб қирғоқлар тошган пайтда маълум сув ҳавзалари тўлдириб олинади 7.56-б расм. Сув қайтганда тўғонлар очилиб, сувнинг денгизга қараб оқиши энергия беради.



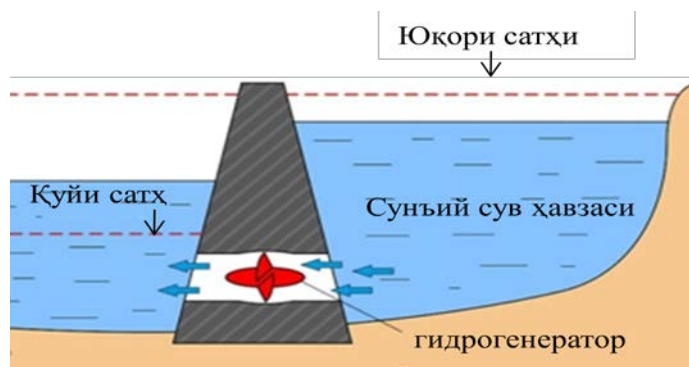
7.56-расм. Денгизнинг тошган ва қайтган пайтларида қирғоқнинг кўриниши.

Амалда ҳар икки ҳолатдан, сувнинг денгиздан қирғоққа тошишидан ҳам ва қирғоқдан денгизга қайтишидан ҳам энергия олинади. Бундай усулда ишлайдиган электр станциялари икки турга бўлинади.

Биринчи тур станцияларда оқим йўлига сувда ишловчи парракли генераторлар қўйилади, бу генераторларнинг гидротурбиналари сув кўтарилишида ҳам, қайтишида ҳам ишлаб генераторни айлантиради ва электр энергия ишлаб чиқаради, 7.57- а расм. Бундай генераторларнинг асосий хусусияти шундаки, улар кичик тезликдаги оқимда ҳам ишлайди.



а



б

7.57- расм. Денгиз сатҳи кўтарилиши ва қайтишидан электр энергияси ишлаб чиқариш. а- тўғонсиз, бевосита қирғоқда сув тубига ўрнатилган станция; б-тўғонли станция.

Иккинчи тур станциялар тўғонли бўлиб, сув сатҳи кўтарилганда махсус сув омборида катта миқдордаги сув йиғилади, 7.57-б расм. Тўғондаги махсус гидротурбинали генераторлар сув тошиб кўтарилган пайтда ҳам, ортга қайтиб сатҳ пасаганда ҳам электр токи ишлаб чиқаради.

Жаҳон миқёсида сув сатҳи кўтарилиши асосида ишловчи энг катта электростанциялар бири Францияда, Ла-Манш бўғозида қурилган бўлиб қуввати 240 МВт. Станциянинг асосий хусусияти шундаки унинг электр энергияси бутун Франция бўйича энг арзон энергиядир. Шунингдек бундай электр станциялари Хитойда (7 та), Жанубий Кореяда ва Россияда (Баренц денгизи қирғоқларида қурилган, дунёдаги биринчи станциялардан) ишлаб турибди.

### 7.6.7. Кичик гидроэнергетика

Гидроэнергетика электроэнергетиканинг энг дастлабки ва асосий йўналишларидан бири бўлсада, унинг имкониятлари хали етарли даражада ўзлаштирилмаган. Чунки, бугунги кунгача гидроэнергетикада асосий

этибор катта қувватли электр станцияларни қуришга қаратиб келинди. Электроэнергетиканинг ҳозирда мавжуд бўлган, саноатлаштирилган элемент базалари ҳам айнан шунга мосланган.

Изоҳ. Гидроэлектр энергетикасининг элемент базаси деганда соҳада ишлатилувчи генераторлар, гидротурбиналар, уларнинг қисмлари ва бошқа техник воситалар назарда тутилади.

Масалан электростанциянинг асосий қисмлари ҳисобланмиш гидротурбиналар ва генераторлар асосан катта қувватли бўлиб, анаънавий усулдаги катта қувватли ГЭС лар учун мўлжалланган.

7.5- жадвал

т/р №	Давлатлар	Мавжуд гидроэнергетик қувват МВт	ГЭС лар ишлаб чиқарган йиллик энергия Млрд кВт соат	Йиллик гидроэнергетик потенциал 10 <sup>9</sup> кВт соат	Ўзлаштирилган гидроэнергетик потенциал %
1	Тожикистон	4037	17,1	317	5
2	Қирғизистон	2910	14	9	14
3	Қозоғистон	2248	7,9	27	29
4	Ўзбекистон	1420	6	15	49
5	Туркманистон	1	0	2	0
	ЖАМИ	10616	45	460	10

Кичик сув ҳавзаларининг энергиясидан фойдаланиш имкониятини берувчи, микро ва мини ГЭС ларнинг элемент базаларини саноатлаштириш жаҳон миқёсида ҳали йўлга қўйилмаган. Фақат сўнгги йилларда, электр энергияси ишлаб чиқаришнинг муқобил усуллари сифатида кичик

гидроэнергетикага эътибор кучаймоқда. 2010-йилнинг статистик маълумотларига кўра Марказий Осиё давлатларида мавжуд гидроэнергетик потенциал (электр энергияси ишлаб чиқариш нуқтаи-назаридан) атиги 10 % ўзлаштирилган 7.5-жадвалга қаранг. Бунда Қўшни Тожикистон ва Қирғизистон давлатларининг имкониятлари ҳали катта, чунки бу давлатлар ҳудудларида тоғ дарёлари кўп.

Жаҳон миқёсида ҳам кичик ГЭС ларнинг ҳиссаси йилдан-йилга ортиб бормоқда<sup>9</sup>, чунки капитал қурилиш, иқтисодий, экологик ва бошқа бир қанча кўрсаткичлар нуқтаи-назаридан кичик ГЭС лар самаралироқ ҳисобланмоқда.

Умумий ҳолда, ГЭС ларни қувватига қараб катта ГЭС (10 МВт дан юқори), кичик ГЭС ( 1 МВт дан 10 МВт гача), мини ГЭС (100 кВт дан 1 МВт гача) ва микро ГЭС(100 кВт дан кичик) каби турларга бўлиш мумкин. Лекин бу бўлиниш жуда нисбий бўлиб, бундан бирор талаблар келиб чиқмайди. Аксарият давлатларда ГЭС лар ички стандартлар асосида меъёрлаштирилади. Лекин, муқобил энергетика нуқтаи-назаридан қаралганда, микроГЭС лар ҳам жуда катта қувватли ҳисобланади. Чунки муқобил энергия манбаларида битта манбанинг (генераторнинг) қуввати жуда кичик (масалан битта қуёш панелининг қуввати бир неча Вт, шамол генераторининг қуввати бир неча кВт ёки Вт ни ташкил қилади) бўлиши мумкин, лекин шу усулда олиниши мумкин бўлган умумий энергиянинг миқдори салмоқли бўлади. Шу нуқтаи-назардан кичик гидроэнергетиканинг ҳам, ҳали ўзини намоён этмаган имкониятлари катта.

Айниқса ўта кичик қувватли ГЭС лар (наноГЭС) даражасида электр энергияси ишлаб чиқариш учун сув ҳавзаларининг имкониятлари жуда катта. Чунки, сунъий суғориш тизимига асосланган мамлакатимиз қишлоқ хўжалиги ерларида минглаб километрли сунъий ва табиий сув ҳавзларида (кичик дарёлар, сойлар, каналлар, ариқлар, сув қувурлари ва бошқалар), таъбир жоиз

---

<sup>9</sup> [www.cawater-info.net/library/rus/eabr\\_4.pdf](http://www.cawater-info.net/library/rus/eabr_4.pdf)



бўлса, энергия оқиб ётибди, 7.58-расм. Бу энергиядан тўғри ва унумли фойдаланишни йўлга қўйиш учун, тегишли технологияларни яратиш ва уларнинг элементларини ишлаб чиқаришни саноатлаштириш талаб этилади.



7.58- расм. Ҳар қандай табиий оқувчи сув ҳавзаси энергия манбаидир.

Албатта, қайд этилган сув ҳавзалари мавсумий характерга эга бўлиши (суғориш мавсумида сув кўп бўлиб, қолган пайтларда камайиши) мумкин, лекин иккинчи томондан мамлакатимизда электр энергиясига бўлган эҳтиёж айнан суғориш мавсумида бироз ортади (сув насосларини ишга тушиши ҳисобига). Шунинг учун, кам қувватли бўлсада, айнан суғориш мавсумида ишловчи минглаб, балки миллионлаб алоҳида генераторларнинг умумий қуввати салмоқли бўлади.

Саноат миқёсида 10 кВт дан бошлаб 100 кВт гача бўлган микро ГЭС учун электр генераторлари ва гидродвигателларни (сувнинг ҳаракатини генераторга узатиб берувчи механик мосламалар, яъни чархпалакка ўхшаш қурилмаларни) ишлаб чиқариш йўлга қўйилган. Соҳанинг тегишли ташкилотлари орқали бундай қувватли ГЭСлар қуриш сўнгги йилларда ривожланмоқда.

Лекин, бир неча Вт дан бошлаб 1кВт гача қувват ишлаб чиқариш имконияти мавжуд бўлган сув ҳавзаларининг потенциал имкониятлари жуда катта ва ҳали улар ишга туширилмаган. Бу имкониятларни ишга солиш учун, келажакда қуввати бир неча ўнлаб Вт дан бошлаб, бир неча кВт гача бўлган электр генераторларини ва гидродвигателларини кенг ассортиментини ишлаб чиқаришни саноатлаштириш талаб этилади. Бунда алоҳида генератор жуда кам қувват ишлаб чиқаради, лекин уларнинг сонини кўпайтириш ва энергия аккумуляциялаш ҳисобига қувватни ошириш мумкин. Қолаверса бир

неча Вт қувват ҳам айрим электрон қурилмалар учун етарлидир (масалан светодиодли лампалар, телефон ва ҳоказо).

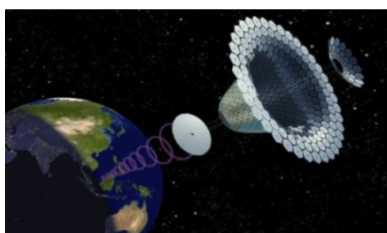
### **7.6.8. Муқобил энергетиканинг бошқа турлари ҳақида**

Муқобил энергетика, энергиянинг муқобил турларини бевосита электр энергиясига айлантириш ва электр токи ишлаб чиқаришда ёқилғи сифатида ишлатилиши мумкин бўлган органик ёқилғиларнинг муқобил турларини яратиш каби икки асосий турга бўлинади.

Диққатимизни эса бевосита электр токи ҳосил қилишнинг юқорида кўриб ўтилган усулларида ташқари, келажакда истиқболли деб тан олинаётган айрим турларига қаратамиз.

Электр қурилмаларида, айниқса электрон қурилмаларда истеъмол қувватининг камайиши келажакда муқобил энергия манбаларининг ўта кам қувватли турларини ҳам амалиётга тадбиқ этиш имкониятини яратади. Шу жиҳатдан, келажак электр энергетикасида нафақат янги энергия манбаларини яратиш, балки мавжуд электр ва электрон қурилмаларнинг истеъмол қувватини камайтириш ҳам муҳим. Айниқса нанотехнологиялар соҳасида, электр энергияси ҳосил қилишнинг ҳар қандай усули, ўрни келса электр энергияси манбаи бўлиши мумкин.

### **Космик қуёш станциялари.**



Қуёш нури энергиясидан самарилоқ фойдалана ниш учун қуёш панелларини атмосферадан ташқарига, очик космосга жойлаштириб электр энергияси ҳосил қилиш бўйича илмий дастурлар мавжуд.

Бунда ҳосил бўлган энергия микротўлқинлар кўринишида, ёки лазер нурланиши кўринишида ерга узатилиши мумкин. Ҳозирча бу усул ўта қиммат бўлсада, космик техниканинг ва электрон технологияларнинг

бугунги таракқиёти даражасида яқин келажакда реал ҳақиқатга айланиши мумкин.

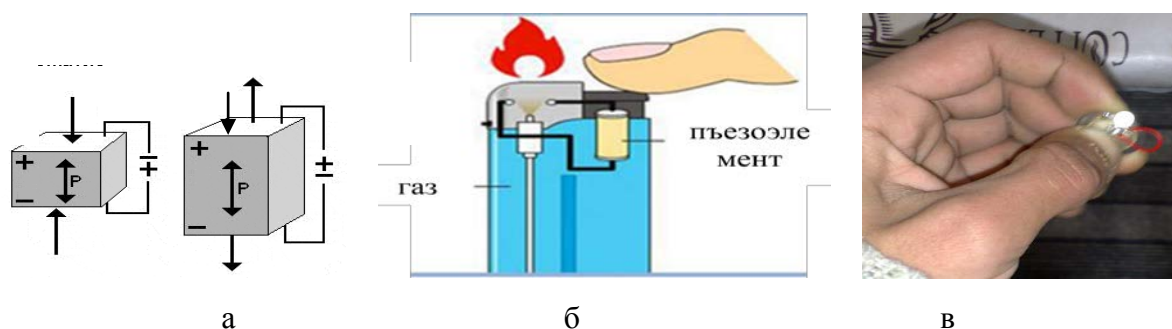


**Пьезоэлектрик генераторлар.** Пьезоэлектрик эффект 1880 йилда машҳур француз олимлари, ака ука Жан ва Пьер Кюрилар томонидан кашф этилган. Тажрибада улар турмалик кристалли сиртини куч билан босганда кристаллнинг ён томонларида электр токи ҳосил бўлган. Бу

ходиса фанда пьезоэлектрик (piézō-босиш, қисиш маъноларини беради) эффект номи билан машҳур. Бу эффект турмалиндан ташқари яна кварц ва бир қатор сунъий кристалларда ҳам кузатилади. Пьезоэлектрик эффект кристалл структуранинг механик куч таъсирида деформацияланиши оқибатида диэлектрикларда қутбланиш юзага келиши билан тушунтирилади. Деформацияловчи куч йўналиши ўзгарса, қутбланиш йўналиши ҳам ўзгаради, яъни кристалл сиқилганда ва чўзилганда (7.59-а расм) сиртлардаги қутблар тесқарисига алмашади. Пьезоэлектрик эффект шунингдек қайтувчалик хусусиятига ҳам эга, яъни кристаллга ташқаридан кучланиш берилса кристалл панжарада деформацияланиш юзага келади. Бу хусусиятлари туфайли пьезоэлектрик эффект электрон техникада, айниқса радиотехникада ва электр ўлчов қурилмаларида жуда кенг ишлатилади.

Пьезоэлектрик эффектнинг электр энергияси манбаи сифатида амалда тадбиқ этишдаги асосий муаммо, пьезоэлектрик жараённинг давомийлик вақти жуда қисқалигидир. Масалан, оддий пьезоэлектрик зажигалкада, кристаллни босганимизда (7.59- б расм), жуда қисқа вақтда, тахминан наносекунднинг улушларида 2 МВт қувватли қисқа импульс юзага келади, ҳосил бўлган энергия эса жуда кам бўлиб, бир неча миллижоуль атрофида.

Бу ҳосил бўлган энергия миқдорини тахминан чамалаб кўриш учун 7.59-в расмга эътибор беринг. Бармоқлар орасида енгилгина қисилган кичик пьезоэлектрик кристаллда ҳосил бўлган электр токи, қуввати бир неча мВт бўлган светодиодни ёқиш учун етарли бўлади.



7. 59- расм. Пьезоэлектрик эффект ва унинг ишлатилиши.

Пьезоэлементлар асосида электр токи ишлаб чиқаришда келажакда одамлар ва автомобиллар энергияларидан фойдаланишга кўпроқ эътибор қаратилмоқда. Бунинг учун автомобил йўлларига, тротуарларга, бинолар ичига, зиналарга ва бошқа серқатном жойларга махсус пьезоқатламлар ётқизиблиб, механик кучланишлардан ҳосил бўлган ўзгармас ток аккумуляторларга йиғилади 7.60-расм. Автомобил йўлининг 1 км қисмида 5МВт қувват олиш мумкинлиги исботланган ва бу соҳада амалий ишлар олиб борилмоқда. Шунингдек эгилиш, букилиш, силкиниш каби механик ҳаракатлардан ҳам электр токи ишлаб чиқарувчи наногенераторлар асосида зарядланувчи аккумуляторлар ишлаб чиқариш самарали ҳисобланмоқда.



7.60- расм. Келажак пьезоэлектрик генераторлари.

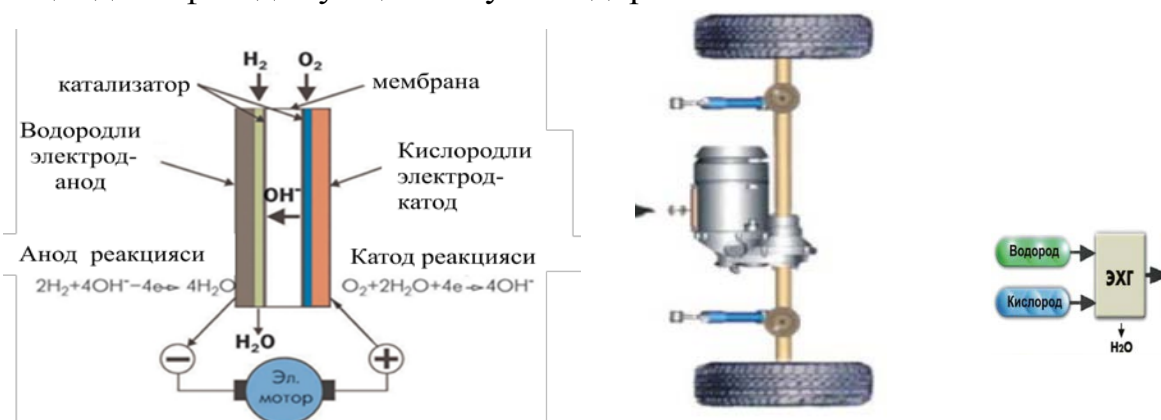
**Водород генераторлари.** Водород генераторлари электромобиллар учун амалда қўлланилмоқда. Генераторнинг ишлаш принципи водород билан кислороднинг қўшилиб кимёвий реакция пайтида электр токи ҳосил бўлишига асосланган. Водород генераторлари учун тоза ҳолдаги водород зарур бўлади. Генераторнинг ишлаш принципи содда, лекин унинг иқтисодий самарадорлиги водород ишлаб чиқаришга боғлиқ. Қуйида водород генераторининг ишлаш принципини кўриб чиқамиз.

Генератор тузилиши нисбатан анча содда, анод, катод ва улар орасида жойлашган, полимер материалдан тайёрланган мембранадан иборат.

Платинали анод-катализаторга водород киритилади ва у кимёвий реакция натижасида мусбат зарядли ионлар ва электронларга ажралади. Мембранадан фақат ионлар ўтади, электронлар эса ташқи занжир орқали (масалан электр мотори орқали) ўтиб занжирда ток ҳосил қилади 7.61- расм. Катодда ионлар ва ташқи занжир орқали келган электронлар кислород билан реакцияга киришиб сув ҳосил қилади. Бундай усул билан анод-катод орасида 1,16 В кучланиш ҳосил қилиш мумкин.

Аккумуляторлардаги сингари, бир қанча пластинкаларни кетма-кет жойлаштириб керакли кучланишни ҳосил қилиш мумкин. Системанинг ток сифими эса анод-катод пластинкалари юзаси билан аниқланади.

Бу усулнинг технологик камчиликларидан бири, реакция натижасида чиқинди сифатида сув ҳосил бўлишидир.



7.61- расм. Водород электр генератори ва унинг ишлатилиши.

Шунингдек водороднинг кимёвий-физикавий хусусиятлари ва уни ишлатиш билан боғлиқ техникавий муаммолар ҳам бу усулда электр энергияси ишлаб чиқаришнинг асосий камчилигидир. Лекин шунга қарамай келажакда водород генераторларидан транспортда фойдаланиш самарали ҳисобланмоқда.

### Мустақил ечиш учун масалалар.

1. Агар хонадонда хар бирининг қуввати 100 Вт бўлган 12 та ёритиш лампаси қуввати 35 Вт бўлган тежамкор лампаларга алмаштирилса, шу

хонадон бир йилда қанча (кВт соатларда) энергия тежайди. Ёритиш лампалари кунига 10 соатдан ишлайди деб қаранг.

2. Агар бугунги кунда 100 Вт қувватли қуёш панели 800 000 сўм турса 1-масала шартидаги хонадонни қуёш панеллари орқали электр энергияси билан таъминлаш лойиҳа тузинг. Бу қуёш панеллари қанча вақтда ўзини оқлайди. 1кВт соат электр энергияси 200 сўм деб олинг.

### **Таянч иборалар**

Гидрогенератор, турбогенератор, реактор, электростанция, электр узатиш линияси, подстанция, юклама, энергияни аккумуляциялаш, энергия тарифи, дифференциал таъриф, электр тармоқлари, муқобил манба, муқобил энергия, бирламчи манба, органиқ ёқилғи, микроГЭС, миниГЭС.

### **Синов саволлари**

1. Анъанавий энергетиканинг афзаллик ва камчиликлари нимада?
2. Гидроэнергетиканинг афзалликлари.
3. Иссиқлик ЭС ларнинг асосий камчиликлари.
4. Атом энергетикасининг ижобий в салбий томонлари.
5. Электр узатиш линияларида қувват исрофи қандай бартараф этилади?
6. Нима учун мамлакатимизда 750кВ кучланишли электр узатиш линиялари йўқ. Қуриш мумкинми? Нима учун?
7. Подстанцияларнинг вазифалари нималардан иборат?
8. Замонавий электр тизимлари қандай бўлиши керак?
9. Электр истеъмолчиларнинг юклама графиклари нима ва у нима учун керак?
10. Электр энергиясига ҳақ тўлашда кўп тарифли тизим нима учун керак?
11. Муқобил энергия манбаларига нималар киради?
12. Мамлакатимиз шароитида муқобил энергиянинг қайси турлари келажакда ривожланади? Нима учун?
13. Қуёш ва шамол энергиясидан фойдаланишдаги асосий муаммолар нимадан иборат?





## САККИЗИНЧИ БОБ

### ЭЛЕКТРОНИКА ЭЛЕМЕНТЛАРИ

#### 8.1. Электровакуум қурилмалар

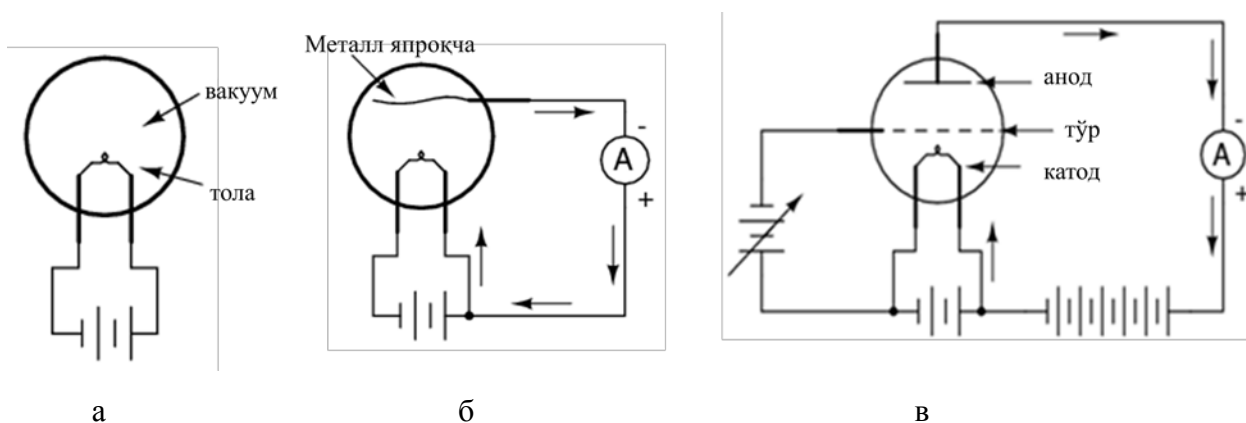
20-асрнинг иккинчи ярмидан бошлаб электроника саноатида электровакуум лампалар ярим ўтказгичли қурилмалар томонидан сиқиб чиқарилган бўлсада, электроника фани ривожининг дастлабки босқичларида, айниқса, радио, телевидение ва алоқа техникаларининг пайдо бўлиши ва ривожланиш босқичларида электровакуум лампаларнинг ўрни беқиёс бўлган. Электроннинг вакуумдаги ҳаракати билан боғлиқ физикавий жараёнларни ўрганиш, бошқа турдаги электрон қурилмаларни ўрганиш учун ҳам муҳимдир. Шунинг учун электровакуум лампаларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг ривожланиш босқичлари даврида катта илмий ва амалий аҳамиятга эга, электрониканинг кейинги ривожланиш йўналишларини аниқлаб берган айрим тажрибаларга тўхталиб ўтамиз. Қолаверса, электрон-нинг вакуумдаги ҳаракатига асосланган қурилмалар электроника саноатининг маълум йўналишларида ҳали ҳам ўз ўрнига эга. Масалан, клистронлар, магнетронлар шулар жумласидандир.

##### 8.1. 1. Вакуумда электр токи.

20-асрнинг иккинчи ярмидан бошлаб электроника саноатида электровакуум лампалар ярим ўтказгичли қурилмалар томонидан сиқиб чиқарилган бўлсада, электроника фани ривожининг дастлабки босқичларида, айниқса радио, телевидение ва алоқа техникаларининг пайдо бўлиши ва ривожланиш босқичларида электровакуум лампаларнинг ўрни беқиёс бўлган. Электроннинг вакуумдаги ҳаракати билан боғлиқ физикавий жараёнларни ўрганиш, бошқа турдаги электрон қурилмаларни ўрганиш учун ҳам муҳимдир. Шунинг учун электровакуум лампаларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг ривожланиш босқичларида даврида катта илмий ва амалий

аҳамиятга эга, электрониканинг кейинги ривожланиш йўналишларини аниқлаб берган айрим тажрибаларга тўхталиб ўтамиз. Қолаверса, электроннинг вакуумдаги ҳаракатига асосланган қурилмалар электроника саноатининг маълум йўналишларида ҳали ҳам ўз ўрнига эга. Масалан клистронлар, магнетронлар шулар жумласидандир.

Маълумки электр энергиясини саноат миқёсида ишлаб чиқариш бошлангач, у дастлаб ёритиш тизимларига кенг тадбиқ этила бошланди. 19-асрнинг охирларида ёритиш лампаларини яратиш ва уни кенг миқёсда ишлаб чиқариш соҳасида америкалик ишбилармон ва электротехника муҳандиси, йирик сармоядор Томас Алва Эдисон етакчилик қилар эди. 1883 йилда у электр лампаларини (8.1-а расм) такомиллаштириш борасидаги тажрибаларининг бирида вакуумли баллон ичида жойлашган, қиздирилган тола яқинига металл япроқча ўрнатиб, унинг иккинчи учини яна қайтариб тола занжирига улайди (8.1.б расм). Шунда Эдисон тола ва япроқча оралиғидаги вакуум орқали электр токи ўтганлигини кузатади. Бу токни Эдисон қиздирилган толадан чиққан нурланиш деб атаган.



8.1-расм. Эдисоннинг вакуумли ёритиш лампаси (а), лампа толаси нурланишини кайд этиш-лампали диод (б), лампали триод (в).

Тажрибада ток фақат тола қиздирилган пайтда ўтганлиги, тола совиганда эса, ток йўқолганлиги кузатилган. Шу тариқа Эдисон ўзи билмаган ҳолда электровакуумли диодни яратган. Лекин ўша пайтда унинг мақсади ёритиш лампаларини такомиллаштириш бўлгани учун, бутун диққат

эътибори толанинг нур бериш хусусиятларига қаратилган ва бу ходисага амалий тадбиқ топа олмагани учун унчалик эътибор бермаган.

Лекин, у, бу тажрибасида ёритиш лампаларидан ҳам каттароқ амалий аҳамиятга эга қурилманинг (электрвакуум диоднинг) яратилишига асос солганлигини билмаган. Шунга карамай, қиздирилган толадан электронларнинг чиқиштермоэлектрон эмиссия ходисаси Эдисон номи билан боғланади.

Изоҳ. Эдисон термоэлектрон эмиссияни аниқлаган пайтда ҳали электрон кашф этилмаган эди. Қиздирилган металл сиртидан электронлар чиқиши ўша пайтда катод нурланиши деб номланган. Фақатгина 1897 йилда Томсон электронни кашф этгандан сўнг қиздирилган металл сиртидан чикувчи катод нурлаши термоэлектрон эмиссия деб атала бошланди.

Эдисон тажрибасини диққат билан таҳлил қилиб кўрамиз. Ўз тажрибаларида Эдисон шиша идиш ичидан ҳавосини сўриб маълум даражада вакуум ҳосил қилган. Бу унга қиздирилган тола катта температурада кислород билан реакцияга киришиб-ёниб кетишини олдини олиш учун керак бўлган. Термоэлектрон эмиссия нуқтаи назаридан эса, вакуум шароити қиздирилган катод металининг сиртидан чиққан, катта энергияли электронларга ҳеч қандай тўсиқларсиз катта масофаларни босиб ўтишига имкон беради. Агар шиша ичида вакуум бўлмаганда эди, металл сиртидан учиб чиққан электронлар муҳит атомларни ютилиб кетиши оқибатида термоэлектрон эмиссия кузатилмаган бўлар эди.

Кейинчалик инглиз олими Джон Амброз Флеминг 1895-йилда Эдисоннинг бу тажрибасидан фойдаланиб, бир томонлама электр ўтказувчанлик хусусиятига эга электрвакуум қурилма-диодни яратди. Бунда Флеминг катод учун алоҳида металл танлаб, қўшимча манбадан ток олувчи тола-накал ёрдамида катодни қиздирган (1-в расм). Шу тариқа электрвакуум диодлар электроника саноатига Флеминг номи билан кириб келди.

1906 йилда америкалик радиоинженер конструктор ва ишбилармон Ли Де Форест томонидан Флеминг диоди янада такомиллаштирилади. Форест диодга учинчи электрод-тўрни киритиб (8.1-в расм) уч электродли лампа-триодни ихтиро қилади. Триоднинг ишлаш принципи қуйидагича тушунтириш мумкин. Анод ва катод оралиғида манбанинг энергияси ҳисобига катта потенциаллар фарқи мавжуд, лекин, катоддан чиқиб анодга боровчи электронлар сонини-токни тўрға берилган кучсиз сигнал орқали бошқариш мумкин. Бу анод-катод оралиғидаги кучланишнинг вақт бўйича ўзгариш қонуниятини, тўрға берилган сигналнинг кўринишига мос бўлишини таъминлайди. Радиотехникада бу сигнални кучайтириш деб аталади. Айнан электровакуум триоднинг ихтиро қилиниши, электрон қурилмалар ва электроника саноатида янги босқични бошлаб берди. Чунки, триоднинг яратилиши электр сигналларни кучайтириш имконини берди ва бу электромагнитик тўлқинлар ёрдамида симсиз масофага ахборот узатиш-радиоалоқанинг кенг тараққий этишига асос бўлди.

Изоҳ. Радионинг ихтиро қилиниши билан боғлиқ масалага турлича ёндошувлар мавжуд. Агар шарқий Европа давлатларида, асосан, Россияда радио рус инженери А.С. Попов томонидан ихтиро қилинган деб ҳисобланса, айрим Европа ва Америка давлатларида радио Г. Маркони томонидан яратилган деб қаралади. Яна бошқа томондан 1943 йилда АҚШ да ўтказилган суд жараёнида Н. Тесла Г. Марконидан радиога муаллифлик ҳуқуқини тортиб олганлиги ҳақида ҳам маълумотлар бор. Гап шундаки, 1895 йилда Н. Тесла радио тўлқинларни қабул қилувчи антеннани яратган. Лекин энг қизиғи, 1909 йилда Г. Маркони симсиз алоқани ривожлантиришдаги хизматлари учун Нобель мукофотини олган эди. Шунингдек, немис олимлари орасида радионинг ихтиро қилиниши 1886 йилда Генри Герц электромагнитик тўлқинни кашф этганидан бошланади, деган қарашлар ҳам бор. Нима бўлганда ҳам 1895-1906 йиллар оралиғида жаҳон миқёсида радиоалоқа пайдо бўлди ва амалиётга кириб келди.

Ҳақиқатан ҳам, тарихий манбаларга қаралса, биринчи бўлиб симсиз алоқа 1895 йилда Россия да Болтик денгизи флотининг иккита кемаси орасида, А.С. Попов томонидан яратилган радиотелеграф қурилмаси орқали амалга оширилган. Қурилма орқали биринчи бўлиб узатилган сўз эса “Генри Герц” эди. Албатта, бу Поповнинг электромагнитик тўлқинлар ихтирочиси Г. Герцга хурмати туфайлидир. Лекин Поповнинг ихтироси

асосидаги радиотелеграф қурилмалари кенг ишлаб чиқаришга жорий этилмай, Россия харбий денгиз флотининг махфийлик деворлари ичида қолиб кетди. Радиоалоқанинг кейинги тараққиёти эса Г. Маркони номи билан боғлиқ.

1896 йилда италиялик олим Гульельмо Маркони радиоалоқа қурилмасига биринчи патентни олади, бу қурилма Попов таклиф этган қурилманинг бироз ўзгартирилган варианты эди. Лекин Маркони қурилмани тинимсиз такомиллаштириб бориб алоқа масофасини оширади ва 1901 йилда Европа билан Америка орасида Атлантика океани узра радиоалоқа ўрнатади. Бу ўша давр учун чинакам оламшумул воқеа эди. Бу алоқанинг аҳамияти шундан ҳам маълумки, 1912 йилдаги Титаник кемасида ҳалокатга учраган бир неча юз кишининг ҳаёти айнан радиоалоқа орқали юборилган қутқарув сигнали “SOS” туфайли сақлаб қолинди. Шундан сўнг аввал АҚШ да кейин бошқа давлатларда кемаларга радиоалоқа қурилмаларини ўрнатиш хавфсизликнинг мажбурий талаблари сифатида қабул қилинди.

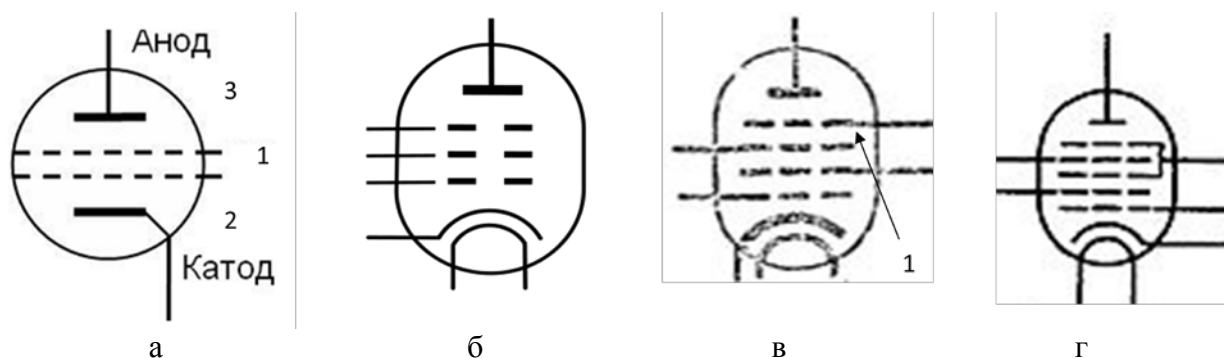
Де Форестнинг илмий изланишлар соҳасидаги кашфиётларидан ташқари, унинг бу натижаларни амалиётга тадбиқ этиш борасидаги ишлари ҳам таҳсинга лойиқ. 1915 йилда Де Форест АҚШ ва Франция орасида бевосита овозли мулоқот қилувчи радиоалоқа ўрнатади ва 1916 йилдан бошлаб Америкада радиоэшиттиришларни йўлга қўяди. Радио қурилмаларини ишлаб чиқаришдаги ва кенг халқ оммаси учун мўлжалланган радиоалоқа тизимларини ривожлантиришдаги улкан хизматлари учун Америка халқи Форестни ҳақли равишда “радионинг отаси” деб аташади.

Радио, алоқа техникаларининг ва кейинчалик телевидениенинг ривожланиши вакуумли диод (катта қувватли вакуумли диод кенотрон деб ҳам аталади) ва триоддан ташқари, яна қатор турдаги электрон лампаларнинг яратилиши ва уларнинг ривожи билан боғлиқ. Булар тетрод, пентод, гексод, гептод, октод каби электровакуум лампалардир. Барча турдаги электровакуум лампалар қисқача қилиб лампа ёки радиолампа деб аталади.

**8.1.2.Тетрод-тўрт** электродли лампа, 1919 йилда Вальтер Шоттки томонидан яратилган. Триодга экранловчи (йўналтирувчи) 4-электроднинг киритилиши билан (2-а расм) лампанинг кучайтириш коэффициенти кескин ортади. Чунки, қўшимча электрод катоддан учиб келаётган электронлар

оқимини айнан анод сиртига йўналтириб беради. Шунингдек тетродда анод-катод оралиғининг электр сиғим минг мартагача камаяди, лампанинг ички қаршилиги эса бир неча ўн марта камаяди. Анод-катод ўтиш сиғимининг кичиклиги туфайли пентодлар юқори частоталар соҳасида ҳам яхши ишлайди.

Тетроднинг камчилиги шундаки, қўшимча тўр-экран таъсирида янада тезлатилган электронлар анодга катта тезликда урилиб, анод материали сиртидан иккиламчи электронлар чиқишига олиб келади. Бу электронлар анод яқинида электрон булут ҳосил қилади. Лампалардаги бу ҳодиса динаatron эффекти деб аталади.



8.2-расм. Электровакуум лампаларнинг турлари: 1-экранловчи электрод, 2-бошқарувчи электродлар, 3-антидинаatron электроди. а- тўрт электродли лампа-тетрод; б- беш электродли электрон лампа –пентод; в- олти электродли электрон лампа-гексод; г- етти 7 электродли электрон лампа-гептод.

**8.1.3. Пентод, гексод ва гептод.** Пентод-5 электродли электровакуум лампа бўлиб, тетродлардаги динаatron эффектни йўқотиш учун яна қўшимча 5-электрод (2- б расм) киритилади. Пентодларнинг асосан тўрт хил тури кенг тарқалган: юқори частоталар соҳасида кучайтирувчи кам қувватли пентодлар; тасвир кучайтирувчи пентодлар; паст частотали пентодлар ва катта қувватли пентод-генераторлар. Пентод 1926 йилда америкалик радиотехник олим ва конструктор Альберт Халл томонидан яратилган ва уни 1927 йилда Генри Раунд кенг миқёсда ишлаб чиқарила бошланган.

**Гексод-6** электродли электрон лампа бўлиб (8.2-в расм), унинг пентоддан фарқи шундаки, бошқарувчи электрод сифатида иккита тўр электродлари ишлатилганда, антидинаatron эффектга қарши тўр электроди қолмайди.



Шунинг учун бошқарувчи электродлар иккита бўлган пайтда антидинатрон эффектига қарши яна алоҳида электрод киритилади.

**Гептод-7** электродли электрон лампа. Гептоднинг яратилиши радио соҳасида кескин бурилиш ясади. Чунки гептодлар бир вақтда икки функцияни бажаради. Баъзан уни пентагрид (беш тўрли) деб ҳам аташади. Бу лампалар бир вақтда радиосигналларни кучайтиришдан ташқари бу сигнални бошқа частоталар соҳасига силжитади. Гептод 1932 йилда немис радиоинженери Карл Штеймел томонидан ишлаб чиқилган. Гексодли схемаларда бу операциялар кетма-кет, аввал кучайтирилиб, кейин филтрланади.

20-асрнинг 60-70-йилларигача электровакуумли лампалар радио-электроника саноатининг асосий элементи ҳисобланган ва радио-приёмникларда, телевизорларда, алоқа воситаларида кенг ишлатилган.

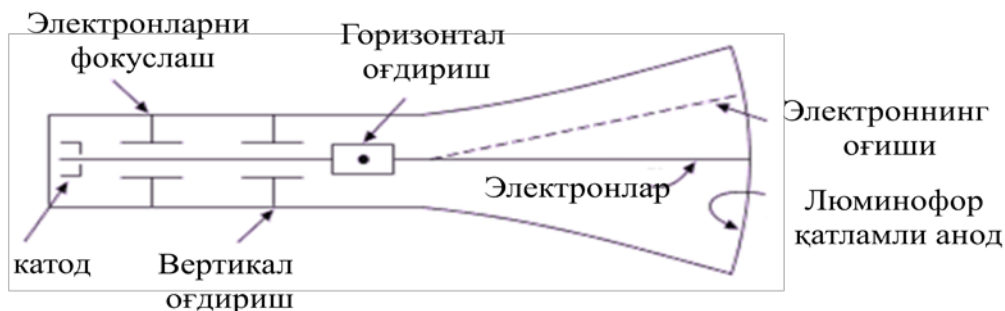
**8.1.4. Электрон нур трубкалари.** Электрон нур трубкалари электронлар оқимини бошқариш ва бу оқимни текислик бўйича ёйиб икки ўлчамли тасвир ҳосил қилиш имконини беради.



3-расм. Электровакуум лампалар ва лампали телевизор

Электрон нур трубка кинескоп деб ҳам аталади (грекча κινέω-ҳаракат ва σκοπέω –кўриш, ҳаракатни кўриш, ҳаракатга қараш маъноларини беради). Ўтган асрнинг 90-йилларигача барча телевизорлар кинесконлар асосида ишлар эди. 2000-йиллардан бошлаб келиб ясси экранларнинг (суюқ кристалл асосидаги экран) ривожланиши телевизорлар соҳасидан электрон нур трубкаларни тўла сиқиб чиқарди. Электрон нур трубканинг умумий

тузилиши 4-расмда келтирилган. Катод-электрон пушка деб аталади ва электронлар оқимини ҳосил қилиб беради.



4-расм. Электрон нур трубканинг тузилиши.

Катоддан чиққан электронларга электронларни фокуслаш қурилмаси да аниқ йўналиш ва тезлик берилади. Электронлар оқимини трубканинг марказий ўқиға нисбатан горизонтал ва вертикал текисликлар бўйлаб оғдирилиши ҳисобига экранда электронларнинг текислик бўйича тақсим ланиши юзага келади. Экран люминофор қатламдан иборат. Бу қатламга электрон келиб тушганда люминесценция туфайли чакнаш юз беради. Катта частоталар билан экраннинг турли қисмларида юз бераётган чакнашлар бизга тасвир бўлиб кўринади.



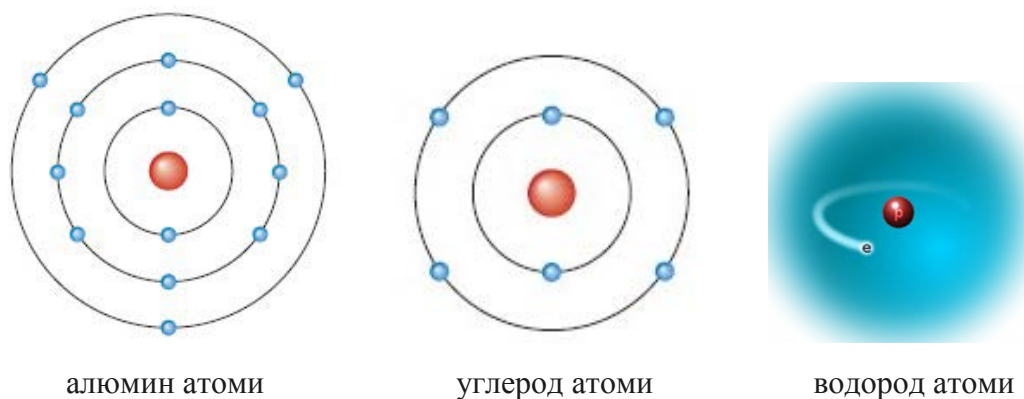
5-расм. Электрон нур трубка ва Горизонт -206 телевизори.

## 8.2. Ўтказгич, диэлектрик ва ярим ўтказгичлар

**8.2.1. Модда атомларининг тузилиши.** Моддалар молекулалардан, молекулалар эса атомлардан, атомлар ўз навбатида ядро ва унинг атрофида айланувчи электронлардан ташкил топган. Атом ядроси мусбат зарядли протон ва зарядсиз бўлган нейтрондан иборат. Атомнинг атрофида

айланувчи электроннинг заряди эса манфий деб қабул қилинган. Модда атомларининг бундай тузилиши бизга физика курсидаги “атомнинг планетар модели” назариясидан маълум.

Нормал ҳолда модда атомида электронлар ва протонлар сони тенг бўлиб, атом электр жиҳатдан зарядсиз (нейтрал) ҳисобланади. Масалан, алюмин ядросида 13 та протон бўлиб, ядро атропофида 13 та электронлар ўз орбиталарида айланади, углеродда эса протон ва электронлар сони 6 тадан, водородда эса биттадан 8.1-расм.



8.1-расм. Модда атомлари тузилишининг Бор модели.

Атомнинг массасини, асосан, унинг ядроси ташкил этади. Электронларнинг массаси эса атом ядроси массасининг ўн мингдан бир улушидан ҳам камроғини ташкил этади. Яъни, ҳар қандай модда атоми массасини, асосан, ядро массасидан иборат деб қараш мумкин. Атомнинг массаси ўлчов бирлиги сифатида водород атоми массаси қабул қилинган. Юқори даражадаги аниқлик билан ўтказилган замонавий тажрибаларнинг натижаларига кўра, водород атоми массаси тахминан  $m_H = 1,66 \times 10^{-27}$  кг атропофида. Бошқа атомларнинг массаларини водород атоми массасига нисбатан олиш қабул қилинган. Бунинг учун, атом масса сони  $A$  тушунчаси киритилган ва водород учун атом масса сони  $A=1$  деб қабул қилинган. Бошқа атомлар массалари сони шунга нисбатан олинади, масалан, алюминнинг атом масса сони  $A=27$ , индий учун  $A=115$ , уран изотопи учун  $A=238$  ва ҳоказо. Демак, бу атомларнинг массалари мос ҳолда:

$$m_{Al} = 27 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ кг} = 44,82 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m_{\text{In}} = 115 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ кг} = 190,9 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m_{\text{U}} = 238 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ кг} = 395,08 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

Элементларнинг атом масса сони А Менделеев даврий системасида элемент белгиси остида берилди.

Ўз навбатида атом ядросининг радиуси ҳам, масса сони ортиши билан катталашиб боради

$$R_{\text{ядро}} = 1,5 \sqrt[3]{A} 10^{-15} \text{ м.}$$

Масалан, водород атоми ядроси учун  $R_{\text{ядро}} = 1,5 \times 10^{-15}$  м бўлса, алюмин атомининг ядроси радиуси водородникидан уч марта катта, чунки  $\sqrt[3]{27} = 3$ .

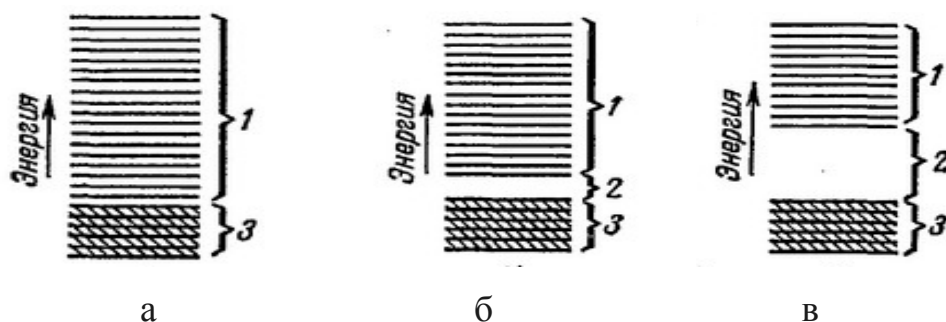
Энди атомнинг ўлчамлари ҳақида фикр юритамиз. Юқорида келтирилган планетар назарияга кўра, планеталар қуёш атрофида айланганидек, электронлар ҳам ўз ядроси атрофида айланади. Бунда электронлар энергияларига кўра турли орбиталарда ҳаракатланади. Демак, атомнинг ўлчами деганда, ядродан энг узоқ жойлашган электроннинг орбитаси радиуси назарда тутилади. Экспериментал тадқиқотлар натижаларига кўра, водород атоми радиуси  $10^{-10}$  м атрофида. Яъни, водород атоми радиуси унинг ядроси радиусидан  $10^5$  марта катта. Ўз навбатида водород атомининг ҳажми, ядросининг ҳажмидан  $10^{15}$  марта катта бўлиб чиқади. Демак, атомнинг асосий массаси ўлчамлари жуда кичик бўлган ядрога муҳасамлашган, электронлар эса бу митти, лекин, массаси катта бўлган ядро атрофида, турли орбиталарда ҳаракатланади. Лекин, бу орбиталарнинг радиуслари исталганча бўлиши мумкин эмас экан. Замонавий квант назариясига кўра, электронлар фақатгина маълум орбиталардагина бўла олиши мумкин. Бу электрон орбиталарининг дискретлиги, ёки квантланиши деб аталади. Масалан, водород атомида электронлар  $r_1 = 0,529 \times 10^{-10}$  м;  $r_2 = 4r_1$ ;  $r_3 = 9 r_1$  ва ҳоказо радиусли орбиталардагина ҳаракатлана олади.

Электронларнинг бу орбиталари “энергетик сатҳлар” деб аталади. Электрон қуйи сатҳдан юқори сатҳга ўтиши учун ташқаридан энергия олиши ва аксинча, юқори сатҳдан қуйи сатҳга ўтиши учун эса, ўзидан энергия

чиқариши зарур. Бундан келиб чиқадики, электрон фақатгина сатҳларнинг энергиялари фарқига тенг бўлган, дискрет қийматларга эга энергияларнигина юта олади ва чиқаради. Бу шарт моддалар тузилиши “квант назариясининг” асосини ташкил қилади. Айниқса, электр ҳодисалари, моддаларнинг электр ўтказувчанлик хусусиятлари, ярим ўтказувчанлик ҳодисалари ва қаттиқ жисм физикасига тегишли кўплаб назариялар айнан шу “квант назарияси”га асосланади.

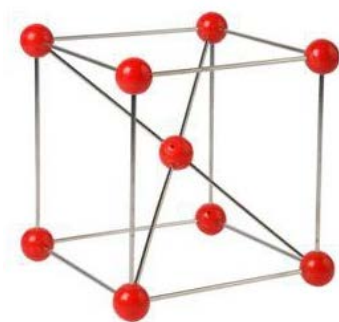
Модда атомида электронлар қуйи орбиталарда (энергетик сатҳларда) исталганча узоқ вақт бўлиши мумкин. Бирор таъсир (магнит майдони, ёруғлик, иссиқлик таъсири ва ҳоказо) натижасида электроннинг энергияси ортса, у юқори энергетик сатҳлардан бирига ўтади, ёки ядрони таъсир доирасидан чиқиб, эркин электронга айланиши мумкин. Металларда ана шундай эркин электронлар кўплиги учун, улар электр ўтказувчанлик хусусиятига эга. Лекин, модда электр токини ўтказиши учун атомнинг қобиғида электронлар кўп бўлишининг ўзи етарли эмас. Гап шундаки, ҳамма моддаларда ҳам электронлар ташқи таъсир натижасида юқори энергетик сатҳларга ўтавермайди. Бунинг сабаби, қаттиқ жисм физикасига тегишли “зоналар назарияси” асосида тушунтирилади. Зоналар назариясига кўра қаттиқ жисмда атомнинг энергетик сатҳлари иккига бўлинади. “**Валентли зона**”-атомнинг қуйи энергетик сатҳлари бўлиб, абсолют ноль ҳароратда бу зона электронлар билан тўлдирилган бўлади 8.2- расм. Электронлар бўлиши мумкин бўлган, лекин, абсолют ноль ҳароратда электронларга эга бўлмаган энергетик сатҳлар “**ўтказувчанлик зонаси**” деб айтилади. Валентли зона ва ўтказувчанлик зонаси “**таъқиқланган зона**” билан ажралиб туради. Ҳар бир сатҳга маълум энергия мос келади. Энергетик сатҳлардаги таъқиқланган зона қаттиқ жисмни характерловчи асосий кўрсаткичдир. Ўтказгичларда таъқиқланган зона деярли бўлмайди 8.2-а расм. Таъқиқланган зонасининг кенглиги 0,01эВ дан 3эВ гача бўлган моддалар ярим ўтказгичлар деб аталади 8.2-б расм, диэлектрикларда эса, бу таъқиқланган зонанинг кенглиги 3 эВ дан катта бўлади.

**8.2.2. Ўтказгичлар.** Маълумки, атомларнинг ўзаро таъсирлашуви натижасида, қаттиқ жисм атомлари бир-бирларидан маълум масофаларда жойлашган ҳолда, кристал панжаларни ташкил қилади.

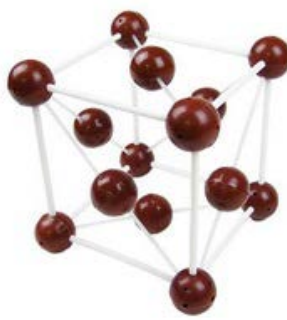


8.2 -расм. Қаттиқ жисм атомининг энергетик сатҳлари. а-ўтказгичлар; б- яримўтказгичлар; в-диэлектриклар. 1-ўтказувчанлик зонаси, 2-таъқиқланган зона, 3-валентли зона.

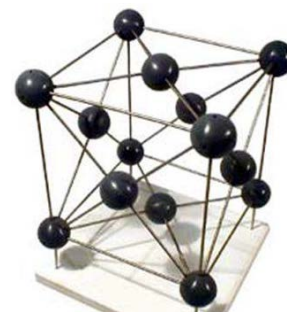
Атомлар орасидаги бу масофа газ атомлари орасидаги масофага қараганда жуда кичик бўлиб, қўшни атомларнинг ташқи электрон қобиклари бир-бирларига тегиб туриши, ҳатто қўшилиб кетиши ҳам мумкин. Натижада атомнинг энергетик сатҳлари жуда зич жойлашган, майда энергетик сатҳларга бўлиниб кетади.



темир



мис



алюмин

8.3- расм. Металл ўтказгичларнинг кристалл панжаларлари.

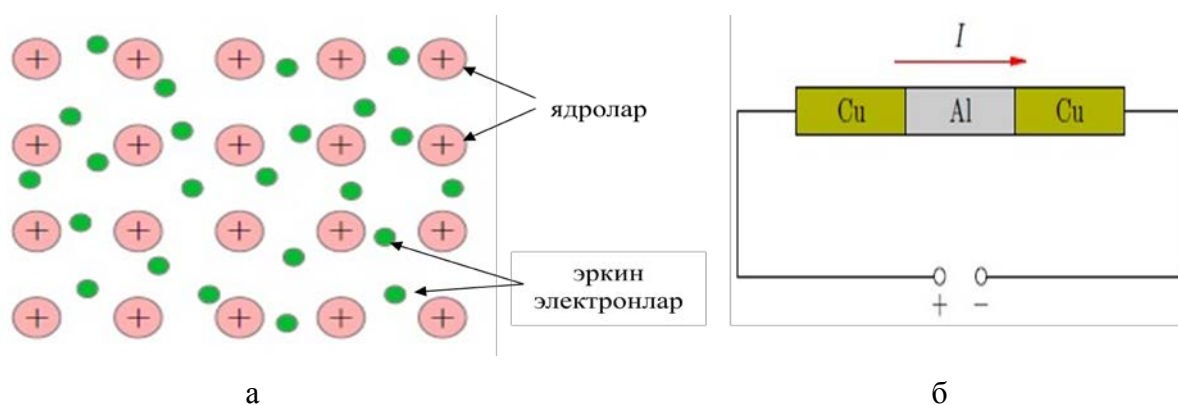
Қаттиқ моддада электр ўтказувчанлик юзага келиши учун, ўтказувчанлик зонасида бўш энергетик сатҳлар бўлиши зарур. Металларда ўтказувчанлик зонаси қисман электронлар билан тўлдирилган бўлади. Ташқи таъсир натижасида валентли зонадаги электронлар, ўтказувчанлик зонасига осонгина ўтиши мумкин. Лекин, бу электронларнинг концентрацияси, валентли зонадаги электронлар концентрациясидан жуда кам, шунинг учун температуранинг ортиши ўтказувчанликка деярли таъсир



этмайди, деб қараш мумкин. Температура ортиши билан металлларда электр ўтказувчанликнинг камайиши эса, электронлар эркин югуриш йўлининг камайиши билан боғлиқ. Чунки, температура ортса, атомнинг кристалл панжарадаги тебраниш амплитудаси ортиб, эркин электронларнинг атомга ютилиши эҳтимоллиги ортади. Натижада заряд ташиш жараёнида қатнашаётган электронлар концентрацияси камаяди.

Қаттиқ жисм, масалан, металлларда атомларнинг бир-бирлари билан ўзаро тасирлашувидан кристалл панжаралар ҳосил бўлади 8.3-расм. Бу панжаранинг тугунларида атомлар жойлашган бўлиб, электронлар ўз атомлари атрофида, ўзларининг орбиталарида ҳаракатланади.

Кристалл панжара модага қаттиқлик, эластиклик, иссиқлик ўтказувчанлик хусусиятлар билан бирга электр ўтказувчанлик хусусиятини ҳам беради. Чунки, металлларнинг кристалл панжарасида атомлар бир-бирларига жуда яқинлиги туфайли, атомларнинг ташқи электрон қобиқларидаги электронлар ўз ядроларини жуда осон тарқ этади ва бутун кристалл панжара бўйлаб эркин ҳаракатланиши мумкин. Металлларда бундай электронларнинг концентрацияси етарлича катта ( $T=0^\circ\text{K}$  да концентрация ўртача  $10^{27} \text{ м}^{-3}$ ) бўлиб, ташқи таъсир натижасида бу электронлар тартибли ҳаракатга келади ва электр токини ҳосил қилади 8.4-а расм.



8.4-расм. Металлларнинг кристалл панжараси ва эркин электронлари (а), Рикке тажрибасининг схемаси (б)

Лекин, электронларнинг бир томонлама тартибли ҳаракати мода кўчиши билан боғлиқ эмас. Яъни металллардаги электр ўтказувчанлик фақат

электрон хусусиятга эга. Металлардан электр токи ўтишининг фақат электрон ўтказувчанлик ҳисобига содир бўлишини 1901 йилда немис олими Карл Виктор Рикке жуда оддий тажриба ёрдамида амалда исботлаб берган (Рикке Карл Виктор Эдуард, 1845-1915 йилларда яшаб ижод қилган немис олими, металларнинг электрон ўтказувчанлик назарияси-Рикке назарияси асосчиси). Рикке ўз тажрибасида иккита мис таёқча орасига алюмин таёқчасини улаб, улардан бир йил давомида узлуксиз, бир миқдорда ўзгармас электр токини ўтказиб турган 8.4-б расм. Тажриба давомида таёқчалар орқали жами бўлиб  $3 \times 10^6$  Кл заряд ўтган. Шундан сўнг Рикке мис ва алюмин таёқчаларнинг бир-бирига тегиб турган сиртларини текшириб, мисда алюмин атомлари ва аксинча, алюминда мис атомлари йўқлигини аниқлаган.

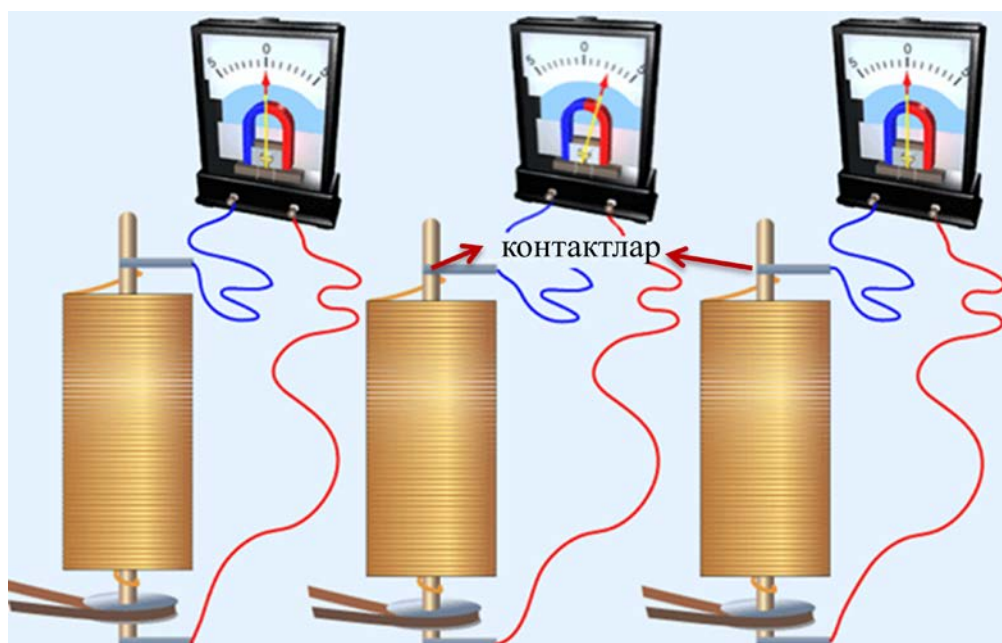
Демак, металлардан электр токи ўтиши, модда атомлари кўчиши билан боғлиқ бўлмай, фақат электронлар ҳаракатидан иборат экан. Бу тажриба фақатгина кузатувга асосланган бўлгани учун, электрон ўтказувчанликка доир бирор катталик миқдорий жиҳатдан ўрганилмаган. Лекин, шунга карамай, тажриба натижаси ўша давр фани, айниқса, электротехника саноати ва технологиялари учун жуда муҳим хулоса эди.

1913 йилда Леонид Мандельштам ва Николай Папалекси айланувчи ғалтак орқали ўтказган тажрибасида ҳам, электр ўтказувчанлик фақатгина электронлар билан боғлиқ бўлиб, ионли характерга эга эмаслигини исботлади. Улар тажрибада (фанда бу тажриба Мандельштам-Папалекси тажрибаси дейилади) 500м узунликдаги мис симдан ғалтак ясаб, бу ғалтакни ўз ўқи атрофида катта тезликда айлантирган ва бирдан тормозлаб тўхтатган. Тажриба шуни кўрсатдики, ғалтак тинч турган ҳолда, ва бир хил тезликда айланганда, ғалтак учларига уланган гальванометр ноль ҳолатни кўрсатади, агар ғалтакни бирданига тормозлаб тўхтатсак, қисқа вақт давомида ғалтакда ток ҳосил бўлган (ғалтак катта тезланиш билан ҳаракатланганда).

Л. Мандельштам таклиф этган тажрибанинг маъноси қуйидагича. Агар электрон массага эга бўлса, у инертлик хусусиятига эга бўлиши керак. Шундай экан, таркибида эркин электронлари кўп бўлган, катта тезликда

харакатланаётган ўтказгич кескин тормозланса, атомларга боғланмаган электронлар (8.4-а расмга қаранг) инерция туфайли маълум муддат бир томонга, инерция кучи йўналишида ҳаракатланиши керак. Электронларнинг бир томонга ҳаракати эса, бу электр токидир.

Тажриба натижаси эса, кутилгандай бўлиб чиқди. Ҳақиқатан ҳам, тажрибада ғалтак кескин тормозланганида, ғалтакда қисқа муддатли ток ҳосил бўлган ва бу ток мембранада товуш (акустик тебраниш) сифатида қайд этилган.



8.5- расм. Мандельштам-Папалекси (Толмен-Стюарт) тажрибаси.

Кейинчалик, 1916 йилда бу тажриба америкалик олимлар Ричард Толмен ва Стюарт томонидан миқдорий жиҳатдан ўрганилди. Улар мембрана ўрнига сезгир гальванометр ишлатиб, инерция таъсирида ҳосил бўлган электр зарядини ўлчашган 8.5-расм.

Тормозловчи ташқи куч  $F = m a$ , ёки

$$F = -m \frac{dv}{dt} \quad (8.1)$$

Бу ерда  $m$  –электрон массаси,  $v$ - ғалтакнинг чизиқли тезлиги.

Майдон кучланганлиги  $E_{ст} = F/q$  (заряд миқдори сифатида электрон зарядини олсак  $q=e$ ) эканлигини ҳисобга олиб, таъсир этувчи куч ҳосил қилган майдоннинг кучланганлиги учун қуйидагига эга бўламиз

$$E_{ст} = -\frac{m dv}{e dt} \quad (8.2)$$

Бу кучланганлик остида  $l$  узунликдаги симда ҳосил бўлган э.ю.к

$$E = E_{ст}l = -\frac{m dv}{e dt}l$$

Ғалтакдан оқиб ўтган зарядни топиш учун, томоzlаниш вақти давомидаги ток кучини вақт бўйича интеграллаймиз

$$q = \int Idt = \frac{1}{2} \int Edt = \frac{ml v_0}{e R} \quad (8.3)$$

Бу ерда  $I$  - ғалтакдаги ток кучининг оний қиймати,  $v_0$  - ғалтакнинг тормозланишдан олдинги чизиқлиги тезлиги,  $R$  - ғалтак симининг актив қаршилиги. Тольмен ва Стюартлар тажриба ёрдамида  $q$  заряд миқдорини ўлчаб (8.3) ифода орқали электроннинг массасини аниқлаган. Тажриба натижаларига кўра электрон массаси  $9,1 \times 10^{-31}$  кг бўлиб чиққан.

Шундай қилиб, металлларда электр ўтказувчанлик эркин электронларнинг ҳаракати билан боғлиқ. Металллардан ток ўтганда модда кўчиши юз бермайди. Ток ташувчи эркин электронларнинг концентрацияси эса металлларнинг кристалл панжара тузилишига, атомдаги электронларнинг орбитал жойлашувига, кристалл панжарага, ёки атомга таъсир этувчи ташқи кучларга боғлиқ ҳолда ўзгаради.

**8.2.3. Ярим ўтказгичлар.** Ярим ўтказгич сифатида энг кенг тарқалган кимёвий элементлар германий (Ge) таъқиқланган зонаси кенглиги  $\Delta E = 0,67$ эВ, кремний (Si) таъқиқланган зонаси кенглиги  $\Delta E=1,12$ эВ, арсенид галлий (GaAs) таъқиқланган зонаси кенглиги  $\Delta E=1,43$ эВ. 2000-2002-йилларда кристалларни сунъий ўстириш технологиялари жуда ривожланди, натижада сунъий ўстирилган карбид кремний (SiC) ярим ўтказгичлари ҳосил қилинди.

Бу ярим ўтказгичнинг таъқиқланган зонаси кенглиги, унинг турларига қараб 2,4 эВ дан 3,4эВ гача.

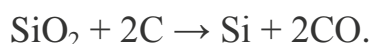
Изоҳ:Электроннинг электр майдондаги потенциал энергияси  $E = eU$ , бу ерда  $e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл-электрон заряди,  $U$ -электронга энергия берувчи майдоннинг потенциаллари фарқи. Демак,  $1\text{эВ} = 1,6 \times 10^{-19}$  Ж.

Ўтказувчанлик зонасида электрон бир сатҳдан бошқасига осонгина ўтиши мумкин, чунки бу сатҳда электронларнинг йўл қўйилган орбиталари бир-бирига жуда яқин жойлашган. Қўшни сатҳларнинг энергия фарқлари  $10^{-8}$  эВ дан  $10^{-4}$  эВ гача бўлиши мумкин [8.1]. Бу шуни билдирадики, атомнинг иссиқлик тебранишлари, ташқи майдон таъсирида электрон тезланишининг ортиши, атомга ёруғлик квантининг ютилиши ва бошқа таъсирлар электронни юқори энергияли бошқа орбитага ўтишига сабаб бўлиши мумкин. Лекин, модда атомларида, таъқиқланган зона кенглиги бир неча электрон вольт бўлганда, электронлар ташқи майдон таъсирида бу зонадан ўта олмайди. Шунинг учун, модданинг электр ўтказувчанлик хусусиятини ўзгартириш имконияти таъқиқланган зона кенлигига боғлиқ.

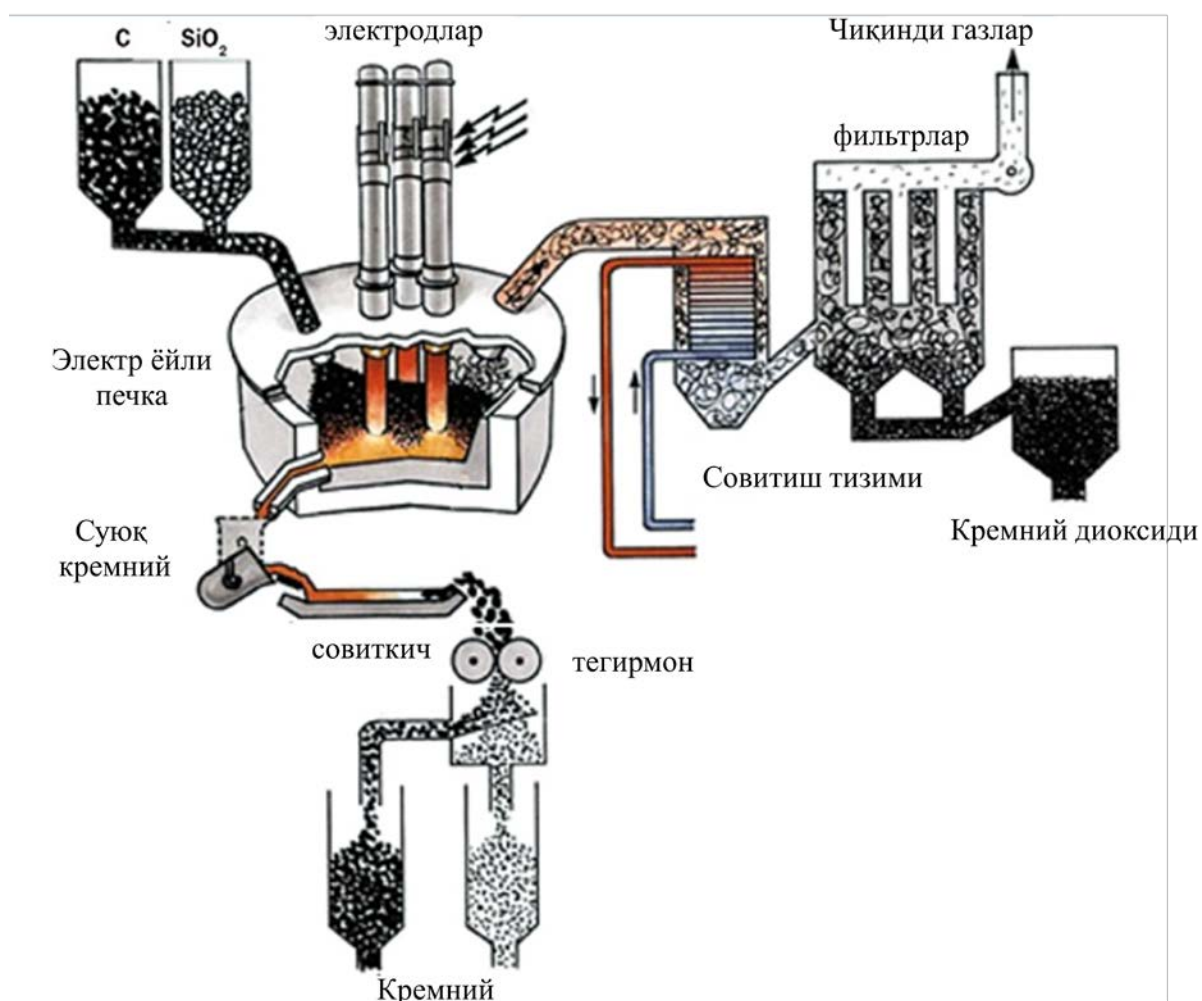
Диэлектрик ва ярим ўтказгич моддаларда эса, қисман тўлдирилган зоналар йўқ. Абсолют ноль ҳароратда валентли зона электронлар билан тўлиқ банд бўлиб, ўтказувчанлик зонасида электронлар деярли йўқ. Ўтказувчанлик зонасига электронларни ўтказиш учун эса, унга таъқиқланган зона кенлигидан каттароқ энергия беришга тўғри келади.

**8.2.4. Кремний Si.** Ярим ўтказгич моддалар ичида амалда энг кенг тарқалгани кремнийдир. Элементлар даврий системасида кремний IV гуруҳда жойлашган. Ер шарида, кремний захираси кўплиги жиҳатидан кислороддан кейин иккинчи ўринда туради. Ердаги кремнийнинг умумий массаси Ер шари массасининг 27 % дан ортиқроғини ташкил этади. Табиатда у мураккаб силикатлар кўринишида, деярли барча металллар таркибида мавжуд. Тоза кремний табиатда учрамайди, унинг оксиди  $\text{SiO}_2$  майда кристаллар шаклида қумнинг асосини ташкил қилади. Саноатда ишлатилувчи тоза кремний, айнан қумдан олинади.

Кремний олиш технологияси 8.6-расмда кўрсатилган. Қум ва **углеродли аралашма** электродлар ёрдамида ҳосил қилинадиган ёй разрядли печкага киритилади ва печкада аралашма  $2000^{\circ}\text{C}$  ҳароратгача қиздирилади. Печкада ёй разряди ҳосил қилиш учун углеродли электродлар ишлатилади. Юқори температурада, электрод таркибидаги углерод ва қум билан бирга печкага киритилган углеродлар кремний оксиди билан таъсирлашиб, газ ҳолатдаги углерод монооксидини ҳосил қилади ва кремний оксиддан халос бўлади



Тоза кремний эриб, махсус тешиқлар орқали печдан пастга оқиб тушади ва совутилиб, каттиқ ҳолатга келтирилгач, махсус тегирмонда майдаланади. Шу усул билан 95% дан 99,9 % гача тозаликда кремний кристалларини олиш мумкин.

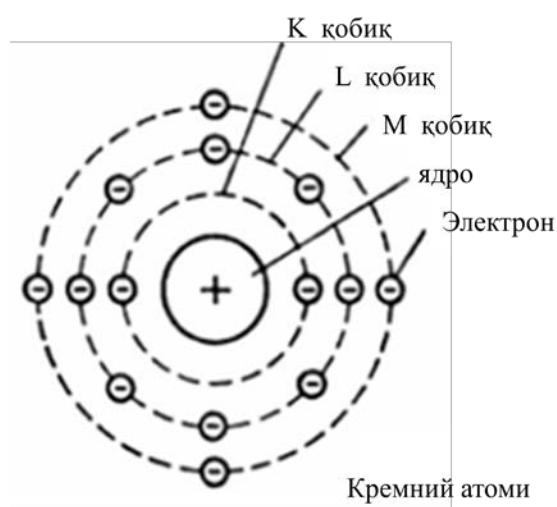
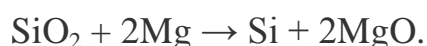


8.6-расм. Қумдан кремний олиш технологияси.



Печкада эримай қолган қум ва бошқа ёниш махсулотлари махсус насосда сўриб олиниб, совутилади. Газлар филтрлангандан сўнг атмосферага чиқариб юборилади, қаттиқ махсулотлар-асосан қум, алоҳида бункерга йиғилади.

Юқоридаги усул билан саноат миқёсида кремний ишлаб чиқариш мумкин. Шунингдек, кремнийни лаборатория шароитларида ҳам олиш мумкин. Бунинг учун магнийдан фойдаланилади



Тоза кремний кристали

8.7-расм. Кремний атоми тузилиши ва кремний кристали

Кремнийда 14 та протон ва атом қобиғида 14 та электрони бор. Атом қобикларида электрон қуйидагича жойлашган: К -қобикда 2 та , L-қобик 8 та, M- қобикда 4 та.

Тозаланган кремний кристали тўқ қулранг бўлиб, ўта қаттиқлигига қарамай жуда мўрт бўлади. Зичлиги  $2,33 \text{ г/см}^3$ , эриш ҳарорати  $1415^\circ\text{C}$ , қайнаш ҳарорати  $2680^\circ\text{C}$ .

Электроника саноатида кремний асосий ярим ўтказгич элемент сифатида, ярим ўтказгичли қурилмалар яшашда қўлланилади.

Кремнийнинг электрик хусусиятларига, унинг кристалл структурасига киритилган, жуда кам миқдордаги аралашмалар ҳам катта таъсир кўрсатади.

Ярим ўтказгичли қурилмалар тайёрлашда кремнийнинг айнан шу хусусиятидан фойдаланилади.

Шунингдек кремнийнинг оксиди шиша, керамика ва бошқа замонавий қурилиш материаллари ишлаб чиқаришда кенг ишлатилади.



8.8-расм. Кремнийнинг ишлатилиши

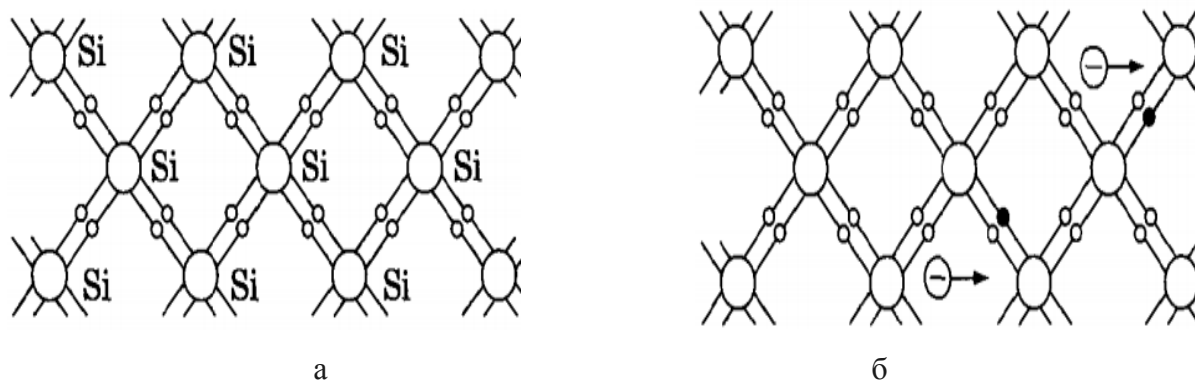


8.9-расм. Кремний оксидининг ишлатилиши

Шиша ва керамикадан ишланган маҳсулотлар нафақат ўзининг сифати билан, балки кремний захираларининг кўплиги билан ҳам ўта муҳим аҳамият касб этади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, технологияларнинг

ривожланиб бориши натижасида кремний кўп сохларда металлларнинг ўрнини босиб бормоқда.

**8.2.5. Ярим ўтказгичларда электр токи.** Электр ўтказувчанлик тушунчаси ўта нисбий бўлиб, моддаларни аниқ чегара билан ўтказгич ва диэлектрикларга бўлиб бўлмайди. Бунинг устига моддаларнинг ўтказувчанлик хусусиятлари ташқи муҳит таъсирига ҳам кучли боғлиқ. Айниқса, бу ярим ўтказгичларда кучли намоён бўлади. Қайд этилганидек, ярим ўтказгичлар электр токини металлларга нисбатан ёмонроқ, диэлектрикларга нисбатан эса яхшироқ ўтказади. Уларнинг ўтказувчанлиги температура ортиши билан ёки ёруғлик таъсирида ортиши мумкин. Температура ортиши билан валентли электроннинг кинетик энергияси ортади, натижада унинг энергияси атомни тарк этишга етарли бўлиб қолади ва эркин электронга айланади. Масалан, кремнийда ташқи қобикда 4 та электрон мавжуд бўлиб, (8.10-а расм) ташқи таъсир натижасида бу электронлардан бири ўз қобигини тарк этиб, эркин электронга айланиши мумкин 8.10 -б расм. Энди кремнийга ташқи электр майдон таъсир қилса, электрон бу майдон таъсирида ҳаракатланади, яъни кремний электр токини ўтказа бошлайди. Лекин, бундай эркин электронларнинг концентрацияси жуда кам. Тажриба натижаларига кўра  $300^{\circ}\text{K}$  да концентрация  $10^{17} \text{ м}^{-3}$  бўлиб, температура  $700^{\circ}\text{K}$  га етганда концентрация  $10^{24} \text{ м}^{-3}$  гача етади. Лекин шунда ҳам, бу кўрсаткич металллардаги эркин электронлар концентрациясидан минглаб марта кам.



8.10 –расм. Кремнийда эркин электронлар ҳосил бўлиши.

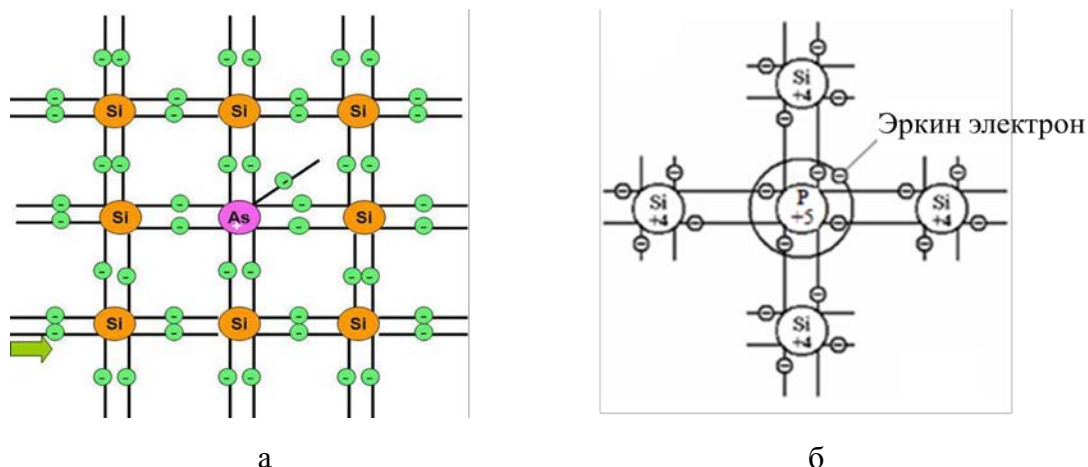
Бундай ўтказувчанлик бошқа ярим ўтказгич моддаларда ҳам кузатилади. Соф ярим ўтказгичлардаги бу электр ўтказувчанлик ярим ўтказгичнинг **хусусий ўтказувчанлиги** деб юритилади.

Атомдаги электрон ўз ўрнини ташлаб кристалл бўйлаб эркин ҳаракатланувчи электронга айланганда, унинг жойи бўш қолади. Бу жой **тешик** деб аталади. Электронлар кристалл бўйлаб ҳаракатлангани сингари, тешиклар ҳам кристалл бўйлаб, электрон ҳаракатига тескари томонга қараб ҳаракатланади. Яъни, тешикка бошқа электрон келиб тушиши натижасида тешик электрон келган томонга қараб силжийди. Демак, ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги электрон ва тешик ўтказувчанликлардан иборат бўлади.

**8.2.6. Донор аралашмалар.** Донор сўзи латинча "donare" сўзидан олинган бўлиб, бермоқ, ҳадя этмоқ маъноларини билдиради. Худди медицинадаги донор сўзи каби. Бу ерда ҳам, донор сўзи шу маънода келади, яъни аралашма сифатида ишлатилаётган модда, асосий ярим ўтказгич моддага ўзининг электронини ҳадя қилади.

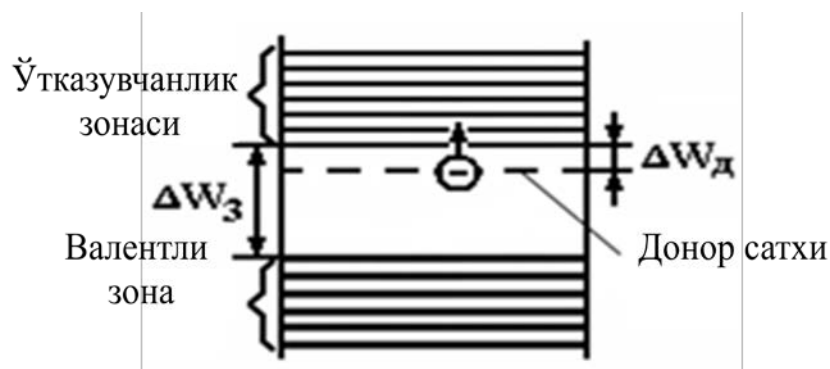
Ярим ўтказгичлар, асосан даврий системанинг IV гуруҳ элементлари ҳисобланади. Уларга V гуруҳ элементларини қўшиш йўли билан донорли аралашма ҳосил қилинади. Масалан, Si кремнийга, жуда кам миқдорда бирор аралашма, масалан, As мишьяк қўшилади. Мишьяк даврий системанинг V гуруҳида жойлашган ва ташқи қобиғида 5 та электрон мавжуд. Бу электронларнинг 4 таси, қўшни кремний атомининг ташқи қобиғидаги 4 та электронлар билан ковалент боғланишлар ҳосил қилади, 8.11-а расм. Натижада, мишьякнинг битта электрони ковалент боғланишларда қатнашмай, атомга кучсиз боғланган бўлиб қолади. Озгина ташқи таъсир, масалан иссиқлик тебранишлари натижасида бу электрон эркин электронга айланиб, бутун кристалл бўйлаб силжиши мумкин. Аралашма сифатида киритилган атом эса ўзининг битта электронини йўқотиб, мусбат зарядланган ионга айланиб қолади. Бу атом кристалл панжарадан кета олмайди, фақатгина тебранма ҳаракатда қатнашади. Шунинг учун бундай аралашма

электрон ўтказувчанликка эга бўлиб қолади ва **n** тип ўтказувчанлик (электронга ишора) деб юритилади.



8.11-расм. Донорли аралашмалар. а-кремнийга мишьяк кўшилган, б-германийга мишьяк кўшилган.

Шундай аралашмани германийга мишьяк кўшиб шунингдек, германий ёки кремнийга Sb сурма ёки P фосфорни кўшиб ҳам ҳосил қилиш мумкин (8.11-б расм). Аралашмада асосий элемент атомларига нисбатан донор атомлари жуда оз миқдорни ( $10^6 - 10^8$  та асосий атомга 1 та донор атоми тўғри келади) ташкил қилади, шунинг учун асосий элементнинг кристалл панжараси бузилмайди.



8.12-расм. n тип ўтказувчанликнинг энергетик диаграммаси.

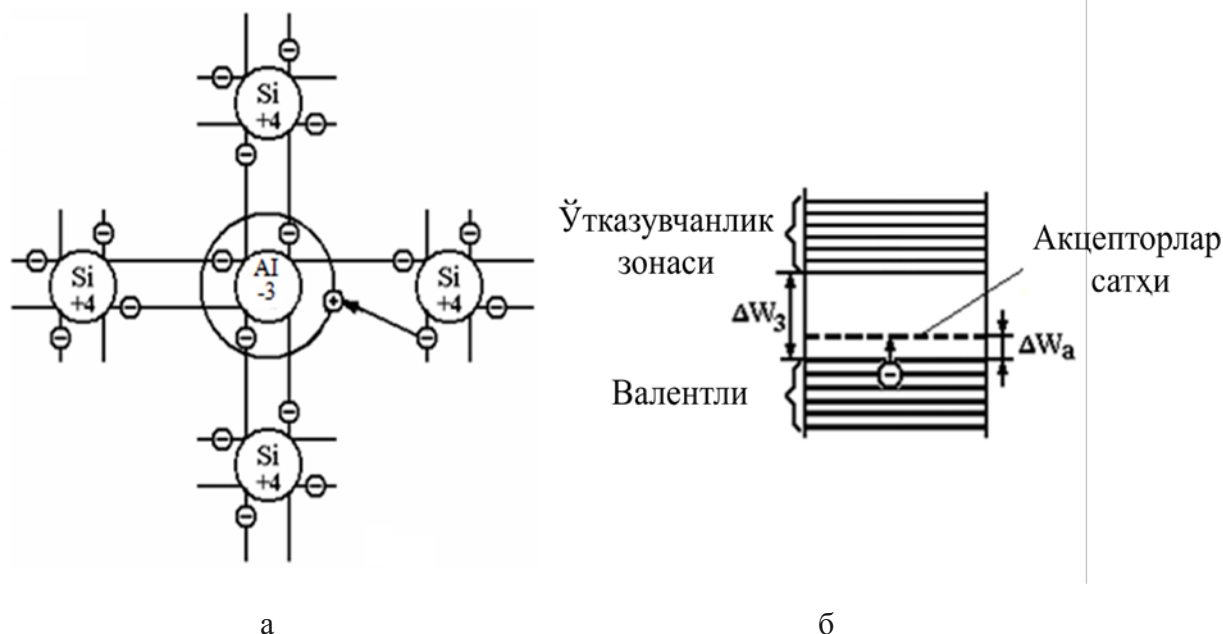
Хулоса қилиб айтадиган бўлсак, донор аралашмалар шундай хусусиятга эгаки, шундай аралашмаки, унинг атоми кристалл панжарага жойлашиб олиб, асосий элемент атоми энергетик сатҳининг таъқиқланган

зонасида электрон ҳосил қилади 8.12-расм. Атомнинг уйғонган ҳолатида бу электрон ўтказувчанлик зонасига осонгина ўта олади. Чунки  $\Delta W_D$  – ўтказувчанлик зонаси қўйи сатҳи энергияси билан донор электрон сатҳи энергияси фарқи,  $\Delta W_3$  таъқиқланган зона кенглигидан жуда кичик. Донор аралашмаларда бу асосий элемент ва донор элемент турларига қараб,  $\Delta W_D=0,01-0,07$  эВ оралиғида бўлади. Донор аралашмали атомнинг энергетик диаграммаси 8.12-расмда келтирилган.

**8.2.7. Акцептор аралашмалар.** Акцептор сўзи лотинча “acceptor” сўзидан олинган бўлиб, қабул қилувчи маъносини беради. Донор аралашмага тескари ўлароқ, бу ерда аралашма сифатида ишлатилган модда, асосий моддадан электрон қабул қилиб олади.

Агар, ярим ўтказгичларга даврий системанинг III гуруҳ элементларидан аралашма сифатида киритилса, донорли аралашмада бўлган жараёнга тескари жараён содир бўлади. Масалан, Si кремнийга III гуруҳдан алюмин Al элементини аралашма сифатида киритамиз. Бунда ҳам, аралашманинг миқдори асосий элементга нисбатан жуда кам миқдорда бўлади. Алюминнинг ташқи қобиғида 3 та электрони бор, бу электронлар атрофдаги учта кремний атоми электронлари билан ковалент боғланишлар ҳосил қилади. Шунда кремнийнинг битта электрони ковалент боғланишда қатнашмай қолади 8.13-а расм. Яъни, алюмин атоми ковалент боғланишлари тўлмай қолади Ковалент боғланиш ҳосил қилиш учун алюмин атоми қўшни кремний атомидан битта электронни тортиб олади. Натижада ўзи манфий зарядланган ионга айланиб қолади. Ўз электронини аралашма атомига бой бериб қўйган қўшни кремний атоми эса, мусбат зарядланиб қолади. Чунки бу кремний атомида битта электроннинг жойи бўш қолади. Шу бўш қолган жой “**ковак**” деб аталади (айрим адабиётларда ковак ўтказувчанлик тешик ўтказувчанлик деб ҳам юритилади). Энди бу ковак бутун кристалл бўйлаб кўчиб юриши мумкин. Шунинг учун ҳам акцептор аралашмалар мусбат, яъни ковак ўтказувчанлик хусусиятига эга. Ковак ўтказувчанликни **p тип** (протонга ишора) ўтказувчанлик дейилади.





8.13-расм. Акцептор аралашма ҳосил қилиш (а) ва p-тип ўтказувчанликнинг энергетик диаграммаси (б).

P-типтаги ўтказувчанликнинг энергетик диаграммаси 8.13-б расмда келтирилган. Бу ерда ҳам  $\Delta W_A = 0,01-0,07$  эВ оралиғида бўлиб, бу энергия таъқиқланган зона кенлигидан анча кичик. Электрон валентли зонадан акцепторлар сатҳига осонгина ўта олади. Акцепторли аралашмаларда акцепторлар сатҳи валентли зонадан келган электронлар билан тўлдирилган бўлади, шунинг учун валентли зонада электронлар учун бўш жойлар “коваклар” мавжуд.

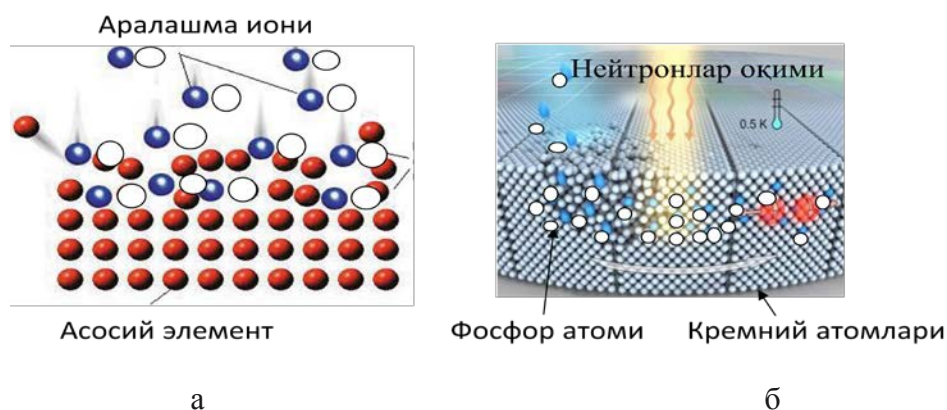
**8.2.8. Легирлаш.** Ярим ўтказгичларга ўта кам миқдорда донор ёки акцептор аралашмаларни киритиш “легирлаш” деб аталади. Легирлаш ярим ўтказгичлар ва электроника саноатида жуда муҳим технологик жараён ҳисобланади.

Юқорида қайд этилганидек, легирлаш ярим ўтказгичли кристалнинг панжарасига аралашма атомларини киритишдир. Легирлаш тушунчаси шунингдек, металлургия саноатида ҳам кенг тарқалган. Бунда ҳам асосий металлга қандайдир аралашмалар киритилади, фақат бунда металлнинг механик характеристикалари ўзгаради. Масалан, пўлатга турли моддаларни аралаштириб мустаҳкамлиги оширилади. Ярим ўтказгичларни легирлашда

эса аралашмани киритиш ҳисобига ярим ўтказгич модданинг фақат электрик хусусиятларигина ўзгаради.

Легирлаш технологияларининг ривожланиши бугунги кун электроника ва микроэлектроника саноати ривожини белгилайди. Чунки, ярим ўтказгичли электрон қурилмалар яратиш, айнан легирлашдан бошланади. Саноат миқёсида ярим ўтказгичларни легирлаш бугунги кунда, асосан уч хил усулда амалга оширилади: ион имплантация усули; нейтрон трансмутация усули; диффузия усули.

Ион имплантация усулида асосий ярим ўтказгич материал сирти аралашма модданинг тезлаштирилган ионлари билан бомбардимон қилинади. Натижада, бу ионлар асосий материал кристалл панжарасига жойлашиб қолади 8.15-а расм. Имплантация чуқурлиги, яъни ионларнинг асосий кристаллга қанча чуқур кириб бориши тезлатилган ионларнинг энергиясига боғлиқ. Одатда ионлар 10-2000 эВ энергиягача тезлаштирилади.



8.15-расм. Электроника саноатида легирлашнинг замонавий усуллари: а- ион имплантация усули; б-нейтрон-трансмутация усули.

Нейтрон-трансмутация усулида легирловчи аралашма асосий кристаллга ташқаридан киритилмай, балки ядро реакцияси натижасида асосий элемент атомларининг ўзидан ҳосил қилинади. Бунинг учун ядро реакторида кремний Si атоми нейтронлар билан бомбардимон қилинади [8.2], натижада кремнийнинг ностабил бўлган  $^{31}\text{Si}$  радиоактив изомери ҳосил бўлади, бу ностабил изотоп яна емирилиб, стабил бўлган  $^{31}\text{P}$  фосфорга айланади 8.15 –

б расм. Шундай қилиб, кремнийнинг таркибида n тип ўтказувчанлик ҳосил қилувчи фосфор пайдо бўлади.

Диффузия усулида асосий ярим ўтказгичли материал ва аралашма материали махсус диффузион камерада қиздирилади. Аралашманинг материали диффузат деб аталади. Диффузат газ, суюқ ёки каттик модда кўринишида бўлиши мумкин. Масалан, кремний ярим ўтказгич кристаллига Р фосфор ёки В бор аралашмасини киритиш учун диффузат сифатида газсимон  $\text{PH}_3$ ,  $\text{V}_2\text{H}_6$ , суюқ ҳолдаги  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{VBr}_3$ , ёки таркибида фосфор ва бор бўлган каттик моддалардан фойдаланилади. Диффузия усули содда ва арзонлигига қарамай саноат миқёсида кенг қўлланилмайди. Бунинг сабаби куйидаги жиддий камчиликлар билан тушунтирилади:

-диффузия коэффициенти жуда кичик бўлганлиги учун легирлаш жараёни жуда узоқ давом этади ва саноат миқёсида қўллаш самарасиз;

-юпқа легирланган қатламлар олиш мумкин эмас, чунки диффузия чуқурлигини назорат қилиб бўлмайди;

-диффузатлар сифатида ишлатилувчи газ ва суюқликларнинг захарлилиги, ёнувчанлик ва портлаш хавфининг юқорилиги бу усулнинг кенг қўлланилишига тўсқинлик қилади.

Жаҳон электроника саноатининг муҳим хом ашёси сифатида легирланган (р ёки n тип ўтказувчанликлар ҳосил қилинган) кремний, германий ва бошқа ярим ўтказгич кристалларини ишлаб чиқариш бугунги кунда кенг йўлга қўйилган.

**8.2.9. Электрик ўтишлар.** Ярим ўтказгичларда турли физикавий хусусият-ларга эга бўлган қатламларнинг оралиғи электр ўтишлар деб аталади. Бунда ўтишлар куйидагича бўлиши мумкин:

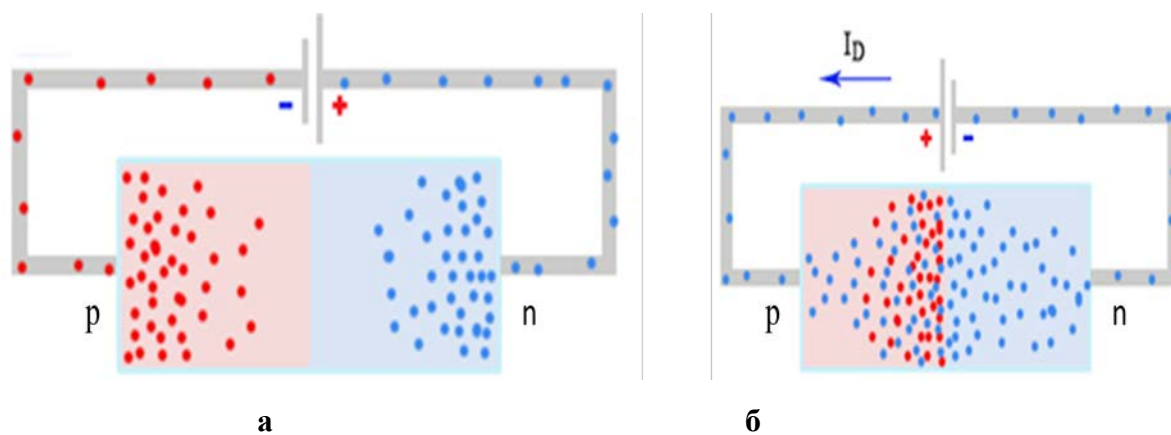
р-n ўтиш, ковак ўтказувчанлик ва электрон ўтказувчанликлар орасида; металллар ва ярим ўтказгичлар орасидаги ўтишлар (металл-р тип, ёки метал- n тип);

бир хил турдаги ўтказувчанликнинг ичида, турли концентрацияли соҳалар орасидаги ўтиш;

таъқиқланган зонаси кенглиги турлича бўлган иккита ярим ўтказгичлар орасидаги ўтишлар (бу ўтиш гетероўтишлар деб номланган).

**p-n ўтиш.** Аксарият ярим ўтказгичли қурилмаларнинг (диодлар, транзисторлар, тиристорлар ва ҳоказо) ишлаши турли хил ўтказувчанликка эга ярим ўтказгичлар, ёки ярим ўтказгич билан металллар орасидаги электр ўтишларга асосланган. Шундай электр ўтишлардан бири p-n ўтишдир. p ва n тип ўтказувчанликка эга 2 та ярим ўтказгич кристалларини бирлаштиришдан p-n ўтиш ҳосил бўлади. Ўтишлар симметрик ва носимметрик турларга бўлинади. p ва n соҳаларда электронлар ва коваклар концентрациялари тенг бўлса симметрик ўтиш, аксинча бўлса, носимметрик ўтиш бўлади. Амалда асосан носимметрик ўтишлар учрайди. Бунда p ва n соҳалардаги концентрациялар бир-биридан 1000 мартагача фарқ қилиши мумкин.

p ва n ўтказувчанликдан иборат иккита кристаллни бирлаштиришдан (контактидан) ҳосил бўлган p- n ўтиш соҳасидаги (чегарадаги) физикавий жараёнлар муҳим амалий аҳамият касб этади.



8.16-расм. p- n ўтиш соҳасидаги потенциал тўсиқлар.

а-ташқи электр майдони тескари уланган; б- ташқи электр майдон тўғри уланган.

Диффузия натижасида p соҳадан маълум миқдордаги коваклар n соҳага ўтади, аксинча n соҳадаги айрим эркин электронлар эса p соҳага ўтади. Натижада зарядларнинг ўзаро компенсацияси-рекомбинация оқибатида, ўтиш соҳасида асосий заряд ташувчилар концентрацияси, яъни ўтказувчанлиги кам бўлган юпқа қатлам юзага келади. Бу қатлам p ва n соҳаларни ажратиб потенциал тўсиқ ҳосил қилади. Бу потенциал тўсиқнинг

кенглиги кремний кристаллида  $E_{\text{ўтиш}}=0,4-0,5$  В ни, германий кристаллида эса  $E_{\text{ўтиш}}=0,25-0,3$  В ни ташкил қилади.

Агар p-n контактларга ташқи электр майдонини уласак потенциал тўсиқ ўзгаради. 8.16- а расмда кўрсатилганидек, манбанинг мусбат қутбини n соҳага, манфий қутбини p соҳага уласак, манбанинг  $E_{\text{ташқи}}$  потенциали тўсиқнинг  $E_{\text{ўтиш}}$  потенциали билан қўшилиши натижасида тўсиқ янада кенгаяди  $E_{\text{ўтиш}} + E_{\text{ташқи}}$ . Натижада p-n ўтиш орқали манбанинг токи ўта олмайди, чунки асосий заряд ташувчиларнинг энергияси потенциал тўсиқдан ўтиш учун етарли бўлмайди. Ёки бошқача қилиб айтсак, потенциал тўсиқ ҳосил қилувчи юпқа қатламнинг ўтказувчанлиги камайиб кетади дейиш мумкин. Агар манба қутбларини аксинча уласак, 8.16-б расм, потенциал тўсиқ кичиклашади, p-n ўтиш орқали асосий заряд ташувчиларнинг ўтиши осонлашади, чунки манбанинг потенциали ва тўсиқнинг потенциали қарама-қарши бўлиб натижавий майдон  $E_{\text{ўтиш}} - E_{\text{ташқи}}$  камаяди. Натижада асосий заряд ташувчиларнинг тўсиқдан ўтиши осонлашади, ёки тўсиқнинг қаршилиги камаяди, дейиш мумкин. Бу p-n ўтишнинг электр токини бир томонлама ўтказиш “вентил” хусусияти деб юритилади ва амалда жуда катта аҳамиятга эга.

### 8.3. Диодлар

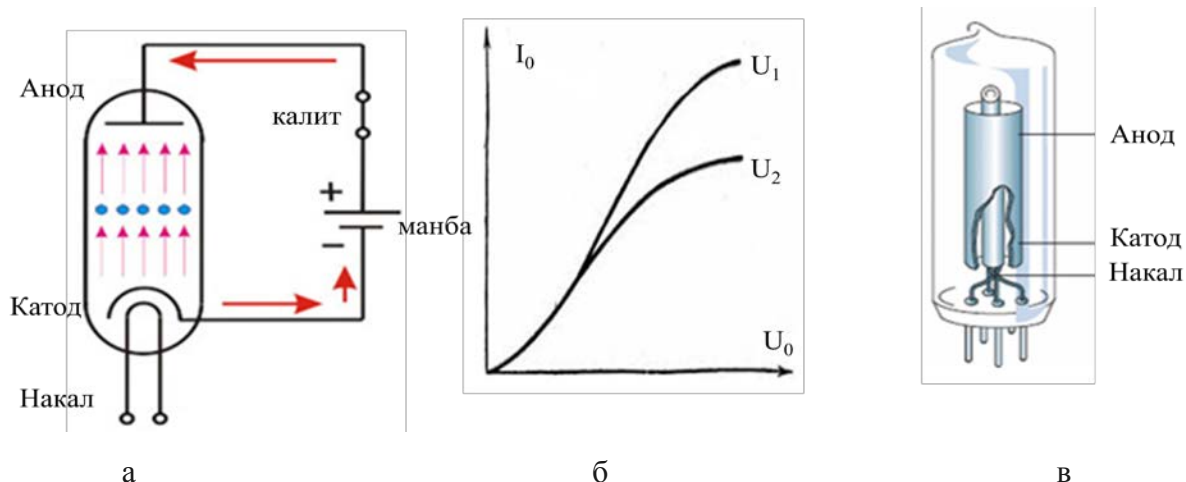
p-n ўтишнинг вентил хусусиятидан амалда фойдаланишга ярим ўтказгичли диодлар яққол мисол бўлади. Диод сўзи грекча ди ( $\delta\iota\varsigma$ )-икки ва электрод сўзидаги охирги од-қўшимчаси бирикмаларидан олинган<sup>1</sup>. Диод иккита электроддан иборат бўлиб, мусбат электроди “**анод**” манфий электроди “**катод**” деб аталади. Анод ва катоднинг вазифалари ва атамалари электровакуум диодлар-лампарлардаги электродлар билан мос келади. Ярим ўтказгичли диоднинг тузилиши, ишлаш принципи ва унинг характеристикаларини, афзалликлари ва камчилик томонларини ўрганиши-

---

<sup>1</sup> Словарь по кибернетике / Под редакцией академика [В. С. Михалевича](#). — 2-е. — Киев: 1989. — 751 с. [ISBN 5-88500-008-5](#)

миз осон бўлиши учун дастлаб электровакуум диодни ўрганиш мақсадга мувофиқ.

**8.3.1. Электровакуум диод.** Шиша балон ичидан ҳавоси сўриб олиниб вакуум ҳосил қилинади. Балон ичида бир–биридан анча катта масофаларда, амалда бир неча саниметргача, мусбат электрод –анод ва манфий электрод–катод жойлашган, 8.17-а расм. Термоэлектрон эмиссия тугайли катоддан электронлар чиқишини осонлаштириш учун катод толаси алоҳида манба токи ёрдамида қиздирилади. Бу қиздирувчи электродни **накал** деб аталади.



8.17-расм. Электровакуум диоднинг схемаси (а), вольтампер характеристикаси (б) ва тузилиши (в).

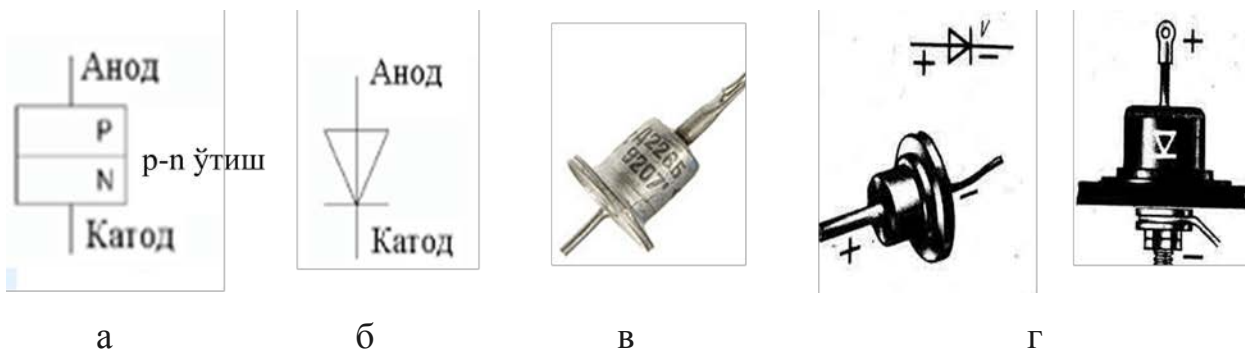
Анод ва катодни ташқи манбага улаймиз, бунда анод мусбат қутбга, катод манфий қутбга уланади. Қиздирилган катоддан термоэлектрон эмиссия тугайли чиққан электронлар манбанинг потенциали остида етарлича энергия олиб анодга томон учади. Натижада анод катод оралиғидан электронлар оқими-электр токи ўтади. Балон ичида босим ўта паст (электронни ютиб олиши мумкин бўлган газ атомлари жуда кам) бўлгани учун электронлар катод-анод оралиғидан деярли тўсиқларга учрамай учиб ўтади. Фақатгина кинетик энергияси етарлича бўлмаган электронлар анодга етиб кела олмай, йўлда қолиб кетиши мумкин. Манба кучланишини ошириб борсак, анодга етиб келаётган электронлар сони, демак ток кучи ҳам ортиб боради. Лекин кучланишни ортириб бораверсак, ток кучининг ортиши секинлашади ва охири бориб ток кучи ўзгармас қийматга интилади. Бу анод токиннинг



тўйиниши деб аталади. Тўйинишнинг юз беришига сабаб шундаки, манба кучланиши етарлича катта бўлганда катоддан ажралиб чиққан электронларнинг ҳаммаси анодга етиб боради, энди электронлар сонини кўпайтириш учун катодни янада кучлироқ қиздириш, яъни накал кучланишини ошириш керак. Накал кучланишининг каттароқ қийматида  $U_{H2} > U_{H1}$  анод токи каттароқ қийматда тўйинади, 8.17-б расм. Анод токининг манба кучланишига бундай боғлиқлиги диоднинг вольтампер характеристикаси (ВАХ) деб аталади. ВАХ нафақат диодлар, балки барча қурилмаларнинг энг асосий характеристикаларидан бири ҳисобланади ва муҳим амалий аҳамиятга эга.

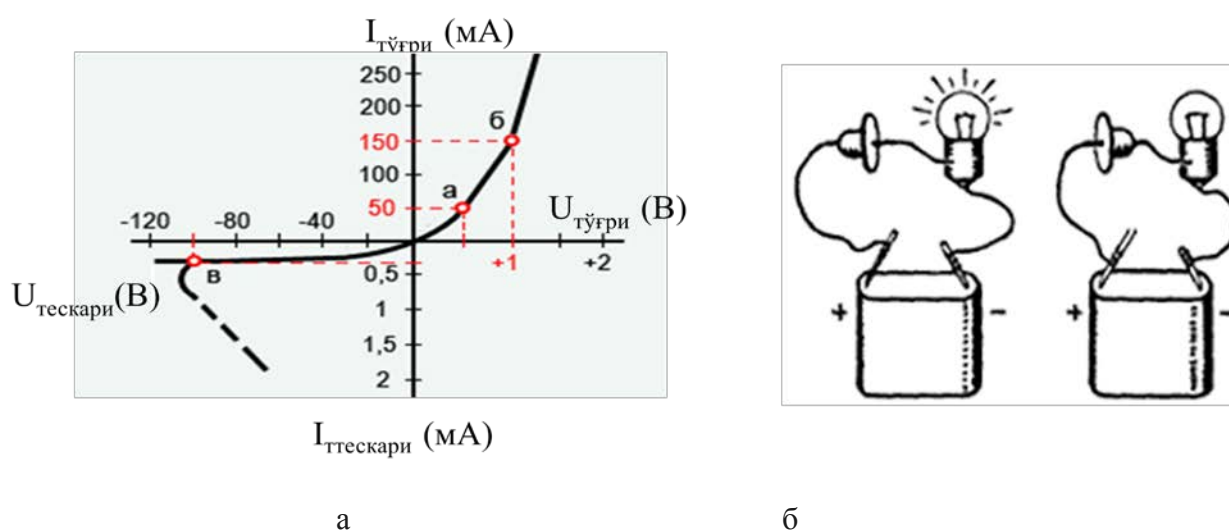
Ярим ўтказгичлар техникасининг ривожланиши электровакуум диодларни амалиётдан деярли сиқиб чиқарди. Масса ва ўлчамлари катталиги, ортиқча энергия сарфлаши (катодни қиздириш учун), шиша балонлар ишлатилиши ҳисобига (8.17 –в расм) механик мустаҳкамлигининг пастлиги электровакуум диодларнинг асосий камчиликлари ҳисобланади. Лекин шунга қарамай электровакуум диодлар ярим ўтказгичли диодларга нисбатан айрим афзалликларга ҳам эга. Унинг афзаллиги вольтампер характеристикасида тўйиниш токи мавжудлигидир. Анод ва катод оралиғи етарлича катта бўлганлиги учун электровакуум диодларда кучланишнинг меъёрдан ортиши ҳам диодни ишдан чиқармайди.

**8.3.2. Ярим ўтказгичли диод.** p ва n тип ўтказувчанликларнинг контактидан ярим ўтказгичли диод ҳосил бўлади 8.18-а расм. p соҳада асосий заряд ташувчилар, мусбат зарядли коваклар бўлгани учун диоднинг p-тип ўтказувчанликка эга қисми анодга тўғри келади. n тип ўтказувчанликка эга соҳа эса катодга тўғри келади. Диоднинг шартли белгиси учбурчакли стрелка кўринишида бўлиб, стрелканинг учи электронлар ҳаракатининг йўналишини кўрсатади, 8.18- б расм. Амалиётда кенг тарқалган Д226Б маркали диоднинг ташқи кўриниши 8.18- в расмда кўрсатилган. Аксарият ҳолларда диоднинг ингичка томони анод бўлади, айрим диодларда токнинг мусбат йўналиши стрелка билан кўрсатилган бўлади 8.18.-в расм.



8.18- расм. Ярим ўтказгичли диоднинг структураси (а), шартли белгиси (б), Д226Б диоднинг умумий кўриниши (в) ва диодларда кутбларнинг белгиланиши.

Диоднинг асосий храктеристикалари p-n ўтишнинг хусусиятлари билан белгиланади. Вакуумли диоддаги сингари, ярим ўтказгичли диодларда ҳам вольтампер характеристика (ВАХ) асосий рол ўйнайди. Умумий ҳолда ярим ўтказгичли диодлар учун ВАХ 8.19-а расмда кўрсатилган. Вакуумли диоддан фарқли ўлароқ бу ерда кучланишнинг ортиши билан ток кучининг ортиши жадаллашиб боради ва тўйиниш токи кузатилмайди.



8.19-расм. Ярим ўтказгичли диоднинг вольтампер характеристикаси (а) ва диоднинг вентил хусусиятини текшириш (б).

Германий ярим ўтказгичлари асосида ясалган диодларда p-n ўтиш 0,1-0,2 В кучланишдан бошлаб очилади ва тўғри йўналишда диоддан ток ўта бошлайди. Кучланишнинг 0,5-1,0 В оралиғида кучланишнинг ортиши билан ток кучи чизикли ортиб боради (8.19 –а расмдаги аб оралиқ). Бу соҳа диодлар вольтампер характеристиканинг чизикли қисми деб аталади. ВАХ чизикли

қисмининг қиялиги р-п структуранинг хусусиятлари билан аниқланади. Кучланиш 1В дан ошгандан сўнг ток кескин орта бошлайди. Ток кучининг ортиб кетиши кристалл панжарада молекуланинг энергияси ортиб кетишига ва кристалл структуранинг бузилишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун ярим ўтказгичли диодларда кучланиш бўйича чегара мавжуд.

Кремний асосидаги ярим ўтказгичли диодларда эса ВАХ нинг чизиқли қисми 0,5-0,6 В кучланишдан бошланиб, 1,5 В дан кейин токнинг кескин ортиши бошланади. ВАХ нинг чизиқли қисми 0,5-1,5 В оралиғида кузатилади.

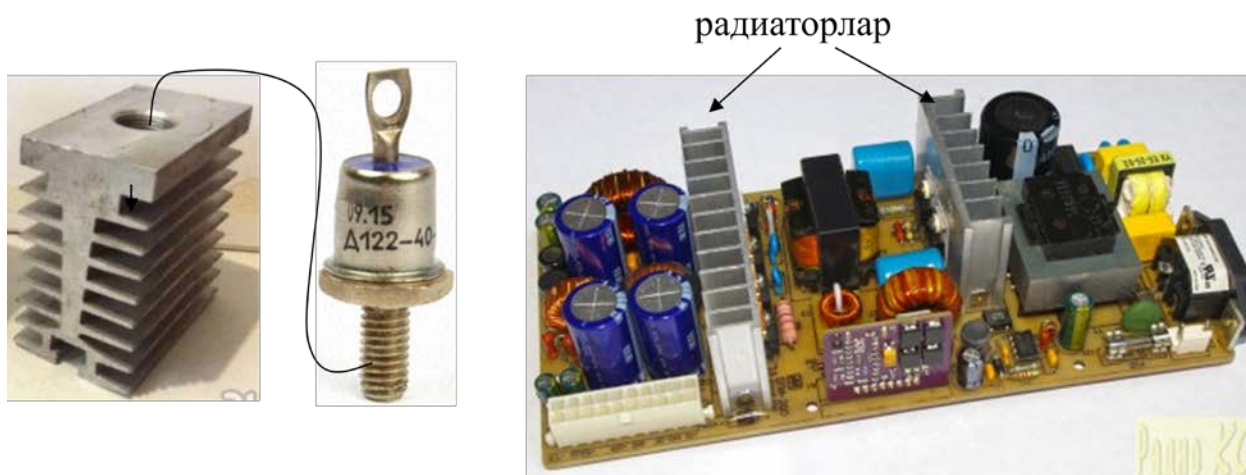
Диоднинг вентил хусусиятини ВАХ дан ҳам кўриш мумкин. р-п ўтишга тескари кучланиш қўйилганда, тескари йўналишдаги ток кучи кучланшнинг ортиши билан деярли ўзгармайди. Агар тўғри йўналишда токнинг кескин ортиши 1В кучланишдан кейин бошланса, тескари йўналишда 100 В кучланишда ҳам ток кучи деярли ўзгармайди (8.19-а расмдаги в нукта). ВАХ орқали, диоднинг тўғри ва тескари йўналишдаги қаршиликларини ( характеристиканинг а ва в нуталари) аниқласак:

$$R_{\text{диод}}(\text{тўғри}) = 0,5 \text{ В} / 50 \text{ мА} = 10 \text{ Ом}; R_{\text{диод}}(\text{тескари}) = 100 \text{ В} / 0,3 \text{ мА} = 330 \text{ кОм}$$

Кўриниб турибдики диоднинг тўғри ва тескари йўналишлардаги ўтказувчанлик қобилиятлари ўн минглаб мартагача фарқ қилади. Буни оддий тажриба орқали кузатиб амалда ҳам исботлаш мумкин. Бунинг учун ток манбаига оддий ёритиш лампасини диод орқали улаймиз. Бунда диодни икки хил усулда (қутбларнинг жойларини алмаштириб) улаймиз 8.20-б расм. Расмдан кўриниб турибдики, диодни биринчи ҳолатида лампа ёнади, демак диод очик (диоднинг аноди манбанинг мусбат қутбига, катода манфийга қутбига уланган) ва лампа ёнади. Диодни тескарисига уласак, лампа ёнмайди, чунки тескари йўналишда диоднинг қаршилиги жуда ҳам катта.

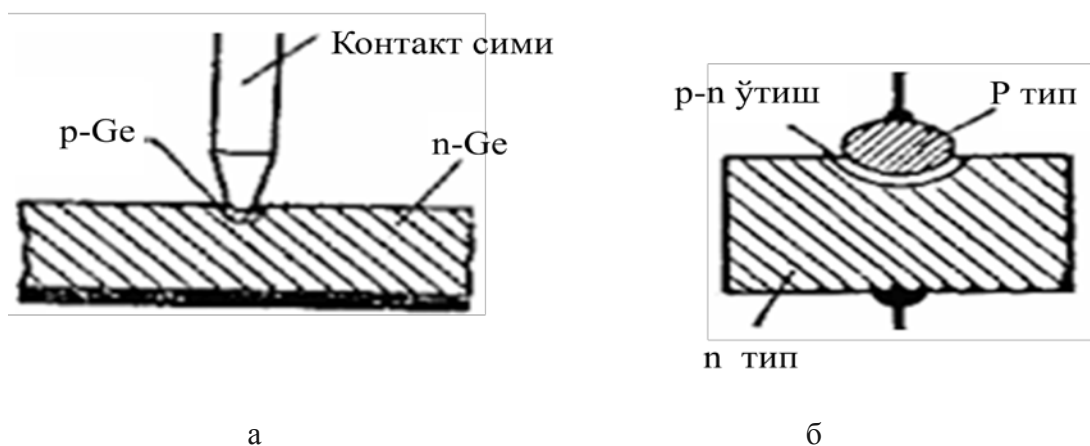
Юқорида кўриб ўтилганидек, ярим ўтказгичли диодларда вольтампер характеристиканинг тиклиги туфайли ток кескин ортиб кетади, бу ўз навбатида иссиқлик жараёнларини келтириб чиқаради. Шунинг учун аксарият ҳолларда катта қувватли ярим ўтказгичли диодларни совитиб

туришга тўғри келади. Бунинг учун электрон қурилмаларда диодлар махсус радиаторларга ўрнатилади 8.20-расм.



8.20- расм. Совитиш радиаторлари ва уларнинг ишлатилиши.

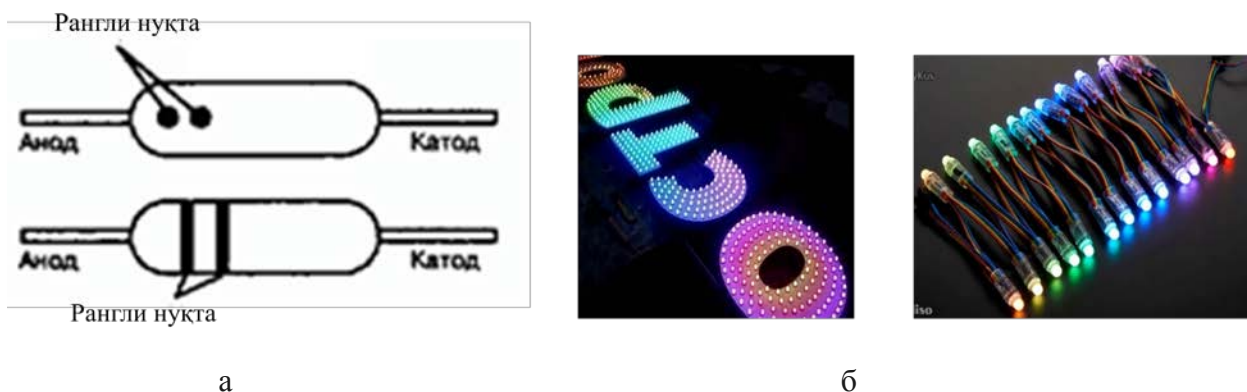
Радиаторлар иссиқлик ўтказувчанлиги юқори бўлган материаллардан қовурғасимон қилиб тайёрланади, натижада диоднинг иссиқлиги радиатор металига ўтади. Қовурғасимон тузилиш эса иссиқликни атрофга тарқалиб кетишини (мухит билан иссиқлик алмашинуви жараёнини) тезлаштиради. **Ярим ўтказгичли диоднинг тузилиши.** Тузилишига кўра ярим ўтказгичли диодлар **нуқтавий** ва **ясси** турларга бўлинади.



8.21-расм. Нуқтавий (а) ва ясси (б) диодларнинг тузилиши.

Нутавий диодларда p-n ўтиш соҳасининг юзаси жуда кичик, ясси диодларда эса етарлича катта бўлади. Шунинг учун нуқтвий диодлар жуда кичик тоқларда ишлайди ва кам қувватли бўлади. Ўлчамларнинг кичиклиги

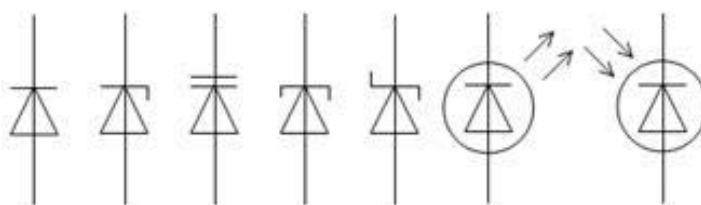
туфайли р-п ўтишнинг электр сиғими кичик бўлгани учун бу диодлар катта частоталарда ишлай олади. Улар асосан кичик қувватли автоматика тизимларида, ток манбаларида ва ёруғлик тарқатувчи диодлар (светодиодлар) сифатида кенг ишлатилади 8.22 –б расм. Бу диодларда кутблар рангли нуқталар, ёки халқалар билан белгиланади 8.22-а расм. Бунда рангли нуқта ёки халқа диоднинг анод томонига қўйилади.



8.22-расм. Нуқтвий диодлар.

Ясси диодларда р-п ўтиш соҳасининг юзасини аниқловчи чизиқли ўлчамлар р-п ўтишнинг кенглигидан анча катта бўлади. Ўтишлар ҳосил қилиб турувчи юзалар  $0,01 \text{ мм}^2$  дан ўнлаб  $\text{см}^2$  гача бўлиши мумкин. Бундай катта ўлчамларда р-п ўтишнинг электр сиғими ҳам катта бўлади, шунинг учун бу диодлар нисбатан кичик ( $10 \text{ кГц}$  гача) бўлган частоталар соҳаларида ишлатилади. Ўлчамларнинг катталиги туфайли диоднинг қуввати бир неча Вт дан бир неча кВт ларгача бўлиши мумкин.

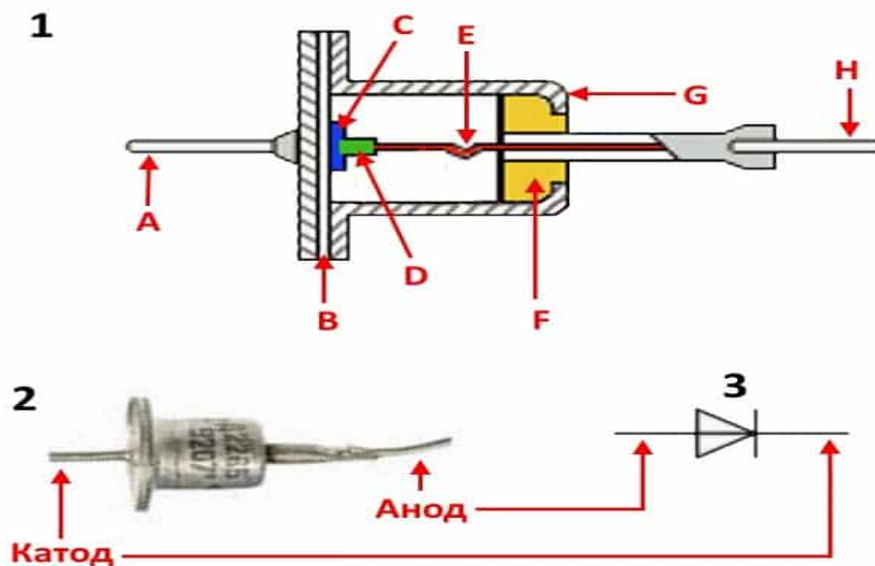
### Ярим ўтказгичли диодларнинг турлари.



**Тўғрилаш диодлари** ўзгарувчан электр токини ўзгармас электр токига айлантиришда тўғрилагичлар сифатида кенг ишлатилади. Бунда р-п ўтишнинг вентил хусусиятидан фойдаланилади. Лекин бу диодларнинг

ишлатилиши фақат тўғрилагичлар билан чегараланиб қолмайди. Улар бошқариш, коммутация (улаб бериш ва ажратиш) тизимларида, кучланишни кўпайтириш (масалан иккилантириш) схемаларида ҳам ишлатилади. Тўғрилаш диодларидан ўзгарувчан токни тўғрилаш учун фойдаланилганда диод вольт-ампер характеристикасининг тўғри чизиқли қисмидан фойдаланилади. Шунинг учун тўғрилаш схемаларига диод танлашда диоднинг ишчи токи ва кучланишлари вольтампе характеристиканинг тўғри чизиқли қисмида бўлишига эришиш муҳим (3.19- а расм, вольт-ампер характеристиканинг “аб” қисми).

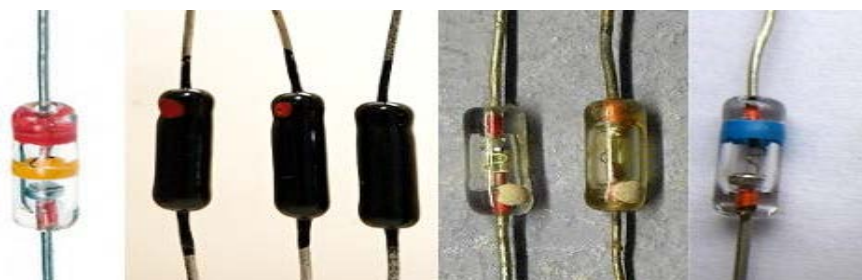
Тўғрилаш диодлари тўғри йўналишдаги токининг максимал қийматларига қараб кам қувватли (ток кучи 300 мА гача), ўрта қувватли (токкучи 300 мА дан 10 А гача) ва катта қувватли (ток кучи 10 А дан юқори) турларга бўлинади. Бу диодларда ярим ўтказгичли материал сифатида кремний ва германий ишлатилади. Кремний асосидаги диодлар амалда кенгроқ тарқалган, чунки уларнинг тескари токи германийли диодларга қараганда камроқ, натижада тўғрилаш сифатлироқ бўлади. Диоднинг тузилиши, умумий кўриниши ва шартли белгиси 8.23-расмда келтирилган.



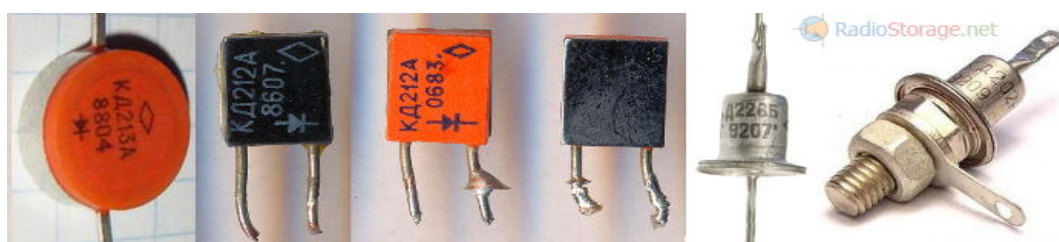
8.23-расм. Тўғрилаш диоднинг тузилиши (1), умумий кўриниши (2) ва шартли белгиси (3).



p-n ўтишли ярим ўтказгич кристаллари (8.23-1 расмда C ва D) махсус асосга (B) ўрнатилган бўлиб p-n ўтишнинг икки учидан катод ва анод электродлари (A ва E) чиқади. p-n кристалл ва электродларнинг кристалларга уланган қисмлари шиша қобик (F) билан ўралган бўлади. Бу қобик изолятор вазифасини ўтайди. Ташқи механик таъсирлардан ҳимоялаш учун шиша қобик ташқарисидан металл қобик (G) билан ўралган. Диод ташқи занжирга катод (A) ва анод (H) электродлари орқали уланади. Катта қувватли диодларнинг катод электродлари бевосита совитиш радиаторларига қотирилади.



Кам қувватли тўғрилаш диодлари



8.24-расм. Ўрта қувватли тўғрилаш диодлари

Тўғрилаш диодларидан ўзгарувчан токни тўғрилаш учун фойдаланилганда диоднинг қуйидаги асосий катталиклари муҳим роль ўйнайди:

$I_{\text{тес}}$  (мкА) – тескари йўналишдаги ўзгармас ток;

$U_{\text{тўғ}}$  (В) – тўғри йўналишдаги ўзгармас кучланиш;

$I_{\text{тўғ max}}$  (А) – тўғри йўналишдаги максимал ток;

$U_{\text{тес max}}$  (В)- тескари йўналишдаги максимал кучланиш;

Ишчи частота (кГц).



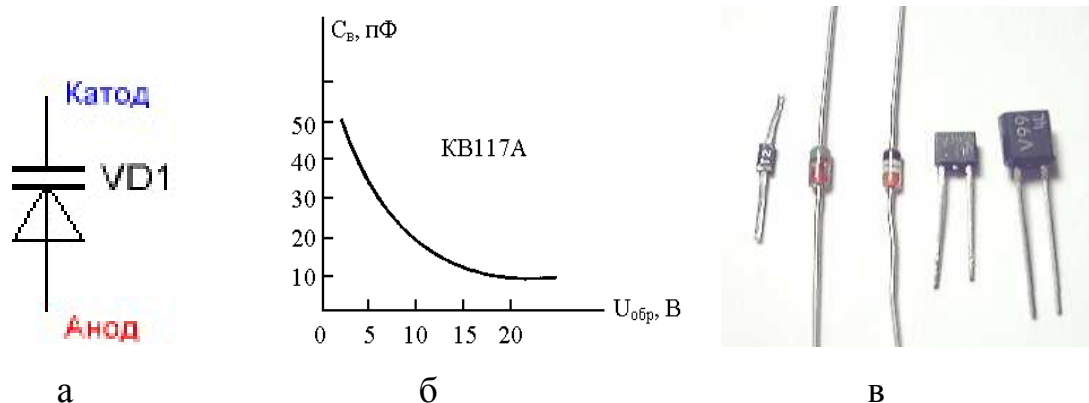
Катта қувватли тўғрилаш диодлари.

Тўғрилаш диодларининг амалда ишлатилиши билан боғлиқ масалаларга кейинги мавзуларда яна қайтамыз.

**Варикап.** Маълумки рақамли техниканинг ривожланиши, электрон қурилмаларнинг бирор хусусиятини кучланиш орқали бошқариш имкониятларининг кенгайиши билан боғлиқ. Масалан, телевизорни ўчириб ёқиш, овозини ростлаш, каналларни ўзгартириш илгарилари қўл билан, бевосита телевизорнинг ўзида жойлашган қатор потенциометрларни бураш орқали бажарилган бўлса, замонавий телевизорларда буларни биз масофадан туриб, тегишли кнопкаларни босиб бажарамиз. Бунда биз кучланиш орқали бошқарилувчи ва турли операцияларни бажарувчи электрон қурилмалардан фойдаланамиз. Хусусиятлари кучланиш орқали бошқарилувчи ва рақамли электрон қурилмаларда жуда кенг тарқалган ана шундай қурилмалардан бири варикапдир.

Юқорида кўриб ўтилганидек, турли ўтказувчанликка эга бўлган p-n ўтиш соҳасида потенциал тўсиқ ҳосил бўлиб, тўсиқнинг четларида мусбат ва манфий зарядлар тўпланади. Бу худди, конденсатор қопламалари орасида электростатик заряднинг тўпланишига ўхшаб кетади. Агар p-n ўтишга фўйилган ескари кучланиш ўзгарса p-n ўтишнинг сифими ўзгаради. Бу ҳодиса эса p-n ўтишдан электрон қурилмаларда сифими ўзгарувчан кондесатор сифатида фойдаланиш имкониятини беради. Амалда кремний асосидаги варикаплар кўпроқ тарқалган. Варикапнинг шартли белгиси 8.24- расмда

келтирилган. Шартли белги ҳам диод ва конденсаторларнинг белгиларидан иборат.

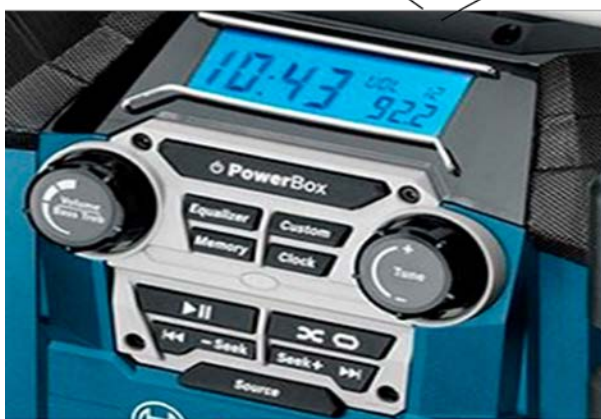
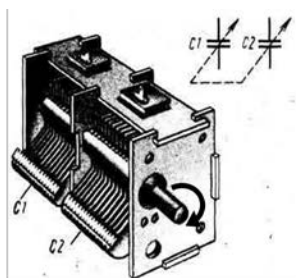


8.24-расм. Варикапнинг шартли белгиси (а), KB117 варикапидаги тескари кучланишнинг р-п ўтиш сиғимига тасири (б), варикапнинг умумий кўриниши (в).

Агар варикапни р-п ўтишли ярим ўтказгичли диод деб қарасак, ва унга тескари йўналишда  $U_{\text{тес}}$  кучланиш берсак, кучланишнинг ортиши билан р-п ўтишнинг сиғими  $C_{\text{в}}$  камайиб боради. 8.24- б расм. Айнан шу боғланиш варикапдан сиғими ўзгарувчан конденсатор сифатида фойдаланиш имконини беради. Яъни, кучланишни ўзгартириш ҳисобига турли хил сиғимли конденсаторларга эга бўлиш мумкин. Варикап бу хусусияти туфайли радиотехникада тебраниш контурларининг конденсаторлари сифатида кенг ишлатилади.

Варикапни амалда қўлланилишига рақамли радио ва телевизорларнинг канал соzлаш қурилмасини мисол келтириш мумкин. Керакли канални топиш учун, масалан телевизорда “қидириш” менюсига кириб, керакли тугмани босамиз ва телевизор барча телеканалларни топиб, хотирага жойлайди. Айнан шу қидириш варикаплар орқали бажарилади. Ўзгарувчан ток электр занжирлари бўлимидаги резонанс ҳодисасини эсга олайлик. Керакли канални топиш учун қабул қилиш блокадаги тебраниш контури частотасини (тюнерни) керакли тўлқин частотасига мослаш керак. Тебраниш контури ғалтак ва конденсатордан иборат. Демак контурни частотасини ўзгартириш учун ғалтакнинг индуктивлиги, ёки конденсаторнинг сиғимини ўзгартириш

талаб этилади. Рақамли телевизорларда тебраниш контурининг сиғимини ўзгартириб керакли канал қидирилади. Бу эса варикап асосида амалга оширилади. Бунинг учун варикапга берилаётган кучланиш аста-секин ўзгартириб борилади, натижада сиғим ҳам ўзгаради. Канал топилган пайтдаги шу сиғимга мос кучланиш хотира элементида сақланиб қолади. Шу тариқа барча каналлар топилади ва биз кейин айнан эслаб қолинган кучланишлардан қай бирига мурожаат қилсак, тебраниш контурида шу кучланишга мос сиғимли конденсатор шаклланади ва телевизор шу тебраниш контури частотасига мос канални қабул қилади. Дастлабки радио ва телевизорларда керакли каналларни қидириш қўлда бажарилганлини биламиз. Масалан радиода керакли канални топиш учун конденсаторни сиғимини ўзгартирилади.



Конденсатор сиғимини ўзгартириш

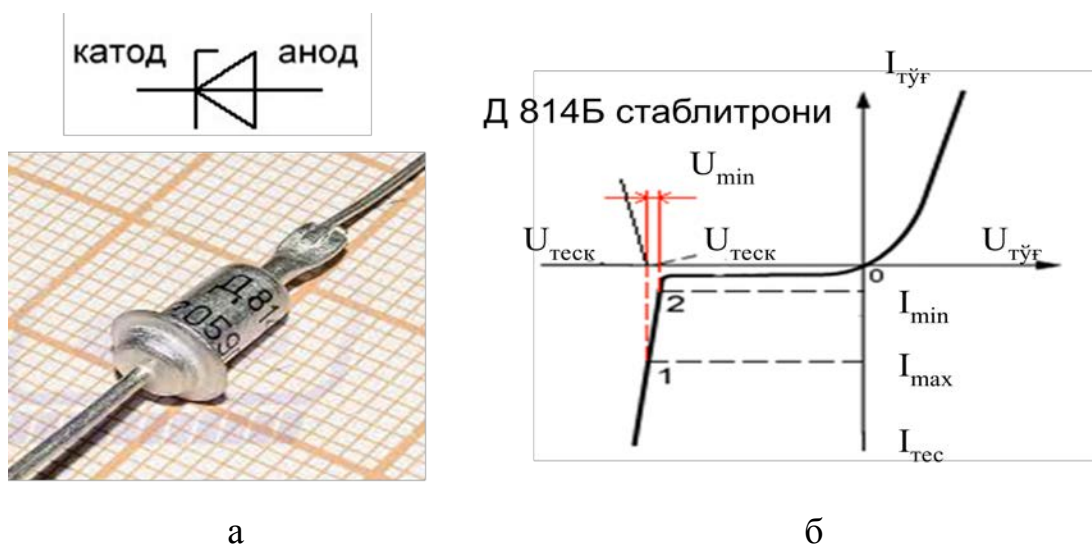
8.25-расм. механик усулда сиғимни ўзгартириш (а), сиғимни ўзгартириб канални танлаш (б), канални автоматик қидирувчи рақамли радиоприемник (в).

Замонавий радиоприемник ларда, телевизорларда, медицина қурилмаларида, алоқа техникасида, электрон ҳисоблаш қурилмалари ва рақамли

автоматик бошқарув тизимларда варикапалар жуда кенг қўлланилади. Айниқса варикапнинг KB101 дан KB154 гача бўлган турлари амалда кўп қўлланилади.

**Стаблитрон.** Ярим ўтказгичли диод-стаблитрон (инглиз тилидаги адабиётларда стаблитрон-*stabilatron* деганда электровакуумли лампанинг турларидан бири назарда тугилади, ярим ўтказгичли стаблитрон эса Зенер диоди деб юритилади) электр қурилмаларида кучланишни бир меъёрга ушлаб туриш-стабиллаш учун ишлатилади. Стаблитрон асосида қурилган бундай кучланишни ростлаш қурилмалари стаблизаторлар деб аталади.

Кучланишни стабиллашда ярим ўтказгичли диоддаги p-n ўтишнинг хусусиятларидан фойдаланилади. p-n ўтишдан (диоддан) стаблитрон сифатида фойдаланиш учун диодни тескари улаймиз, яъни анодга манфий, катодга мусбат кутбларни улаймиз. Натижада стаблитрондан тескари  $I_{\text{теск}}$  ток оқиб ўтади. Шунини унутмаслик керакки, бошқа тур диодлардан фарқли ўлароқ, стаблитрон фақат ўзгармас ток учун ишлатилади.



8.26-расм. Стаблитроннинг шартли белгиси (а) ва унинг вольтампер характеристикаси (б)

8.26-б расмдаги характеристикадан кўринадикки тескари кучланишнинг бирор бир  $U_{\text{мин}}$  қийматидан бошлаб тескари ток кучи кескин орта бошлайди. Бу p-n ўтишда электрик пробой(тешилиш) юз берганини билдиради. Тешилишнинг юз беришига кучланишнинг қиймати етарлича катталиги

сабаб бўлади. Кучланишнинг  $U_{\min}$  қийматида ҳам p-n ўтишдаги тескари ток кучи унчалик катта эмас. Энди кучланишнинг салгина ортиши тескари токнинг кескин ортишига олиб келади. Демак токнинг етарлича катта диапазонда ўзгаришига кучланишнинг жуда кам ўзгариши мос келади, ацнан шу хусусият стаблитронлар орқали кучланиш стаблизаторларини қуриш имконини беради. Масалан Д814Б стаблитрони кучланишнинг 8В дан 9,5В гача ўзга ришларини 9В стабилл кучланишга айлантириб беради. Ток кучининг чегаравий қиймати 3-35 мА, максимал қуввати 340 мВт.



2C147A  
стаблитрони

Ёки 2C147A стаблитрони кучланишнинг 4,2В дан 5,1В гача ўзга ришларини 4,7В стабилл кучланишга айлантириб беради. Ток кучининг чегаравий қиймати 3-60 мА, максимал қуввати 300 мВт.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки p-n ўтишда иссиқлик пробойи (тешилиши) ҳодисаси ҳам мавжуд, бунда токнинг кескин ортиб кетиши ҳисобига кристалл структура бузилади p-n ўтишнинг хусусиятлари қайти тикланмайди. Электрик пробойда эса p-n ўтишнинг хусусиятлари бузилмайди, кучланиш камайганда яна қайта тикланади.

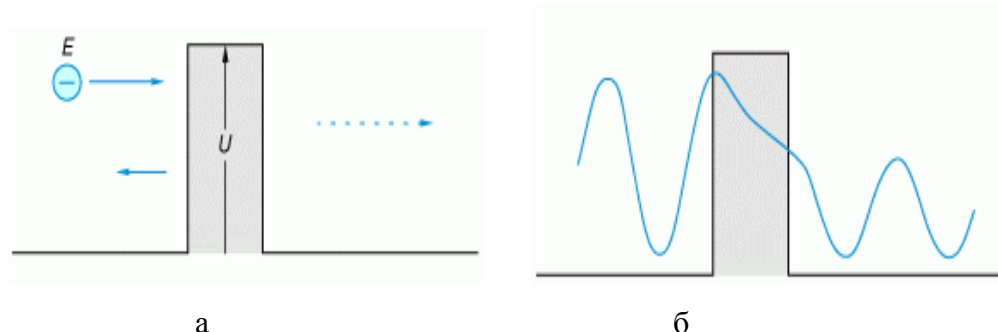
Стаблитронли кучланиш стаблизаторлари асосан кам қувватли бўлади, лекин кучланишни юқори даражада стабиллаш хусусиятига эга. Айниқса рақамли техника қурилмаларида кучланишнинг стабил бўлиши жуда муҳим, шунинг учун бундай қурилмаларда стаблитронлар кенг ишлатилади.

Катта қувватли стаблизаторлар қуришда эса кўпроқ тиристорлар ишлатилади. Бу қурилмалар ҳақида кейинги мавзуларда сўз боради.

**Туннел диоди.** Туннел диодларнинг ишлаш принципини ўрганишдан олдин “туннел эффети” деб номланган ҳодиса ҳақида тушунчага эга бўлиш керак. Маълумки, физиканинг оптика, атом физикаси, қаттиқ жисм физикаси, молекуляр физика соҳаларида туннел эффети ҳодисаси мавжуд. Туннел эффектининг маъноси шундаки, бирор  $E_1$  энергияга эга жисм ўз йўлида  $E_2$  энергияли тўсиққа учради дейлик. Агар жисмнинг энергияси тўсиқни



енгишга етарли бўлмаса  $E_1 \geq E_2$  жисм тўсиқдан ўтолмайди. Худди шунингдек, ярим ўтказгичларда агар электроннинг  $E$  майдондаги энергияси  $U$  потенциал тўсиқни энгиб ўтишга етарли бўлмаса, электрон тўсиқдан ўтмайди (8.27-а расм.).



8.27-расм. Туннел эффеќти. а- зарра ва потенциал тўсиќ, б-тўлќин ва потенциал тўсиќ.

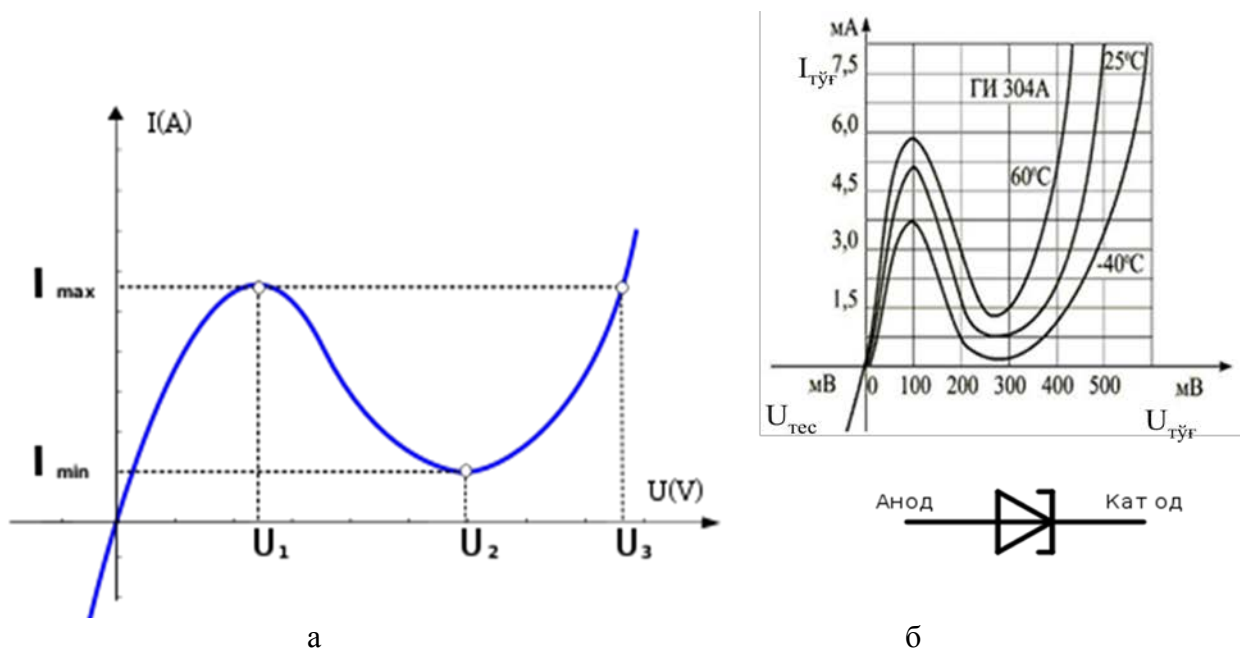
Леќин туннел эффеќтига кўра электроннинг энергияси тўсиќни энгишга етарли бўлмаса ҳам, электрон тўсиќдан ўта олади. Бу ҳодиса классик физика қонуниятгарига зид бўлиб, квант механикаси қонунлари билан тушунтирилади<sup>2</sup> (8.27-б расм.).

Ярим ўтказгичларда, хусусан р-п ўтиш соҳасида ҳам туннел эффеќти кузатилади, яъни электроннинг энергияси р-п ўтиш орасидаги тўсиќ энергиясидан кам бўлса ҳам, электрон бу тўсиќдан ўтади. Бунинг учун ярим ўтказгич кристалларда аралашма концентрациялари ва р-п ўтишнинг қалинлигига нисбатан маълум шартлар бажарилиши керак.

Туннел диодларида ярим ўтказгичли материалга киритилган аралашманинг концентрацияси жуда юқори ( $10^{18}$ - $10^{20}$  см<sup>-3</sup>) бўлади, бу эса р-п ўтишнинг қалинлигини бошқа турдаги диодлардагидан 100 мартагача кичик ( $10^{-2}$  мкм гача) бўлишини таъминлайди. Туннел диод учун ВАХ 8.28- а расмда келтирилган. Характеристикадан кўринадики, тўғри кучланиш маълум қийматга етганда, кучланишнинг кейинги ортиши ток кучини камайтиради (кучланишнинг  $U_1$  дан  $U_2$  гача бўлган оралиѓи), бу ВАХ нинг манфий қаршиликли қисми деб аталади.

<sup>2</sup> Razavy Mohsen. Quantum Theory of Tunneling. — World Scientific, 2003. — P. 4, 462. — ISBN 9812564888

Туннел диоднинг шартли белгиси 8.28-б расмда келтирилган. Диоднинг асосий хусусияти шундаки ВАХ кучланишнинг  $U_1U_2$  ва  $U_2U_3$  оралиқларида ўзига хос хусусиятга эга.



8.28-расм. Туннел диоднинг вольт-ампер характеристикаси (а), шартли белгиси (б).

Вольт-ампер характеристиканинг  $U_1$  дан  $U_2$  гача бўлган қисмида ток кучининг кучланишга тескари пропорционал боғланиши, туннел диодлар асосида кучайтирувчи қурилмалар, генераторлар каби қурилмаларни яратишга имкон беради. Шунингдек туннел диодлар асосида жуда кичик кучланишларни (1 мВ гача) қайд этиш мумкин.

Туннел диоднинг қуйидаги асосий кўрсаткичлари орқали характерланади:

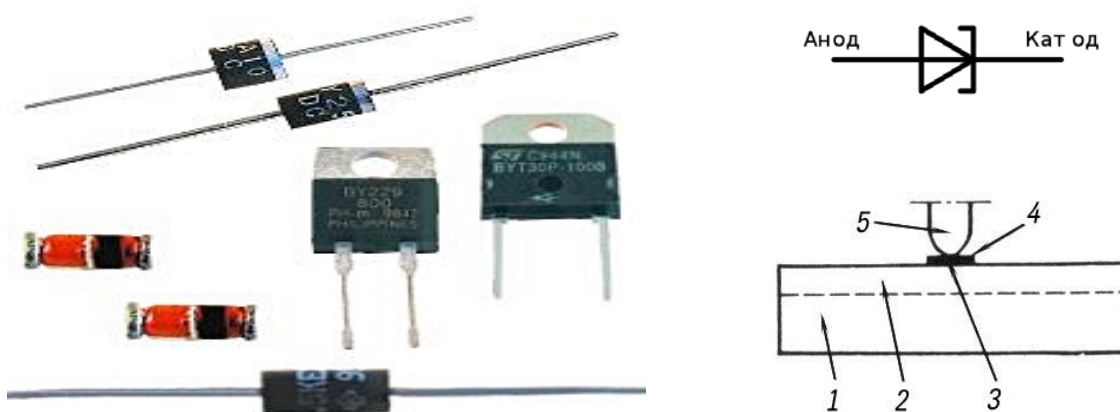
- тўғри йўналишдаги ток кучининг максимал қиймати -  $I_{max}$  ;
- тўғри йўналишдаги ток кучининг минимал қиймати -  $I_{min}$  ;
- бу токларнинг нисбати -  $I_{max} / I_{min}$  ;
- максимал ток кучига мос кучланиш -  $U_1$ ;
- минимал ток кучига мос кучланиш -  $U_2$ ;
- аралашма кучланиши -  $U_3$  (яъни ток кучининг биринчи максимум қийматига қайта эришганидаги қийматига мос кучланиш).

Дуннел диод вольт-ампер характеристикасидаги тўғри йўналишдаги ток кучининг максимал ва минимал қийматлари температурага ҳам боғлиқ.

8.28-в расмда ГИ 304 туннел диоднинг турли температураларда олинган вольт-ампер характеристикаси келтирилган. Шунини алоҳида қайд этиш керакки, туннел диодлардаги физикавий жараёнларни ўрганиш хали давом этмоқда, тадқиқотлар эса бу диодлар асосида яна кўплаб янги электрон қурилмаларни яратиш мумкинлигидан дарак бермоқда.

**Шоттки диоди.** Бу диодларда p-n ўтишдан эмас, металл билан ярим ўтказгич орасидаги ўтишлардан фойдаланилади. Металл-ярим ўтказгич ўтишлар p-n ўтишлардан фарқли қуйидаги хусусиятларга эга:

- тўғри уланишдаги ўтиш соҳасида кучланиш тушувининг пастлиги;
- ўтиш токининг катталиги.



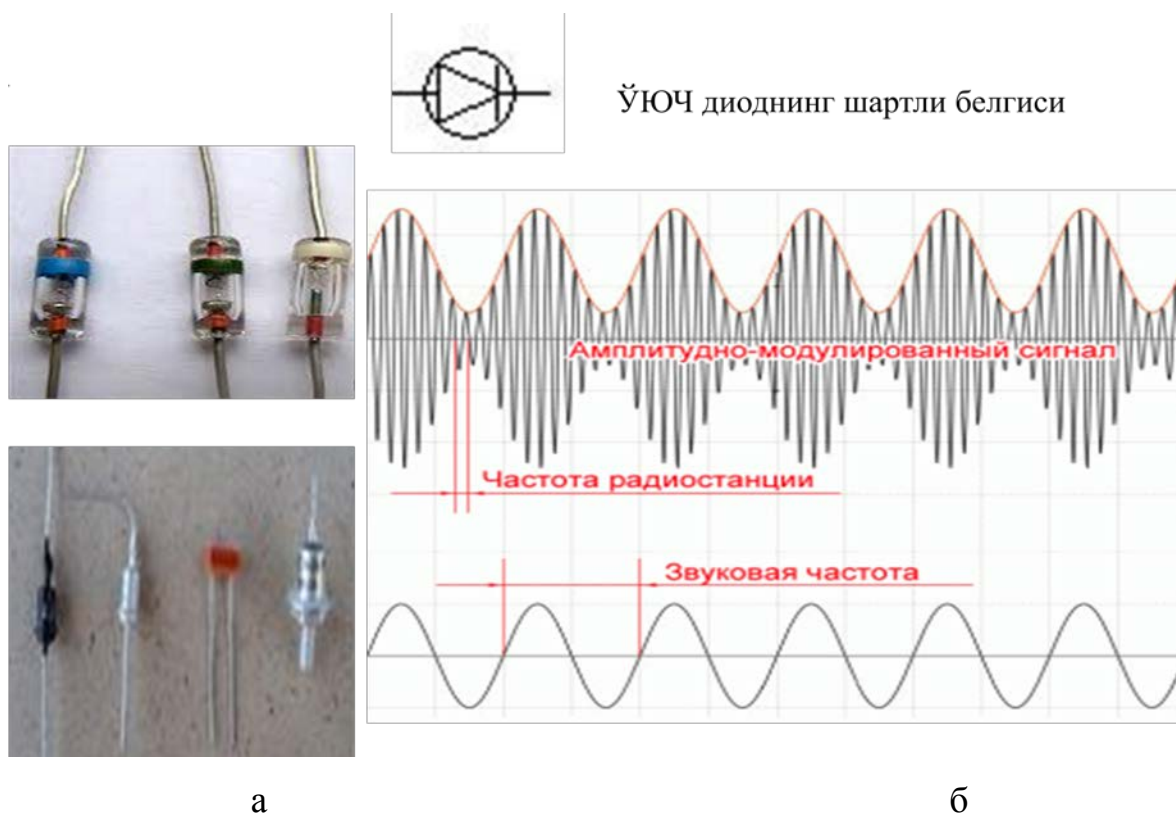
8.29-расм. Шоттки диоднинг тузилиши ва шартли белгиси (а), Шоттки диоднинг амалда энг кенг тарқалган турлари (б). 1-ярим ўтказгич асос, 2-юпқа қатлам, 3-металл-ярим ўтказгич контакти, 4- юпқа металл қатлам, 5-ташқи контакт.

Масалан кремнийли p-n ўтишли диодда ўтиш соҳасида кучланиш тушуви 0,6-0,7 В бўлса Шоттки диодида 0,2-0,4 В ни ташкил этади.

Шунингдек, p-n ўтишдан фарқли равишда металл-ярим ўтказгич ўтишларда диффузия деярли кузатилмайди, шунинг учун бу ўтишларнинг қайта тикланиши осон кечади. Металл-ярим ўтказгич орасидан асосий заряд ташувчилар ўтади, ўтишнинг тезлиги эса тўсиқнинг электр сиғими билан аниқланади.

**Универсал диодлар** ёки юқори частотали диодлар. Юқори частоталар (ЮЧ) соҳасида (600 МГц гача) электр сигналларини филтрлаш (масалан радиода юқори частотали электромагнитик тебранишлардан паст частотали

товуш тебранишларини ажратиб олиш), модуляциялаш, қайд этиш сигналларни филтрлаш ва бошқа нозикли ўзгартиришларни бажаришда, юқори частотали ўзгарувчан токни тўғрилашда ишлатилувчи диодлар универсал диодлар деб аталади. Бу диоднинг шартли белгиси тўғрилаш диоди билан бир хил, фақат белги доира ичига олинади. Тузилишига кўра бу диодлар асосан нуқтавий бўлиб  $n$  турдаги кристаллга  $p$  тур ўтказувчанликка эга электрод жуда кичик юзада электр усулида пайвандланади. Натижада  $p-n$  ўтиш соҳасининг юзаси жуда кичик бўлгани учун нисбатан кичик (20 мА гача) тоқларда ишлайди.  $p-n$  ўтишнинг электр сиғими эса бир неча пФ атрофида бўлади. Бундай диодларда  $p-n$  кристалл шиша корпус ичига жойлаштирилади.

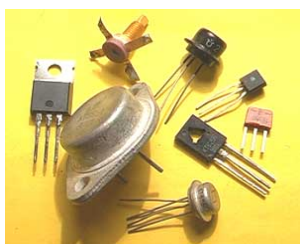


8.30-расм. ЮЧ ва ЎЮЧ диодлари (а), ЮЧ диод орқали сигнални филтрлаш (б),

$p-n$  ўтишга ташқи ёруғлик таъсир этмаслиги учун шиша қобик қорайтирилган бўлади ЮЧ диодининг амалда ишлатилишига радиоприёмниклардаги электромагнитк тўлқинлардан паст частотали сигнални ажратиб олиш (филтрлаш) яққол мисол бўлади (8.30-б расм).

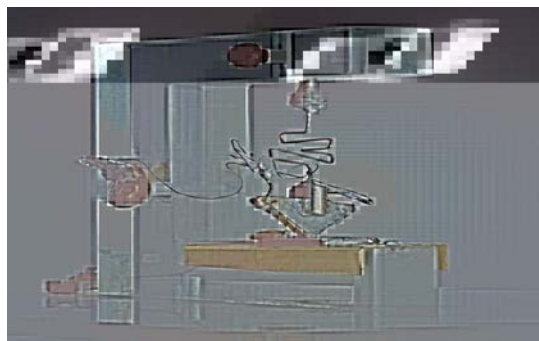
Ўта юқори (300 МГц дан 300 ГГц гача) частоталар (ЎЮЧ) соҳасида ишловчи диодлар радиолокаторлар техникасининг ривожланиши билан боғлиқ. Тузилишига кўра бу диодлар *p-n* ўтиш ёки метал-ярим ўтказгич ўтиш (Шоттки диодлари) структураларига эга. Амалда кўпроқ Шоттки диоди асосидаги ЎЮЧ диодлари ишлатилади. ЎЮЧ диодлари тўлқин узунлиги сантиметр ва миллиметрлар диапазонида бўлган электромагнитик тўлқинларни қайд этиш ва филтрлашда ишлатилади.

## 8.4. Транзисторлар



### 8.4.1. Қисқача тарихий маълумотлар. Ўтган

асрнинг бошларидан бошлаб электровакуум лампалар электрон қурилмаларнинг асосий элементлари сифатида пайдо бўла бошлаган бўлса, шу асрнинг ўрталаригача лампалар ишлаб чиқариш ва улар асосидаги электрон қурилмалар ривожланиб борди ва 50-60-йилларда жаҳон электроника саноатида лампалар ишлаб чиқаришга мослашган йирик саноат корхоналари шаклланган эди. Лекин электрон қурилмаларга бўлган талабнинг ўсиши, айниқса бу қурилмаларнинг масса ва ўлчамларини ихчамлаштириш масалаларини, энергия истеъмолини камайтириш муаммоларини лампалар билан ҳал этиб бўлмаслиги маълум бўлди. Айнан шу муаммоларнинг ечими сифатида 1948 йилда америкалик олимлар У. Шокли, Д. Брадин ва У. Брайтенлар томонидан биринчи транзистор яратилди. 1956 йилда У. Шокли, Д. Брадин ва У. Брайтенлар қаттиқ жисм физикаси йўналишидаги ишлари, айнан транзисторни яратганликлари учун Нобел мукофотиغا сазовор бўлишган.



8.31-расм. У. Шокли, Д. Брадин, У. Брайтен ва уларнинг биринчи транзистори

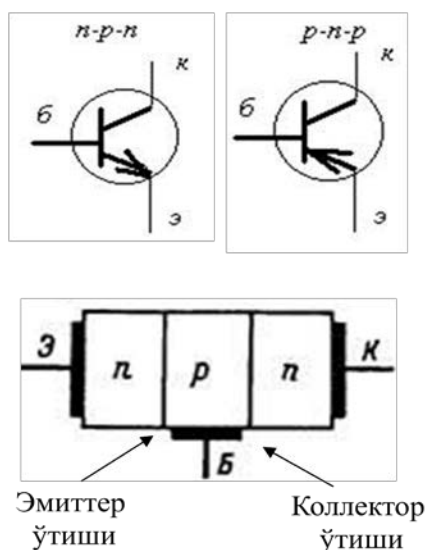
Гарчи транзисторлар электр сигналларни кучайтиришда лампаларга нисбатан анча афзалликларга эга бўлсада, электроника саноатида улар лампаларнинг ўрнини дарҳол эгаллай олмас эдилар. Шунинг учун лампалар транзистор кашф этилганидан кейин бир неча ўн йилликлар давомида аста-секин ўз ўрнини бўшатиб берди.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳамма замонларда ҳам илмий тадқиқотларнинг йўналишлари техника тараққиётининг талабларидан келиб чиқади. Ўтган асрнинг биринчи ярмида лампалар технологияларининг кескин суратлар билан ривожланиши ҳам радиоэлектроника саноатида радио ва алоқа техникаларига бўлган талабнинг ўсиши билан боғлиқ. Ҳарбий мақсадлардаги алоқа ва радиолокация бунда асосий ўрин тутди. Шунинг учун асосий тадқиқотлар лампаларнинг техник кўрсаткичларини яхшилашга ва электрон схемалардаги радиофизикавий ҳодисаларни ўрганишга қаратилиб, қаттиқ жисм физикаси, кристалл структуралар билан боғлиқ электрофизикавий жараёнларни амалий жиҳатдан ўрганиш бирмунча орқада қолган эди.

Алоқа техникаларининг ривожланиши, радио ва телевидение тараққиёти, радиолокацион ситемаларнинг пайдо бўлиши ва ривожланиши электроника қурилмаларининг элемент базаларига нисбатан янги талаблар кўя бошлади. Жумладан, қурилмаларнинг масса ва ўлчамларини кичрайтириш, қувват истеъмолини камайтириш, янги, янада юқори частоталар соҳасини забт этиш шулар жумласидандир. Лекин, лампаларни ривожлантириш, энди бу масалаларни еча олмас эди. Ана шундай шароитда 20-аср электроника тараққиётининг энг муҳим кашфиётларидан бир транзисторлар яратилди.

**8.4.2. Транзисторнинг тузилиши.** Иккита p-n (ёки n-p) ўтишдан иборат ярим ўтказгичли қурилма биполяр транзистор деб аталади. Демак, транзистор учта ярим ўтказгич кристалларидан иборат. Четки кристаллардан ташқарига чиқувчи электродлар эмитер ва коллектор, ўрта кристаллдан ташқарга чиқарилган электрод база деб аталади 8.32-а расм.





а

б

8.32-расм. Транзисторнинг шартли белгиси, тузилиши (а) ва амалда кенг тарқалган транзисторлардан айримларининг умумий кўриниши (б).

Эмиттер базага заряд ташувчиларни етказиб берувчи электрод ҳисобланади, коллектор эса, базадан чиққан заряд ташувчиларни қабул қилувчи электрод. Тузилишига кўра база пластинкаси  $p$  ёки  $n$  тип ўтказувчанликка эга бўлиши мумкин, шунга қараб, транзисторнинг шартли белгисиде эмиттерга стрелка қўйилади. База  $p$  тип бўлса стрелка базадан эмиттерга, база  $n$  тип бўлса, стрелка эмиттердан базага йўналган бўлади, 8.32- а расмга қаранг.

Ишлатилиш соҳаларига қараб, биполяр транзисторлар частота бўйича қуйидагича фарқланади: паст частотали- 3МГц гача; ўрта частотали 3МГц - 30 МГц; юқори частотали 30МГц -300 МГц; ўта юқори частотали 300МГц дан катта. Шунингдек, қуввати бўйича кам қувватли (0,3 Вт гача), ўрта қувватли (0,3 Вт дан 3 Вт гача), катта қувватли (3 Вт дан катта) турларга бўлинади.

Биполяр транзисторлар кўпроқ кремний кристалидан  $n-p-n$  структура асосида қурилади. Транзисторда коллектор, база ва эмитер соҳаларининг ўлчамлари ва заряд ташувчиларнинг концентрациялари ҳар хил бўлади. Масалан  $n-p-n$  транзисторнинг эмиттериде асосий заряд ташувчиларнинг концентрацияси коллектордагидан каттарок, демак ўтказувчанлиги юқорирок бўлади, шунинг учун эмиттер  $n^+$  деб, коллектор эса  $n$  деб белгиланади.

Эмиттер коллекторга асосий заряд ташувчиларни етказиб беради. База қаршилиги эмиттер қаршилигига нисбатан анча катта бўлиб, базада асосий заряд ташувчилар тешиклардир. Эмиттер ва коллектор соҳасида эса улар асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳисобланади.

Транзисторнинг эмиттер ўтишига (эмиттер–база орасига) нисбатан катта бўлмаган тўғри кучланиш берилади, коллектор ўтишига (коллектор–база орасига) эса тескари йўналишда катта кучланиш берилади. Шунинг учун ҳам транзисторларда коллектор ўтишининг юзаси эмиттер ўтишининг юзасидан каттароқ бўлади 8.33- а расмга қаранг.



8.33-расм. p-n-p транзистори тузилиши (а) ва умумий кўриниши (б).

Транзисторлар тайёрлаш технологиясида транзистор турига қараб  $p$  ёки  $n$  турдаги ярим ўтказгич кристалл асос қилиб олинади.  $p$ - $n$ - $p$  транзисторни тайёрлашда  $n$  типдаги ярим ўтказгич пластинкаси асос вазифасини ўтайди. Бу асоснинг икки томонидан пластинкага бирор усулда (масалан диффузия усулида) акцепторли аралашма киритилган  $p$  тип ўтказувчанлик кристалли пайвандланади.  $n$ - $p$ - $n$  транзисторида эса аксинча,  $p$  кристалл асос бўлиб, унга икки томондан  $n$  тип ўтказувчанлик-донорли аралашма кристалли пайвандланади.

**8.4.3. Транзисторнинг ишлаши, иш режимлари ва уланиш схемалари.** Транзисторни ишлаш принципи  $p$ - $n$  ( $n$ - $p$ ) ўтишлардаги физикавий жараёнларга асосланган. Бу ўтишлар эмиттер ўтиши ва коллектор ўтиши деб юритилади. Эмиттер ва коллектор электродлари ташқи занжирга

уланади, бунда кучланишнинг йўналишига қараб ўтишлар тўғри ёки тескари йўналишларда уланган бўлиши мумкин. Ўтишлардаги кучланишнинг тўғри ёки тескарилигига қараб ўтишда силжишлар юзага келади ва бу силжишлар транзисторни иш режимларини белгилайди. Эмиттер ва коллекторнинг уланишлари комбинацияси, ва натижада ҳосил бўлган транзисторнинг иш режимлари 8.1-жадвалда келтирилган.

8.1. жадвал

т/р №	Эмиттер ўтиши	Коллектор ўтиши	Транзистронинг иш режими
1	тўғри	тескари	актив режим
2	тўғри	тўғри	тўйиниш режими
3	тескари	тескари	ёпик режим
4	тескари	тўғри	инверс режим

**Актив режим.** Бу режимда жадвалдан кўрсатилганидек, эмиттер ўтиши тўғри йўналишда силжийди, коллектор ўтиши тескари йўналишда силжийди. Натижада транзисторнинг кучайтириш хусусияти кўпроқ намоён бўлади. Шунинг учун, транзисторнинг актив режими уни кучайтравчи элемент сифатида (электрвакуум лампалардаги триод сингари) ишлатиш имконини беради.

**Тўйиниш режимида** ҳар иккала ўтиш ҳам тўғри йўналишда силжийди, натижада ўтишлар заряд ташувчилар билан тўйиниб, ўтишнинг қаршилиги камайиб кетади, натижада чиқиш токини кириш токи орқали бошқариш мумкин бўлмай қолади. Бу режимда транзистордан кучайтиравчи элемент сифатида фойдаланиб бўлмайди, лекин уни электрон калит сифатида ишлатиш мумкин.

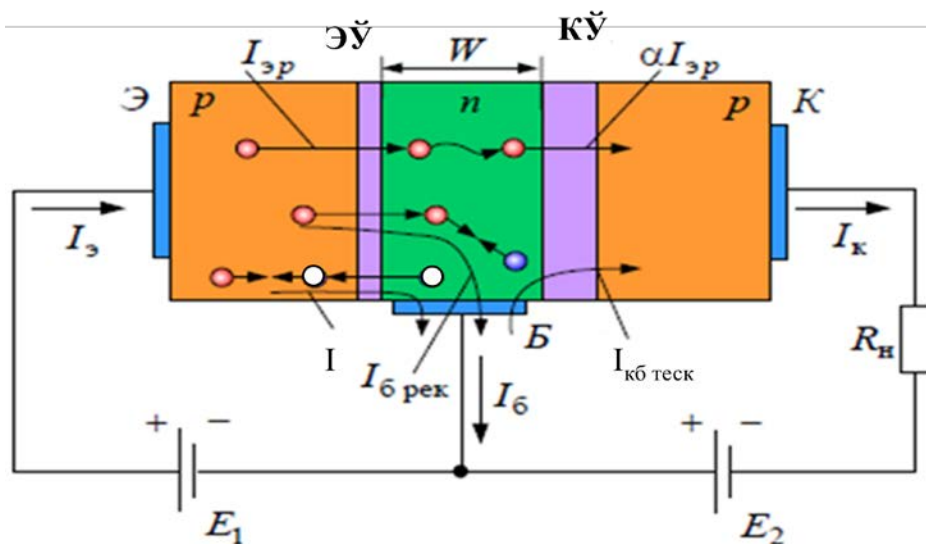
**Инверс режимда** актив режимга тескари режим бўлиб, мантиқан олиб қаралганда актив режимга нисбатан тескари йўналишдаги токни кучайтириши мумкин. Лекин айрим конструкцион жиҳатлар ва уларнинг келтириб чиқарувчи оқибатлари бунга йўл қўймайди. Шулардан бири

эмиттер ўтишининг коллектор ўтишга нисбатан кесим юзасининг кичиклигидир. Бу ўз навбатида эмиттер токи коллектор ўтишдагидан кам бўлишига олиб келади. Шунинг учун инверс режим амалда ишлатилмайди.

**Ёпик режимда** иккала ўтишлар ҳам тескари кучланиш остида бўлади. Чиқиш токи хар доим нолга тенг бўлгани учун транзисторнинг бу режимдан фақат ўчириш калити сифатида фойдаланиш мумкин.

Қайд этилган режимларнинг ичида актив режим энг катта ахамиятга эга. Шу режимда транзисторлар кучайтиргич ва генераторларнинг асосий элементи сифатида ишлатилиб, электровакуум лампаларни ўрнини бутунлай эгаллади. Шунинг учун транзисторни актив режимда ишлаганида ўтишларда юз берадиган физикавий жараёнларни таҳлил қиламиз.

p-n-p типидagi транзисторининг 8.34-расмда кўрсатилганидек уланиш схемасини кўрайлик. Транзисторнинг эмиттер-база занжирига  $E_1$  –кириш сигнали манбаси, коллектор- база занжирига  $E_2$  – манба ( $E_1$  дан кўра анча катта қувватли) уланган. Актив режим ҳосил қилиш учун,  $E_1$  манба шундай уланганки, эмиттер ўтиши тўғри силжиган (потенциал тўсиқ камайган),  $E_2$  манба эса коллектор ўтиши тескари силжийдиган қилиб уланган (потенциал тўсиқ кенгайган).



8.34-расм. Транзисторнинг ишлаш принципига доир.

$E_1$  манба уланмаган пайтда эмиттер база ўтишида ток йўқ, демак база коллектор орасида ҳам ток йўқ, яъни бу ҳолатда база  $E_2$  манба токининг

коллектор-база орқали ўтишига тўсқинлик қилади.  $R_H$ -  $E_2$  –база-коллектор занжирида фақатгина коллектор ўтишининг тескари  $I_{кб\ теск}$  токи мавжуд. Лекин, бу ток жуда кам бўлгани учун уни ҳисобга олмаймиз. Агар  $E_1$  манба уланиб,  $E_1$  -миттер-база-  $E_1$  контурда  $I_э$  ток ҳосил бўлса,  $p$  соҳадаги асосий заряд ташувчилар ҳисобланмиш коваклар база соҳасига ўтиб,  $y$  ерда асосий бўлмаган заряд ташувчига айланади (схемадаги  $I_{эp}$  ток). Уларнинг бир қисми коллекторнинг майдони таъсирида коллектор ўтишидан ўтиб,  $p$  соҳада яна асосий заряд ташувчига айланади ва  $E_2$  –база-коллектор- $R_H$  контурда  $I_K$  – коллектор токини юзага келтиради. Бу ток  $R$  қаршилиқда

$$U = I_K R_K$$

кучланиш тушувини ҳосил қилади.

Эмиттердаги ҳамма заряд ташувчилар ҳам коллектор ўтишига етиб кела олмайди. Уларнинг бир қисми базада рекомбинацияга учраб,  $I_{б\ рек}$  токини ҳосил қилади ва базадан  $I_{б}$ -база токи сифатида чиқади. Шунинг учун коллектор токи эмиттер токидан кичик бўлади. Бу тоқларнинг нисбати транзисторнинг ток бўйича узатиш коэффициентини деб аталади

$$\alpha = \frac{I_K}{I_э}$$

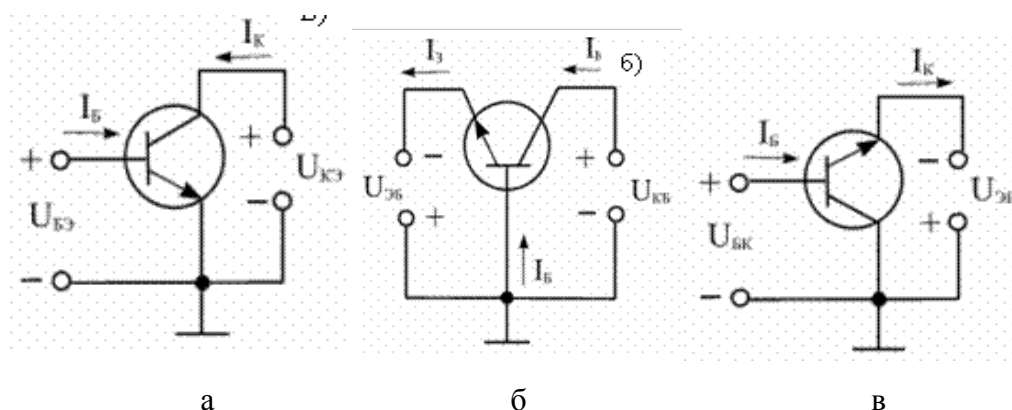
Коллектор токини,  $\alpha$ -ток бўйича кучайтириш коэффициентини ошириш учун базанинг қалинлиги кичикроқ қилинади. Шунда  $I_{б\ рек}$  токи камроқ бўлади. Шунингдек коллектор ўтишининг юзаси эмиттер ўтиши юзасидан каттароқ бўлади. Одатда  $\alpha$  коэффициент бирга яқин бўлади  $\alpha = 0,95-0,99$ . Дема к бунда ток бўйича кучайтириш йўқ, чунки  $\alpha < 1$ . Лекин кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти катта

$$K_U = \frac{U_{чик}}{U_{кир}} = \frac{U_{КЭ}}{U_{БЭ}} \gg 1.$$

Шунинг учун қувват бўйича кучайтириш коэффициенти ҳам жуда каттадир, яъни;

$$K_P = K_I K_U \gg 1.$$

Транзисторни амалда қўланилишида уларнинг (эмиттер, коллектор, база электродларининг) уланиш схемалари ҳам муҳим аҳамияга эга. Транзисторлар схемага уч хил усулда уланади: умумий база, умумий эмиттер ва умумий коллектор. Транзистор схемага уланганда, битта электрод кириш занжирига, иккинчи электрод чиқиш занжирига уланса, учинчи электрод кириш ва чиқиш занжирлари учун умумий ҳисобланади ва уланиш усули шу электрод номи билан аталади 8.33-расм.



8.33-расм. Транзисторнинг уланиш схемалари.

а-умумий эмиттер схемаси; б-умумий база схемаси; в-умумий коллектор схемаси.

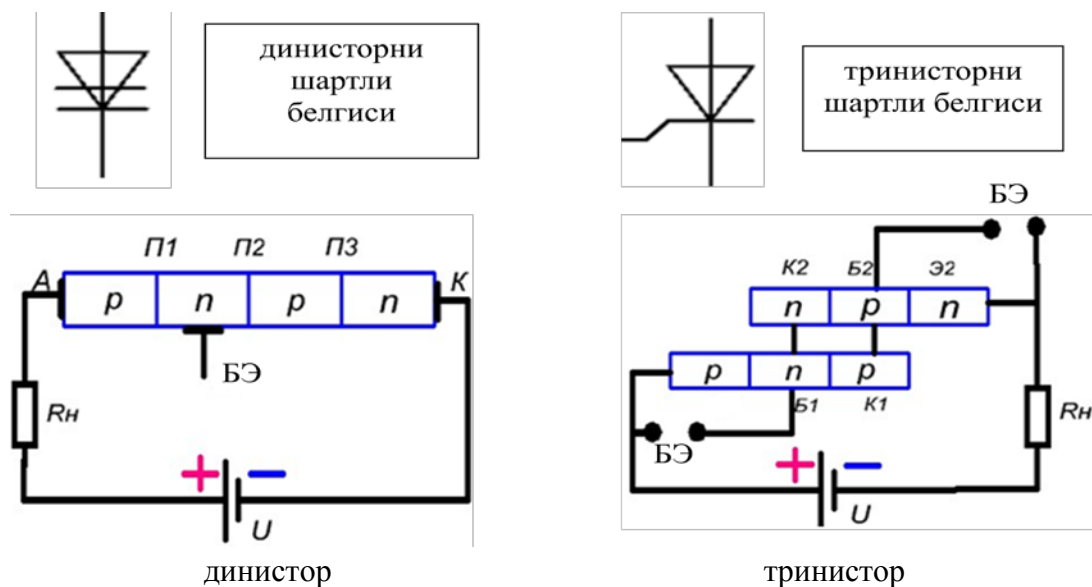
### 8.5 Тиристорлар

Тиристорлар тўртта ёки бешта ярим ўтказгичли қатламдан иборат, иккита (очик ва ёпиқ) мустақкам ҳолатга эга электрон қурилма бўлиб, улар автоматик бошқарув тизимларида ишлатилади. Тиристорлар маълум жиҳатларига кўра транзисторга ўхшаб кетади. Тиристорнинг иккита асосий хусусияти мавжуд: биринчиси, унинг очик ҳолатдаги қаршилиги жуда кичик (0,01 Ом гача), ёпиқ ҳолатдаги қаршилиги эса жуда катта (ўнлаб миллион Ом гача); иккинчи хусусияти, у очик ҳолатдан ёпиқ ҳолатга (ва аксинча) жуда кучсиз сигналлар таъсирида ҳам ўтиши мумкин. Айнан шу хусусиятлари туфайли тиристорлар бошқарув тизимларида жуда кенг қўлланилади.

Тиристорлар ўтган асрнинг 50-йиллари охирида пайдо бўлган. Барча ярим ўтказгич қурилмалар сингари улар ҳам масса ва ўлчамларининг кичиклиги, ишлаш муддатининг кўплиги, фойдали иш коэффициентининг юқорилиги, механик ва ташқи майдон таъсирларига бардошлилиги билан



ажралиб туради. Шунингдек тиристорлар бошқа электрон қурилмалардан фарқли равишда жуда катта тоқларда (юзлаб Ампергача) ишлаши мумкин. Шунингдек, у тўғри йўналишда жуда кичик ва тескари йўналишда жуда катта кучланишларда ишлаши мумкин.



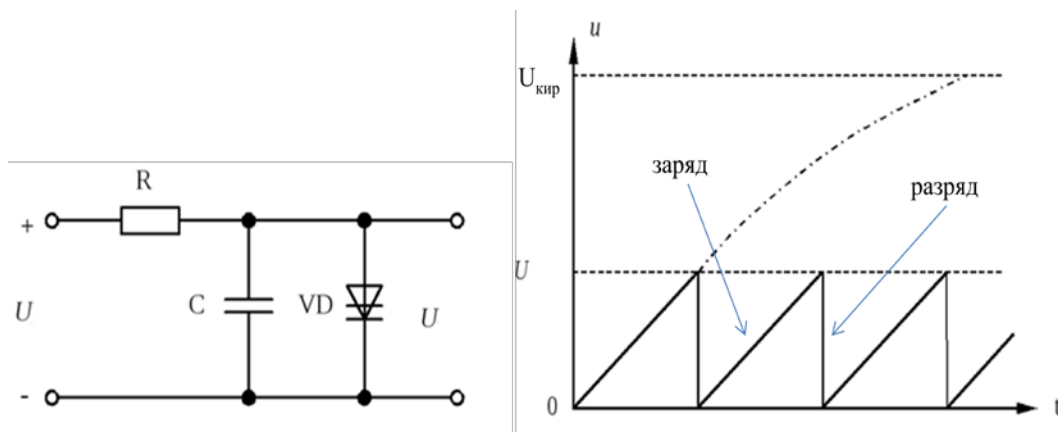
8.5.1-расм. Тиристорнинг умумий тузилиши.

Тиристорни умумий тузилиши 8.5.1-расмда келтирилган. Транзистордан фарқли равишда тиристорларда учта ўтиш мавжуд (расмдаги Ў1, Ў2 ва Ў3 ўтишлар). Амалда тиристорларнинг динистор, ёпилувчи тиристор ва симистор каби турлари кенг ишлатилади.

**8.5.1. Динистор.** Агар тиристорда бошқарилувчи электроди бўлмай, фақат анод ва катоддан иборат бўлса, бундай қурилма динистор деб аталади. p-n-p-n ёки n-p-n-p структурали икки электродли ярим ўтказгичли қурилмадир. Электродлар диоддаги сингари “анод” ва “катод” деб аталади. Уни диодли тиристор деб ҳам аталади. Динисторларнинг тешилиш кучланиши кичик бўлиб, аксарият динисторлар учун 30 В дан ошмайди. Тоқ кучининг узлуксиз режимдаги максимал қиймати 2А, импульсли режимдаги максимал қиймати эса 10 А. Ишчи кучланиши 10 В дан 200 В гача бўлиши мумкин.

Динистор электрон схемаларда калит сифатида ишлатилади, бунда унинг маълум кучланишда (динистор турига қараб) очилиши ва маълум тоқ

кучида ёпилиш хусусиятидан фойдаланилади. Шу хусусиятлари асосида улар қувват ростлаш схемаларида ва импульсли генераторларда кенг қўлланилади. Масалан, 8.5.2-расмда динистор ёрдамида тузилган аррасимон сигнал генераторининг энг содда схемаси келтирилган.



8.5.2-расм. Динисторли генератор ва унинг чиқиш сигнали.

Схема киришига VD динисторнинг очилиш кучланиши  $U_{оч}$  дан бир неча марта катта бўлган  $U_{кпр}$  кучланиши бериледи, натижада конденсатор зарядлана бошлайди (аррасимон импульснинг ўсиш fronti-заряд). Конденсатордаги кучланиш динисторнинг очилиш кучланишига етганда динистор очилади ва конденсатор жуда қисқа муддат ичида разрядланади (аррасимон импульснинг сўниш fronti-разряд). Бу жараённинг даврий такрорланишидан аррасимон импульслар кетма-кетлиги ҳосил бўлади.

**8.5.2. Тринистор.** Тиристор дейилганда амалда кўпроқ тринистор назарда тутилади. Шунинг учун уни кўпроқ тиристор деб айтилади. Тринисторни триодли тиристор деб ҳам юритилади. Тиристорнинг учинчи электроди бошқарувчи электрод деб аталади. Бу жиҳатдан у худди база сигнали орқали очилувчи биполяр транзисторни эслатади. Тиристор тузилиши жиҳатидан ҳам иккита ўзаро уланган транзисторни эслатади (8.5.1-расмга қаранг). Тиристорлар қайси электроддан бошқарилишига қараб аноддан бошқарилувчи ва катоддан бошқарилувчи тиристорларга бўлинади.

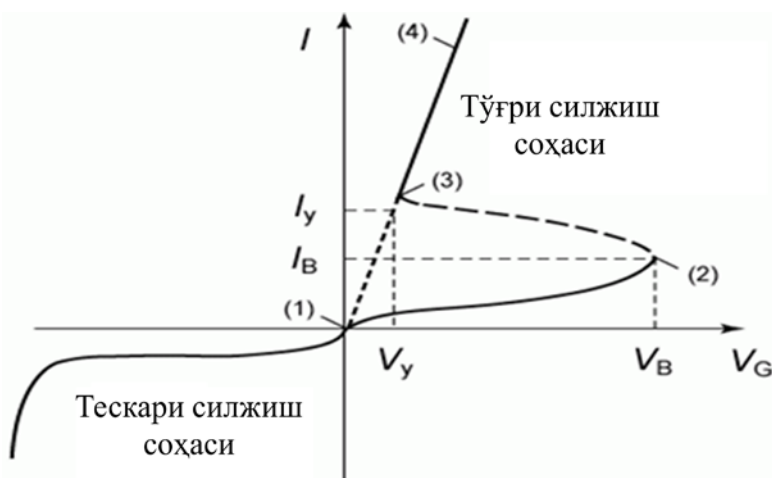
Тиристорлар катта қувватли электрон калит вазифасини бажаради, яъни улар ёрдамида юқори кучланиш (5кВ гача) ва катта ток кучида (5000 А гача)

ишловчи занжирларни 1 кГц гача тезликда коммутациялаш (ўчириб-ёқиш) мумкин. Шунинг учун тиристорларни катта қувватли системаларни бошқаришда ишлатилади.



8.5.3.-расм. Тиристорларнинг умумий кўриниши.

Тиристорлардан фойдаланишда, худди диод ва транзисторлардаги сингари вольтампер характеристика муҳим аҳамият касб этади. Тиристорнинг вольтампер характеристикаси кўпроқ стабилитроннинг характеристикасига ўхшаб кетади. Тиристор очилгунга қадар характеристикада токнинг кучланишга боғлиқлиги худди диоддагидай кечади. Тиристорда 4 та қатлам мавжуд, шунинг учун уни анод ва катодга эга диод сифатида қаралади. Вольтампер характеристикада ҳам, диоддаги сингари тўғри ва тескари ток соҳалари мавжуд. Мусбат кучланиш ва ток соҳаси тўғри силжиш соҳаси деб аталса, манфий ток ва кучланишли соҳа тескари силжиш соҳаси деб юритилади 8.5.4-расм.

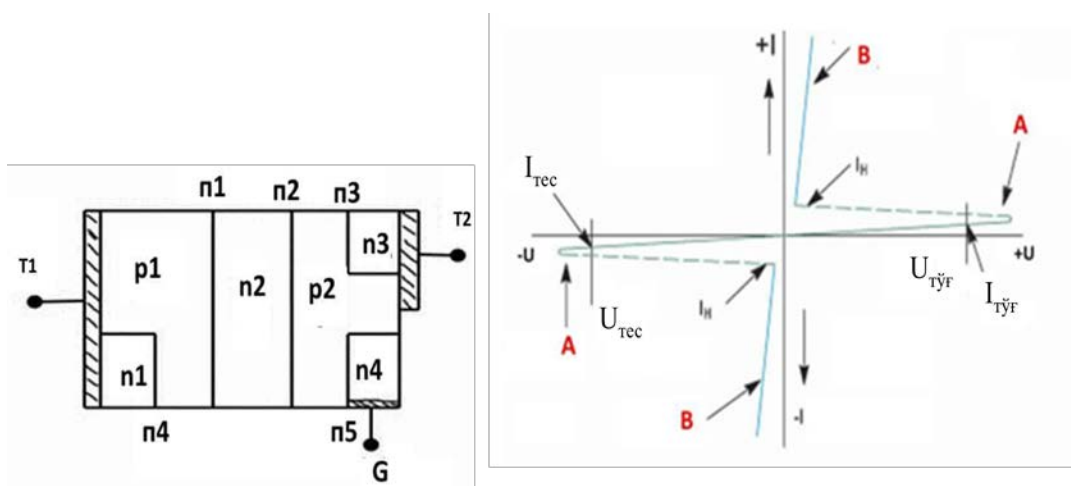


8.5.4-расм. Тиристорнинг вольтампер характеристикаси.

Характеристиканинг (1)-(2) қисми тиристорнинг ёпиқ ҳолатига мос келади ва бунда тиристорнинг қаршилиги катта. Ў1 в Ў2 ўтишлар ёпиқ, бу қисмда характеристика р-п ўтиш характеристикасига мос. Кучланиш тиристорнинг  $U_{оч}$  - очилиш кучланишига етганда (шу пайтдаги ток кучи  $I_{оч}$  ишга тушиш токи дейилади) тиристор қаршилиги кескин камаяди, характеристиканинг (2)-(3) қисми, ва у очилади. Очилган тиристорнинг вольтампер характеристикаси чизиқли бўлади (3)-(4) соҳа.

**8.5.3. Симистор.** Симисторда р-п ўтишлар жуда кўп бўлади, 8.5.5-а расм. Тузилишига кўра у қарама-қарши уланган иккита динистордан иборат. Шунинг учун шартли белгиси ҳам шунга мос 8.5.5- б расм. Симисторда анод ва катод ўз маъносини йўқотади, чунки у икки томонлама ҳам ток ўтказиши мумкин. Шунинг учун симистор электродлари Т1 ва Т2 деб белгиланади. Бошқарувчи электрод эса “G” (инглизча gate) деб белгиланади.

Симисторнинг ярим ўтказгичли қатламлари структураси 8.5.5-а расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, симистор 5 та ўтишга (n1-p1; p1-n2; n2-p2; p2-n3; p2-n4), бу ўтишлардан иккита (p1-n2-p2-n3 ва p2-n2-p1-n1 ўтишлар асосида) тиристор ҳосил бўлади. Бу тиристорларда ўтишлар қарама-қарши йўналган. Шунга мос симисторнинг вольтампер характеристикаси ҳам симметрик бўлади 8.5.5- б расм.



8.5.5-расм. Симисторнинг структуравий тузилиши ва шартли белгиси.

Характеристиканинг қисмларида симисторнинг ҳолатлари қуйидагича:

А соҳада-симистор ёпиқ;

В соҳада-симистор очик;

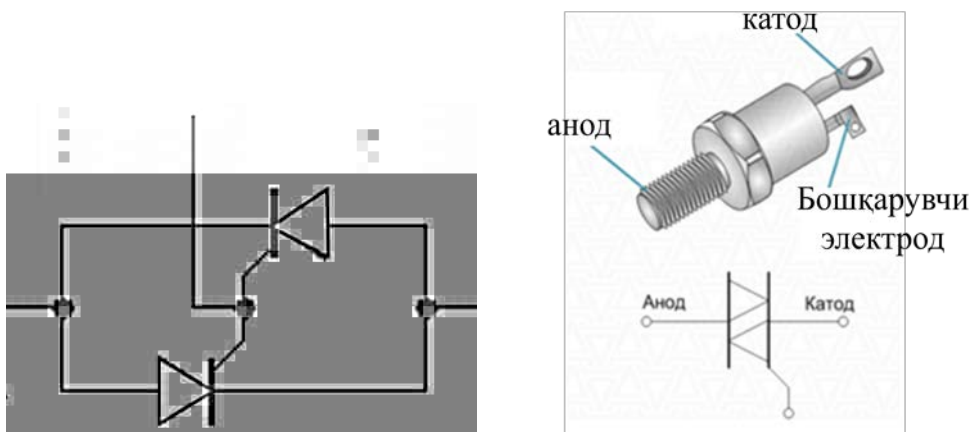
$U_{тўғ}$  ва  $I_{тўғ}$  - тўғри йўналишдаги максимал кучланиш ва ток кучи;

$U_{тес}$  ва  $I_{тес}$  – тўғри йўналишдаги максимал кучланиш ва ток кучи;

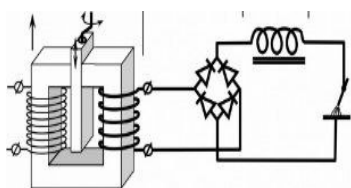
$I_n$  – ишга тушиш токи.

В соҳада симисторнинг характеристикаси чизиқли бўлиб, динистор ва тиристорларга мос келади.

Симисторлар бошқарув схемаларида жуда кенг ишлатилади. Дастлаб улар катта қувватли электр двигателларни бошқариш тизимларида ишлатилган бўлса, электроника элементларининг ривожланиши натижасида масса ва ўлчамларининг кичиклашуви симисторларни янада кенгрок қўлланилишига имкон яратди. Ҳозирги кунда симисторлар деярли барча турдаги саноат ва маиший қурилмаларда ишлатилади. Масалан, аккумуляторларнинг зарядлаш қурилмалари, микротўлқинли печлар, электр иситиш қурилмалари, кам қувватли электр двигателли қурилмалар ва бошқалар.



8.5.6-расм. Симисторнинг схемаси ва умумий кўриниши.

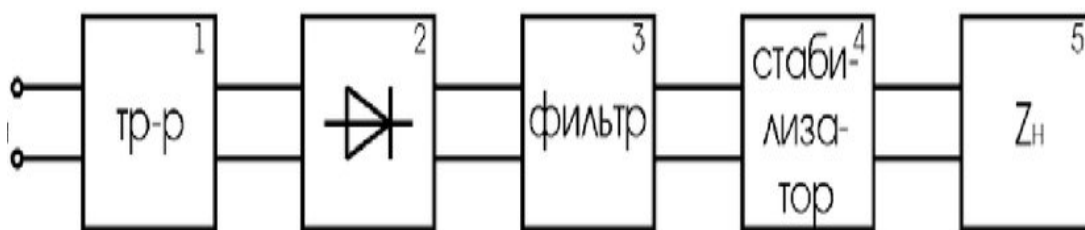


## 8.6. Тўғрилагичлар ва инверторлар

Ўзгарувчан электр токини ўзгармас токка айлантириш тўғрилаш деб аталади. Шундай мақсадларда ишлатилувчи қурилмалар тўғрилагич деб айтилади. Бундай тўғрилагич қурилмалар ҳозирги кунда радиотехника, алоқа воситалари, ЭХМ

ва бошқа кўплаб электрон қурилмаларни ток билан таъминловчи манбаларининг асосий қисмини ташкил қилади. Чунки аксарият электр ва электрон қурилмаларнинг қисмлари одатда ўзгармас электр токида ишлайди, масалан радио, телевизор, компьютер ва бошқалар. Уларни керакли миқдордаги кучланиш билан таъминлаш учун тармоқдан келаётган 50 Гц частотали 220 В кучланишли ўзгарувчан токнинг кучланишини пасайтириш ва уни тўғрилаш керак бўлади.

Ўзгарувчан электр токини тўғрилаш, яъни уни ўзгармас электр токига айлантириш жараёни ярим ўтказгичли (ёки электровакуум) диодларнинг вентил (токни фақат бир томонга ўтказиш) хусусиятига асосланади. Тўғрилаш қурилмалари умумий ҳолда трансформатор, тўғрилаш схемаси, фильтр ва стабилизатордан иборат бўлади.



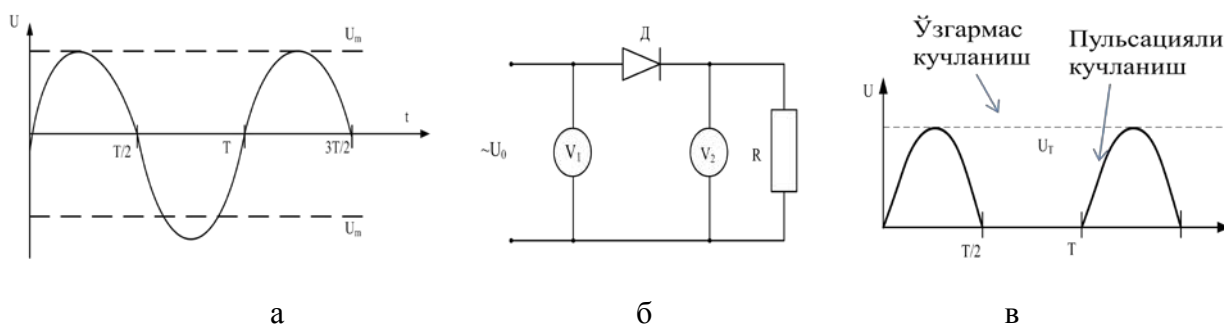
8.1-расм. Электрон тўғрилагичнинг умумий блок схемаси.

1-трансформатор, 2-тўғрилаш элементи, 3-пульсацияни текисловчи фильтр, 4-кучланиш стабилизатори, 5 –истеъмолчи.

Тўғрилаш схемалари бир ярим даврли ёки икки ярим даврли бўлиши мумкин. Бир ярим даврли тўғрилаш схемалари токнинг сон қиймати ўзгариши унчалик аҳамиятсиз бўлган қурилмаларда (масалан, аккумуляторларни зарядлашда) ишлатилади. Бошқа кўплаб ҳолларда икки ярим даврли тўғрилагичлар ишлатилади. Катта аниқлик билан ишловчи электрон қурилмаларни ток билан таъминлашда (микросхемалар ва рақамли техника элементлари) токнинг стабиллиги жуда юқори бўлиши талаб қилинади. Бундай стабиллашган тоқлар тўғрилаш қурилмаларининг чиқишига текисловчи филтрлар ва стабилизаторлар улаш билан ҳосил қилинади.



**8.6.1. Бир ярим даврли тўғрилагичлар.** Энг содда тўғрилагич бир ярим даврли тўғрилагич бўлиб, унда битта тўғрилаш элементи-диод ишлатилади 8.2- расм.



8.2-расм. Синусоидал кучланиш (а) , бир ярим даврли тўғрилагич (б) ва тўғриланган кучланиш (в)

Диоднинг вентил хусусияти туфайли ундан синусоидал кучланишнинг фақат мусбат қисми (агар диод тескарисига уланса, фақат манфий қисми) ўтади, манфий қисм эса ўтмайди, чунки токнинг тескари йўналишда ўтган қисми учун диод ёпиқ бўлади. Агар синусоидал кучланишнинг тебраниш частотаси  $f = 50$  Гц бўлса, ярим тебраниш даври  $T/2=10$  мс бўлади, **8.1-а расм.** Диоддан фақат ярим мусбат даврдаги ток ўтади **8.1-в расм.** Демак, **8.1-б расмдаги** схеманинг киришига синусоидал кучланиш берилса, унинг чиқишида хар бир давр ичида узунлиги  $10$  мс бўлган импульслар ҳосил бўлади. Бу бир ярим даврли тўғрилагич чиқишидаги пульсацияли кучланиш деб аталади. Амалда бундай пульсацияли кучланишга эга ток манбалари яроқсиз ҳисобланади, ундан фақат аккумуляторларни зарядлашда фойдаланиш мумкин, шунда ҳам унинг фойдали иш коэффициенти жуда кам бўлади. Ҳосил бўлган пульсацияли кучланишнинг тўлиқ давр ичидаги  $U_{\text{ўр}}$  ўртача қийматини аниқлаш учун синусоидал кучланишни ярим давр ичида ( $0$  дан  $\pi$  гача) интеграллаймиз

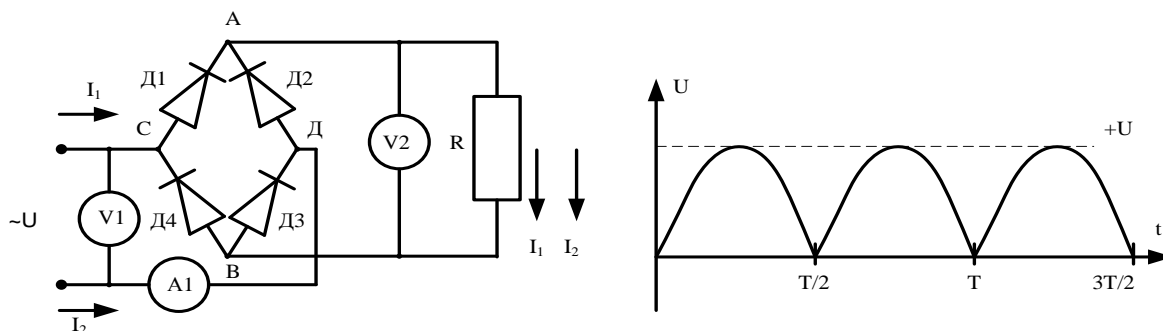
$$\begin{aligned}
 U_{\text{ўр}} &= U_{\text{мў}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} u_2 dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U_{2m} \sin \omega t dt = \frac{U_{2m}}{\omega T} \int_0^{\pi} \sin \omega t dt = \\
 &= \frac{\sqrt{2} U_2}{2\pi f T} (-\cos \omega t) \Big|_0^{\pi} = \frac{\sqrt{2} U_2}{\pi} \approx 0,45 U_2
 \end{aligned}$$

Яъни, тўғрилагич киришидаги кучланишни  $U_1$ , чиқишдаги кучланишни  $U_2$  десак,

$$U_2 = 0,45 U_1 \quad (8.1)$$

### 8.6.2. Икки ярим даврли тўғрилагичлар.

Икки ярим даврли тўғрилагичларда диодларни кўприксимон ссхемада уланади. Бунинг учун ромбни чизиб, ромбнинг тўрт томонига тўртта диодни ҳаммасини бир томонга қараб ўрнатамиз, 8. 3- расм



8.3-расм. Икки ярим даврли тўғрилагич ва тўғриланган кучланиш.

Икки ярим даврли тўғрилагичдаги токнинг йўлини кўриб чиқамиз. Ўзгарувчан синусодал кучланишнинг мусбат йўналиши деб 1-нуқтадан бошланган токни олайлик, бу ток «1-Д1-А тугун-R-В тугун-Д4-Д тугун-2» контур орқали ёпилади, бунда R истеъмолчидан ўтган ток  $I_1$  йўналишда бўлади. Синусодал кучланишнинг манфий даври 2 нуқтадан бошланиб «2-Д тугун-Д2-А тугун- R-В тугун-Д3-С тугун-1» контур орқали ёпилади, бунда R истеъмолчидан ўтган ток  $I_2$  йўналишда бўлади. Агар эътибор берсак ҳар икки ҳолда ҳам R истеъмолчидан ўтган токнинг йўналишлари бир хил, шунинг учун ҳам тўғриланган кучланиш фақат мусбат (ёки манфий) ярим даврлардан иборат бўлади. Юқоридагидек кучланишни вақт бўйича интеграллаймиз, фақат бу ерда интеграл бутун давр бўйича олинади ва кучланиш (8.1) ифодага нисбатан икки марта катта бўлади

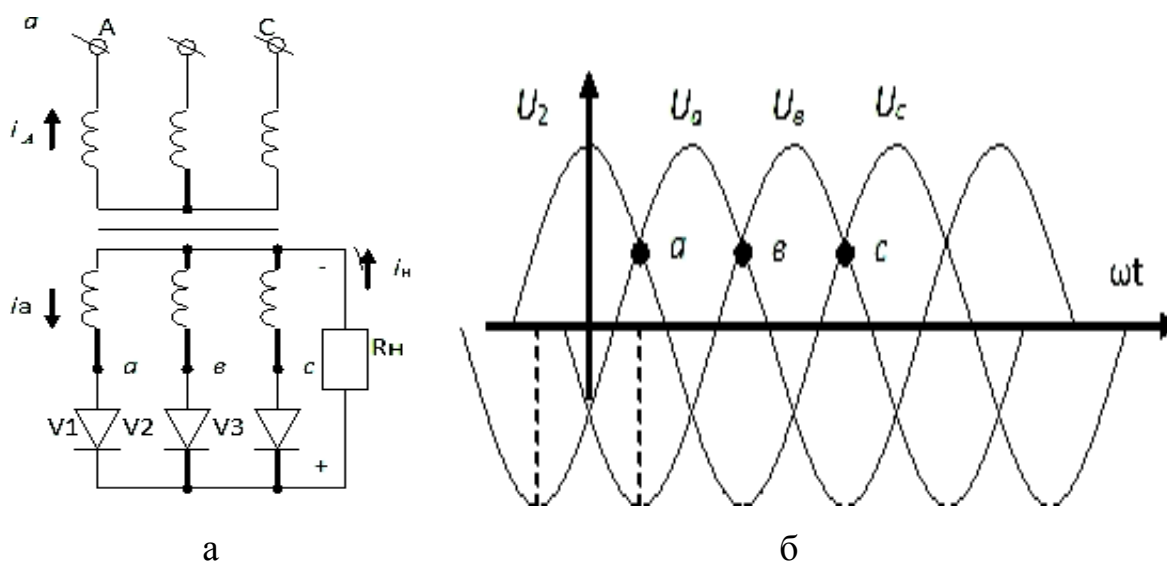
$$U_{yp} = U_{m\dot{y}} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u^2 dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} U_{2m}^2 \sin^2 \omega t dt = \frac{2U_{2m}^2}{\omega T} \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt =$$

$$\frac{\sqrt{2}U_{2m}}{\pi} (-\cos \omega t) \int_0^{\pi} = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} \approx 0,9U_2$$

Яъни, тўғрилагич кириши ва чиқишидаги кучланишлар

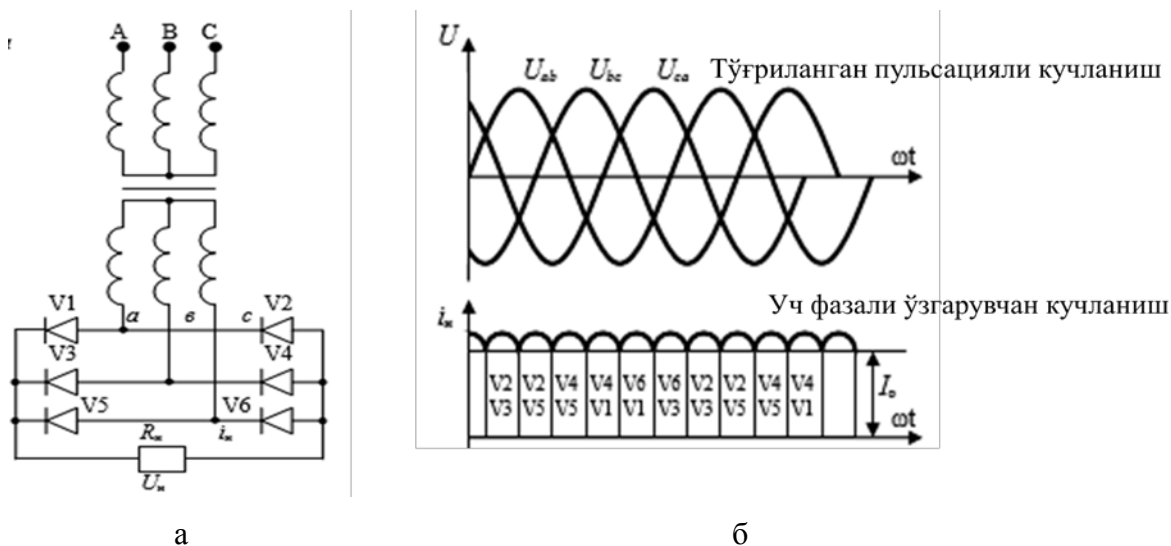
$$U_2 = 0,90 U_1 \quad (8.2)$$

**8.6.3. Уч фазали тўғрилагичлар.** Уч фазали ток системасида ҳам тўғрилаш схемалари бир фазадаги сингари бўлиб, ҳар бир фазага алоҳида диодлар уланади, 8.4- а расм. Бунда уч фазали системадаги бир ярим даврли тўғрилаш ҳосил бўлади. А, В, С фазаларга уланган V1, V2 ва V3 диодларнинг ҳар бири даврнинг 1/3 қисмида навбатма навбат очилади. Агар ҳар уччала фаза битта истеъмолчини таъминлаётган бўлса, даврнинг ҳар уч дан бир улушларида мос фазалардан пульсациялар юзага келади. Натижада бир давр давомида учта ярим даврли импульслар ҳосил бўлади 8.4-б расм. Кучланиш диаграммаларидан кўриниб турибдики а, в ва с нукталарда ток ўтказувчи диодлар алмашади. а нуктадан в нуктагача ораликда А фазадаги V1 диод очик бўлади, “вс” ораликда В фазадаги V2 диод очилади, шу тариқа диодлар навбатма-навбат алмашиб, пульсациялар ҳосил қилади.



8.4-расм. Уч фазали бир ярим даврли тўғрилагич (а) ва ундаги тўғриланган кучланишнинг диаграммаси (б).

Уч фазали системада кўприксимон тўғрилагич схемаси 8.5-а расмда келтирилган. Тўғриланган кучланишнинг диаграммаси 8.5-б расмда кўрсатилган. Кўриниб турибдики, бу ҳолда пульсация камайиб, кучланиш диаграммаси ўзгармас кучланишга яқинлашган.

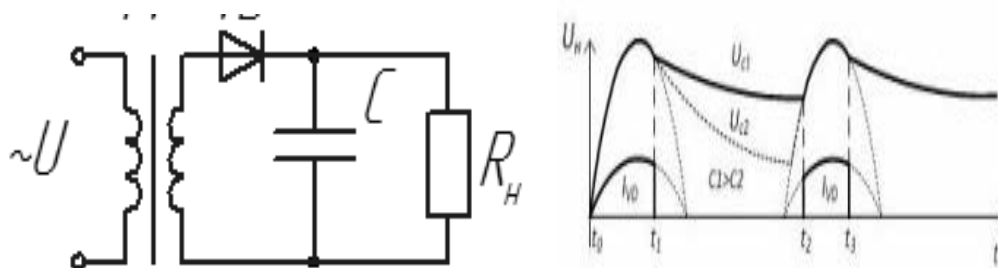


8.5-расм. Уч фазали кўприксимон тўғрилагич (а) ва ундаги тўғриланган кучланишнинг диаграммаси.

Лекин барибир тўғриланган кучланишда пульсациялар мавжуд. Ўзгарувчан токни тўғрилашнинг ҳар қандай схемасида пульсациялар мавжуд бўлади. Энди бу пульсацияларни тўғрилаш схемалари орқали эмас, тўғрилагич чиқишига уланган қўшимча схемалар ёрдамида камайтириш мумкин. Бундай схемаларни текисловчи филтёрлар деб аталади.

#### 8.6.4. Текисловчи филтёрлар

Тўғриланган кучланишда пульсацияни текисловчи филтёрлар ёрдамида камайтириш мумкин. Амалда текисловчи филтёр элементлари сифатида сиғим ва индуктивликдан фойдаланилади. Энг содда филтёр тўғрилагич чиқишига истеъмолчи билан параллел уланган сиғимдир 8.6-расм.

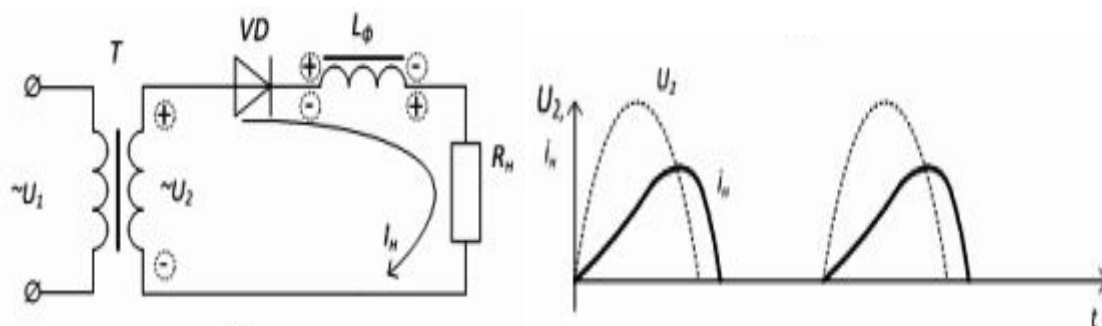


8.6- расм. Сиғимли филтёр ва унда кучланишнинг ўзгариши.

Конденсатор ўзгармас ток учун жуда катта қаршиликка эга, ўзгарувчан токда эса қаршилиги токнинг частотасига боғлиқ.. Кучланишнинг ортиши

билан конденсатор зарядлана бошлайди, ташқи кучланиш конденсатор копламалари орасидаги кучланишдан камайганда эса, конденсатор разрядланади. Айнан шу хусусияти туфайли у текисловчи фильтр сифатида ишлатилади.

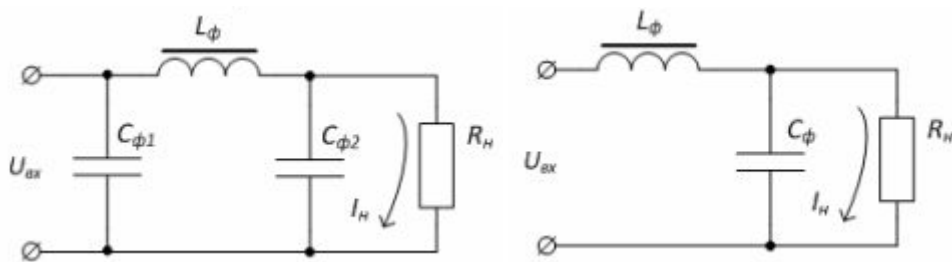
Конденсатор  $R_n$  истеъмолчи билан паралел уланган бўлсин. Кучланишнинг  $\frac{1}{4}$  даврида, ( $t_0 - t_1$  оралик) конденсатор зарядланади. Шундан кейин  $t_1 - t_2$  ораликда манба кучланиши 0 гача камайиши керак, лекин бу пайтда конденсатор  $R_n$  истеъмолчи орқали разрядланади ва кучланишнинг 0 гача камайиб кетишишига йўл қўймайди. Ўзгарувчан кучланишнинг навбавтдаги мусбат пульсацияси келган пайтдан бошлаб конденсатор яна зарядланади. Бу заряд разряд цикли худди ўзгарувчан кучланиш даври сингари такрорланади.



8.7- расм. Индуктив элементли фильтр ва кучланиш пульсининг ўзгариши

Агар бир ярим даврли тўғрилагичнинг чиқишига  $R_n$  истеъмолчи билан паралел қилиб индуктив элемент уланса, истеъмолчидаги кучланиш пульсининг кўриниши ўзгаради. Яъни, кучланишнинг амплитудаси камайиб пульснинг давомийлик даври ортади. Бунда пульснинг ўсиш fronti чўзилади. Бу индуктивликдаги ўзиндукция э.ю.к. билан тушунтирилади. Ғалтакдаги ўзиндукция дастлаб манба токини камайтирувчи таъсир кўрсатади, кучланиш камайишида эса аксинча таъсир кўрсатади.

Амалда индуктив филтрнинг ўзи ишлатилмайди, уни сиғим филтр билан турли схемаларда уланишидан самарали филтрлар ҳосил қилиш мумкин. Амалда кўпроқ Г симон ва П симон филтрлар кенг ишлатилади 8.8-расм.



8.8- расм. П симон ва Г симон текисловчи филтрлар.

**Масала.** Таъсир этувчи қиймати 12 В бўлган ўзгарувчан кучланиш манбаига қаршилиги  $R_n = 300$  Ом бўлган ўзгармас ток истеъмолчисини улаш керак. Шу ҳол учун бир ярим даврли тўғрилагичга сиғим филтрни ҳисобланг.

**Ечиш.** 12В кучланиш ҳосил қилиш учун синусоидал кучланишнинг амплитудаси  $12 \text{ В} \sqrt{2} = 16,8 \text{ В} \approx 17 \text{ В}$ ,

Конденсатор сиғимини  $R_n \gg X_c$  шартдан аниқлаймиз.

$$C \gg 1 / 2\pi f R_n,$$

бу ерда  $\pi = 3,14$ ;  $f = 50$  Гц.

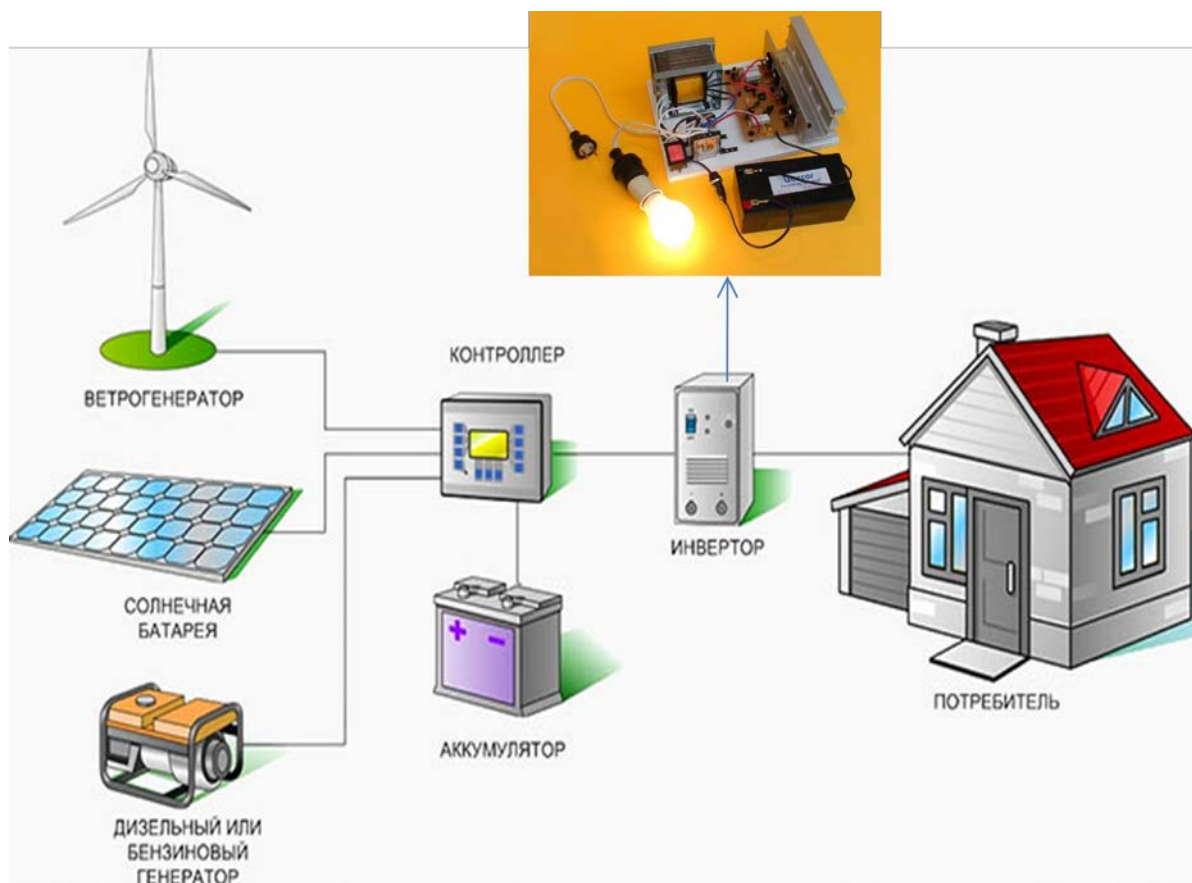
### 8.6.5. Инверторлар

Инвертор тўғрилагичга тескари қурилма бўлиб, ўзгармас электр токини ўзгарувчан электр токига айлантиради. Бунда ўзгарувчан электр токи синусоидал, ёки бошқа кўринишда бўлиши мумкин. Амалда асосан, 50 Гц частотали синусоидал ўзгарувчан ток ҳосил қилувчи инверторлар кенг ишлатилади.

Инверторлар алоҳида қурилма сифатида ёки муқобил энергия манбаларининг таркибий қисми сифатида ишлатилиши мумкин. Масалан, куёш панелларидан фойдаланганимизда, панелдан чиққан 12 В кучланишли ўзгармас электр токи инверторда 220 В кучланишли синусоидал ўзгарувчан токка айлантириб беради. Ёки, 12 В кучланишли оддий аккумулятор орқали 220 В кучланишда ишловчи ёритиш лампасини ёқиш керак бўлсин. Албатта у 12 В кучланишда ёнмайди, бу кучланишни 220 В ўзгарувчан токка айлантириб кейин лампага уланади 8.9-расм.



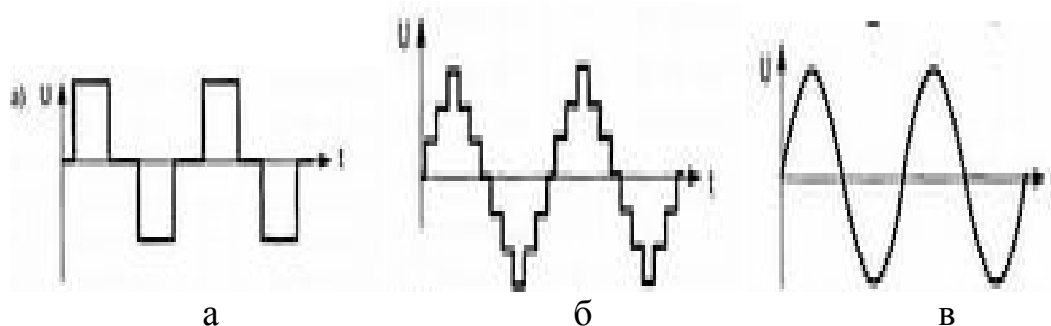
Инверторлар дастлаб электр қурилмаларини захира ток манбалари билан (аккумуляторлар орқали) таъминлаш мақсадларида ишлатилган бўлса, муқобил энергия манбаларининг тараққиёти уларни кенг истеъмолга олиб кирди. Айниқса, қуёш энергиясидан фойдаланишда инверторнинг ўрни ва аҳамияти жуда муҳим.



8.9-расм. Инверторнинг қўлланилиши.

Бугунги кунда юзлаб Ампер ток кучида ишловчи ярим ўтказгичли электрон қурилмалар катта қувватли инверторларни яратиш имкониятларини бермоқда ва улар қуёш электр станцияларида ишлатилмоқда.

Инверторнинг тузилиши ва ишлаш принципи бугунги кун рақамли техникаси нуқтаи-назаридан жуда содда. Бунинг учун дастлаб ўзгармас токдан маълум частотада тўғри бурчакли кучланиш импульслари кесиб олинади. Кейин бу импульслар маълум қонуният билан тегишли инверторлаш схемасидан ўтказилади ва мусбат ҳамда манфий импульслар ҳосил бўлади (8.10- а расм).



8.10-расм. Инверторда синусоидал кучланишнинг ҳосил бўлиши.

Махсус дифференциал қурилмалар орқали бу тўғри бурчакли импульслар поғонасимон кўринишда ўсиб боровчи импульслар кетма-кетлигига айлантирилади 8.10- б расм. Дифференциаллаш қадамнинг аниқлиги импульсларни синусоидал формага яқинлигини белгилайди. Амалда инверторлар айнан ҳосил бўлган кучланишнинг синусоидага қанчалик яқинлиги билан баҳоланади.

Инверторларнинг қуйидаги турлари саноатда кенг ишлаб чиқарилади:

Инвертор 12В 1000Вт TS-1000-212;

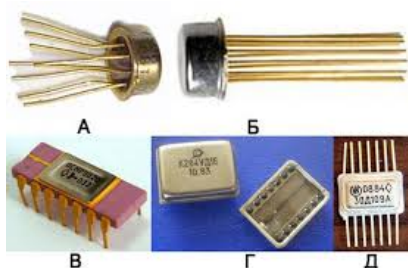
Инвертор 12В 1500Вт TN-1500-212В;

Инвертор 12В 3000Вт TN-3000-212В;

Инвертор 24В 3000Вт TN-3000-224В;

Инвертор 48В 3000Вт TN-3000-248В,

Бунда 12В, 24В, 48В инвертор киришидаги ўзгармас кучланиш, кейинги рақамлар инверторнинг қувватини ва ишлаб чиқарилиш шартли белгиларини билдиради.



## 8.7. Кучайтиргичлар

Аксарият ҳолларда электр сигналларини кучайтириш зарурияти туғилади. Масалан, антеннада қабул қилинган юқори частотали кучсиз тоқлар кучайтиргичлар ёрдамида кучайтирилиб ундан овоз ва тасвирлар ажратиб олинади, ёки, микрофондаги товуш тўлқинларидан ҳосил бўлган электр сигнали кучайтирилиб, катта қувватли овоз сигналларига

айлантирилади, телефон қурилмаларида кучсиз сигналлар кучайтирилиб овоз ҳосил қилинади ва ҳоказо. Хуллас сигнални кучайтириш жараёни радиотехниканинг асосий масалаларидан биридир. Бунда кам қувватли сигнал ток манбаининг энергияси ҳисобига кучайтирилади. Бу кучайтириш жараёнини бажарувчи қурилма кучайтиргич деб аталади.

Электроника тараққиёти аслида кўп жихатдан сигналларни кучайтириш қурилмалари тараққиётидан иборат десак хато, бўлмайди. Чунки, сигналларни кучайтиришга бўлган эҳтиёж (дастлаб телеграф сигналлари, кейинчалик симли телефон алоқалар, радиоалоқалар, телевидение, радиолокация ва бошқалар) аввал лампаларни яратилишига сабаб бўлди, кейин ярим ўтказгичли транзисторлар, сўнгра микросхемалар асосидаги операцион кучайтиргичлар яратилди.

Электрон қурилмаларнинг масса ва ўлчамларига, қувват истеъмолига, тезкорлигига, сезгирлигига, ишлаш шароитларининг дахлсизлигига бўлган талаблар ўз навбатида кучайтиргичларга ҳам тегишлидир. Шунинг учун, кучайтиргич қурилмалари ҳам электроника саноатининг таркибий қисми сифатида тезкор суратлар билан ривожланиб бормоқда.

Электроника саноати технологиялари тараққиётидан ташқари, яна шу нарса ҳам муҳимки, замонавий, юқори технологияли микросхемалар ва интеграл схемалар ишлаб чиқаришда электрон қурилмаларнинг универсаллигини таъминлаш махсулотни бозордаги ўрнини мустаҳкамлайди (сотилиш ҳажмини кўпайтиради). Шу жихатдан ҳам кучайтиргич схемалар (ва бошқа яна кўплаб стандарт схемалар) кўплаб микросхема ва интеграл схемалар таркибига киритилади ва бу шу микросхеманинг қўлланилиш соҳасини кенгайтиради.

Амалда операцион кучайтиргичлар кенг ишлатилади. Унинг тарихий авлодлари эса лампалар асосидаги ва транзисторлар асосидаги электрон кучайтиргичлардир. Радиотехникада электр сигналларини кучайтиришнинг физикавий жихатлари ва схематик асосларини ўрганишда лампали транзисторли кучайтиргичларни ўрганиш муҳим роль тутаяди.

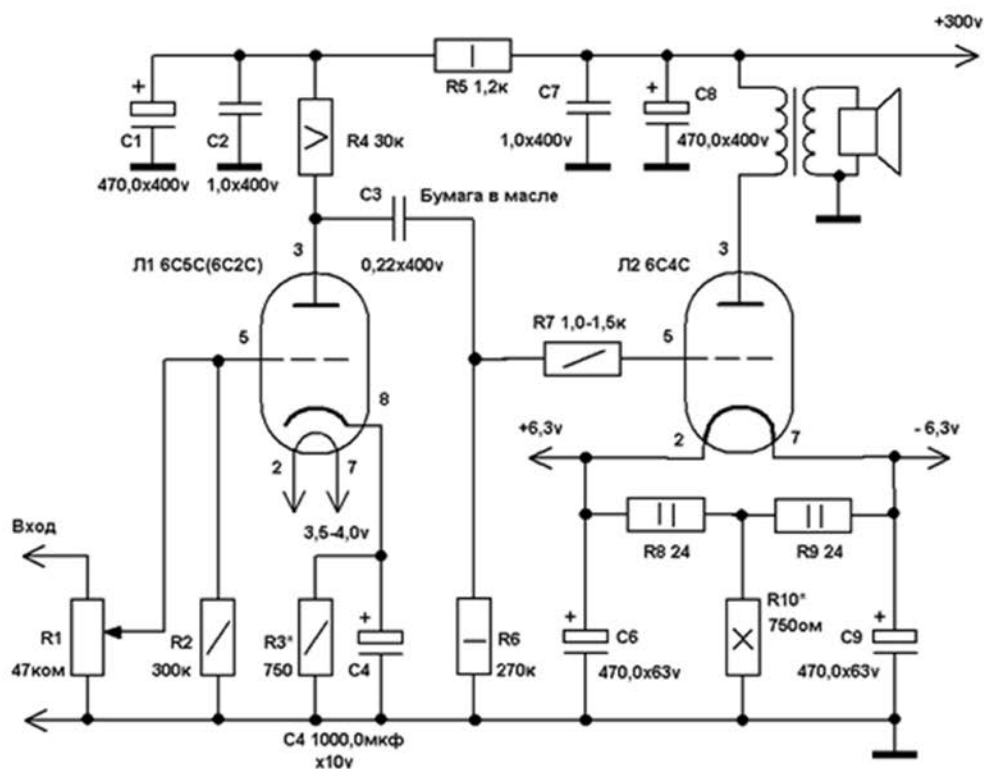


### 8.7.1. Электрон кучайтигичлар

Электрон кучайтиргичларда уч электродли электровакуум лампа ёки транзистор кучайтирувчи элемент сифатида ишлатилади. Аввалги бўлимларда лампалар, хусусан, триодлар электрон қурилмаларда кучайтирувчи элемент сифатида кенг ишлатилиши айтилган эди. Ўтган асрнинг 70-80-йилларигача лампали электрон қурилмалар (масалан радио ва телевизорлар) кенг истеъмолда бўлиб келди. Бу қурилмаларда электровакуум лампалар кучайтиргич сифатида ишлатилган.

Қуйида лампалар асосида тузилган икки каскадли (иккита лампали) электрон кучайтиргични ишлашини кўриб чиқамиз. Кучайтиргич схемасидаги бошқа элементларнинг ишлаши ва вазифаларига эътибор бермаган ҳолда, фақат лампадаги кучайиш жараёнини кўрамиз. Кучайтирилиши керак бўлган сигнал лампанинг тўрига берилади, 8.11-расм. Бунда кириш сигнали кам қувватли паст частотали сигнал (масалан, радионинг юқори частотали филътридан ўтган овоз сигналларига мос электр тебранишлар) бўлиб, у Л1 лампанинг тўрига берилади (расмда лампа тўри 5-электрод). Лампа анодидан чиқиш сигнали олинади, бу сигнал С3 сиғим ва К7 қаршилиқ орқали кейинги, иккинчи Л2 лампа тўрига (лампанинг 5-электроди) берилади. Бу лампада ҳам кучайиш жараёни кечади. Кучайган сигнал Л2 лампа анодидан чиқиб, трансформатор орқали овоз қурилмасига (динамик) келади ва ундан кучайган электр сигнали акустик сигнал-овоз кўринишида тарқалади.

Келтирилган схемада Л1 лампа сифатида 6C5C ва Л2 лампа сифатида 6C4C лампалар қўлланилган. Лампанинг катод нақаллари 6,3 В ўзгармас кучланиш манбаидан ток билан таъминланган. Анод занжирида эса 30 ўзгармас кучланиш манбаи мавжуд. Демак кучайтиргич 30 В кучланишли ўзгармас ток манбаи энергиясидан фойдаланиб кучайтирилган сигнал ҳосил қилади. Радиотехникада буни ўзгармас ток манбаи энергиясини кам қувватли сигналга узатиш деб айтилади.



ЛАМПА 6C4C

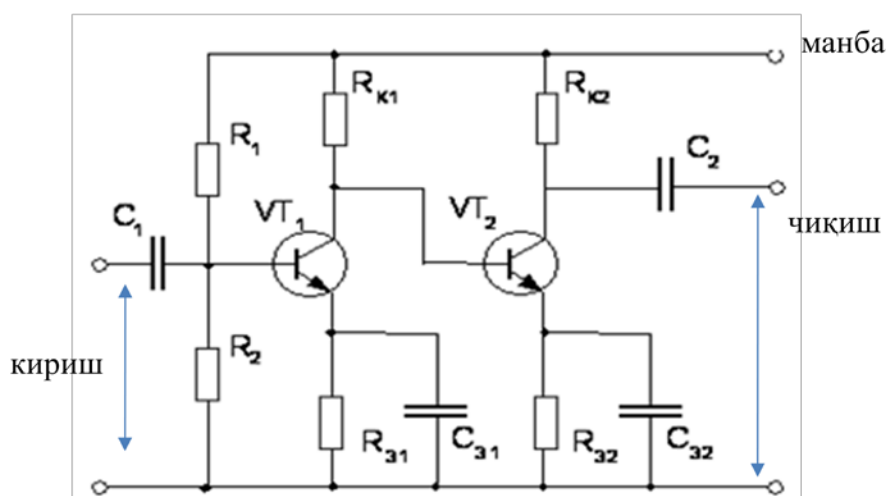
8.11-расм. Лампали икки каскадли кучайтиргич.

Изоҳ: 6C4C катта қувватли триод паст частотали (овоз диапазонидаги) сигналларни кучайтиришда ишлатилади. Радио ва телевизорларда паст частотали (овоз) кучайтиргич сифатида кенг ишлатилган. АҚШ да у [6B4G](#) ном остида ишлаб чиқарилган.

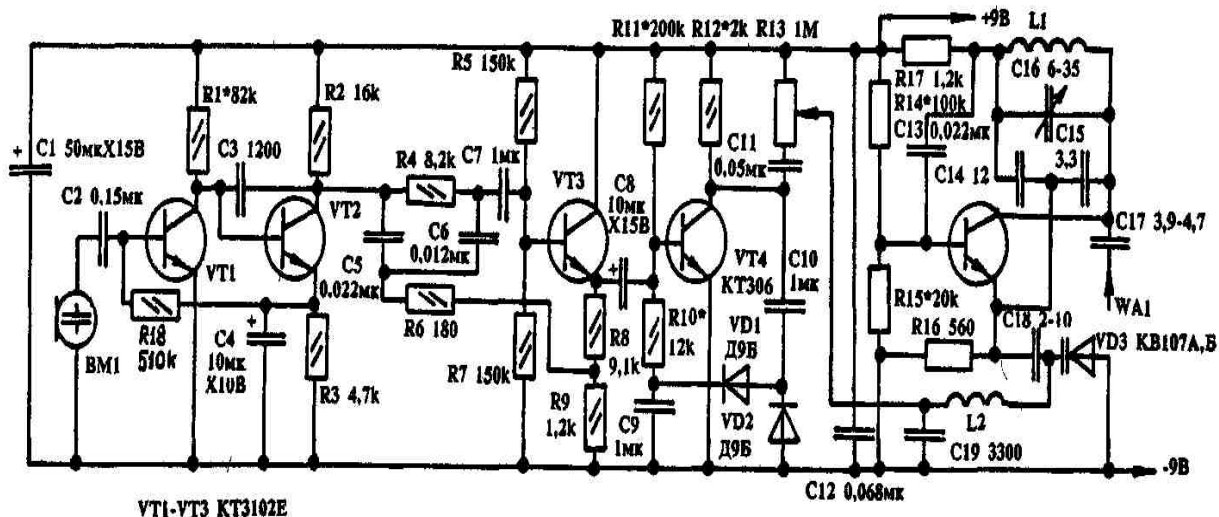
Энди худди шундай кучайтириш жараёнини ярим ўтказгичли транзисторлар асосида кўриб чиқамиз. Аввал қайд этилганидек, лампа ва транзисторларда мос электродларнинг вазифалари ҳам ўхшаш. Лампада кучайтирилиши керак бўлган сигнал лампа тўрға берилса, транзисторда тўр базага мос келади. Кучайтириш режимида ишлаши учун транзисторлар умумий эмиттер схемасида уланади. Кучайтирилиши керак бўлган сигнал  $C1$  конденсатор орқали транзисторнинг базасига берилади 8.12-расм.

$C1$  конденсаторнинг вазифаси базага сигналнинг фақат ўзгарувчан ташкил этувчисинигина ўтказиб, ўзгармас ташкил этувчини ушлаб қолишдан иборат (конденсаторнинг ўзгармас токка нисбатан қаршилиги чексиз катталигини эсланг). Радиотехника тилида  $C1$  конденсатор силжиш кучланиши фильтри деб аталади. Кучайган сигнал  $VT_1$  транзисторнинг коллекторидан олинади ва яна кучайтириш учун  $VT_2$  транзистор базасига

тушади. Шу тариқа иккита каскадан кучайиб чиққан сигнал  $C_2$  конденсатор орқали чиқишга узатилади.



8.12-расм. Транзисторларда тузилган икки каскадли кучайтиргич.



8.13-расм. Океан радиоприемниги ва унинг электрон схемаси.

8.13-расмда Океан радиоприемнигининг электрон схемаси келтирилган. Агар схеманинг тузилишига эътибор қаратсак, ундаги кучайтирувчи каскадларни ажратишимиз мумкин. Чапдаги транзистор юқори

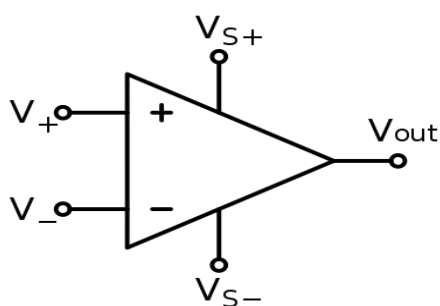


частоталар соҳасидаги сигналларни кучайтувчи бир каскадли кучайтиргичнинг асосий кучайтирувчи элементиدير. Ўртадаги ва ўнгдаги транзисторлар жуфтликлари эса иккита алоҳида, хар бири иккита кучайтириш каскадидан иборат кучайтиргичларни ҳосил қилади.

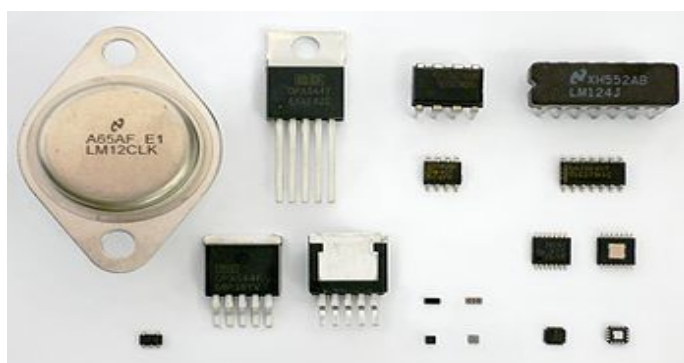
Агар шу кучайтиргичлар транзисторларда эмас, электровакуум лампалар асосида тузилган бўлганида Океан-209 радиоприемнигининг масса ва ўлчамлари анча катта бўлган бўлар эди.

### 8.7.2. Операцион кучайтиргичлар

Электроника элементларининг тараққиёти биринчи галда уларнинг масса ва ўлчамларини камайишида намоён бўлмоқда. Албатта бу ўз навбатида белгиланган ҳажмда мужассамлашган электрон қурилмалар миқдорининг кўпайишига, натижада, бутун қурилманинг имкониятлари кенгайишига олиб келмоқда. Уяли алоқа телефон қурилмаларида турли электрон қурилмалар функцияларининг (телефон, радио, фотоаппарат, кинокамера ва бошқа) мужассамлашиши бунга яққол мисолдир. Бунда операцион кучайтиргичларнинг (ОК) роли катта. Операцион кучайтиргич ишлатилиши жиҳатидан содда, техник имкониятлари юқори кучайтиргич ҳисобланади. Умумий ҳолда операцион кучайтиргичга юқори кучайтириш коэффициентига эга дифференциал киришли электрон кучайтиргич деб таъриф бериш мумкин. Дифференциал кириш шуни билдирадики, кучайтиргич иккита сигналнинг фарқига ҳам ишлаши мумкин. Бу кучайтиргичларнинг имкониятларини кенгайтиради.



а

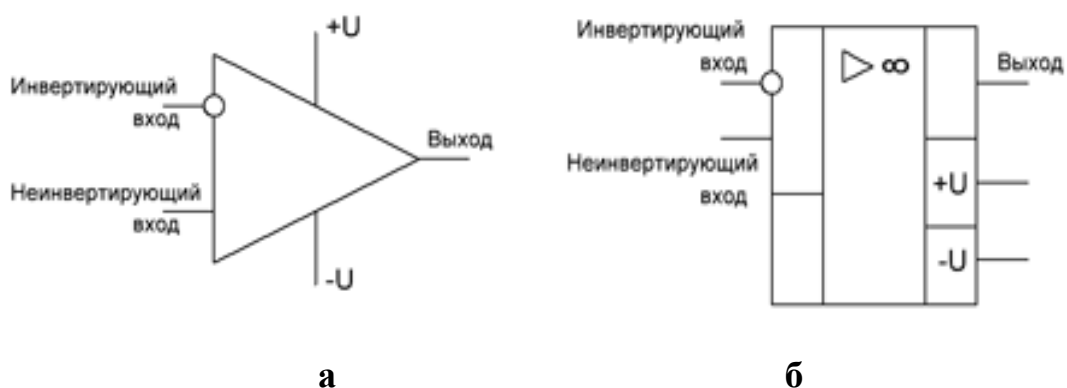


б

8.14-расм. Операцион кучайтиргичнинг шартли белгиси ва айрим турлари.

Стандарт турдаги операцион кучайтиргичлар ўзининг соддалиги ва бу микросхемаларнинг ўта арзонлиги билан амалиётда жуда кенг тарқалган. ОК нинг шартли белгиси ва умумий кўриниши 8.14-расмда келтирилган.

Шартли белгида кучайтиргичнинг киришлари, чиқиши ва манбага уланувчи мусбат ва манфий кутблар кўрсатилади. ОУ кириши инвертловчи ва оддий бўлиши мумкин. Бунда инвертлаш деганда, сигнал фазасини  $180^\circ$  га ўзгартириш тушунилади.



8.15-расм. Операцион кучайтиргичнинг шартли белгилари.

Айрим белгилашларда инвертловчи кириш манфий, инвертламайдига кириш мусбат ишора билан белгиланса (8.14-а расм), аксарият чет эл стандартларида инвертловчи киришни доира билан ажратиб кўрсатиш қабул қилинган (8.15- а расм). Сўнгги йилларда ОК лар ҳам рақамли техника элементларининг шартли белгиларига ўхшаб белгиланмоқда 8.15- б расм.



## 8.8. Микросхемалар

Микросхемаларнинг яратилиши инглиз радиотехниги Жеффри Даммер номи билан боғлиқ. У 1952 йилда битта ярим ўтказгич кристаллида бир неча электрон компоненталарни жойлаштириш мумкинлигини назарий асослади. Лекин шу даврдаги технология бунга қодир эмас эди. Яъни кристалл ичида электрон компонентларни ўзаро жойлаштириш, уларни электр изоляциялаш ва уларга электр контактларни улаш масалалари ҳал этилмаган эди. Фақатгина 1958 йилга келиб, бу уч асосий муаммо ҳал этилиб интеграл микросхемалар ишлаб чиқарила бошланди.

Изоҳ. Электроникада электрон компонент атамаси кенг тарқалган. Бунда компонент деганда бирор функцияни бажарувчи электрон элемент назарда тутилади.

Микросхема атамаси кейинги пайтларда интеграл микросхема маъносини беради, чунки ҳар қандай микросхема ичида маълум миқдордаги электрон компоненталар мужассамлашган. Микросхемаларнинг интеграция кўрсаткичи (микросхема таркибидаги элементлар миқдори) унинг мураккаблик даражаси ва имкониятларини белгиловчи асосий кўрсаткич ҳисобланади. Интеграция кўрсаткичи микросхема таркибидаги элементлар сони билан аниқланади ва қуйидаги турларга бўлинади:

кичик интеграл схемалар - 100 тагача элемент;

ўрта интеграл схемалар – 1000 тага элемент;

катта интеграл схемалар – 10 000 тагача элемент;

ўта катта интеграл схемалар – 1млн. тагача элемент;

ультра катта интеграл схемалар – 1млрд. тагача элемент;

гигоинтеграл (ёки гигокатта) схемалар – 1млрд. дан ортиқ элемент.

Шунингдек, микросхемалар тайёрланиш технологиялари ва асосий материалларнинг турларига қараб ҳам фарқланади. Бунда асосан уч хил технология мавжуд:

ярим ўтказгичли микросхемалар-барча элементлар ва элементлараро боғланишлар битта ярим ўтказгич кристалл ичида жойлашган бўлади. Микросхемалар тайёрлашда асосан, германий, кремний ва арсенид-галлий кристаллари ишлатилади;

плёнкали микросхема-барча элементлар ва улар орасидаги боғланишлар плёнка қатламда бўлиб, бу плёнklar юпқа ва қалин турларга бўлинади. Шунга қараб, юпқа қатламли ва қалин қатламли интеграл схемалар деб юритилади;

гибрид микросхемалар-таркибида ярим ўтказгич кристаллардан ташқари алоҳида диодлар, транзисторлар ва бошқа электрон компоненталар ҳам бўлиши мумкин. Бунда алоҳида компоненталарнинг корпуслари бўлмайди, фақат кристалл структуралари бўлади.

Микросхемалар қандай сигналларда ишлашига қараб аналогли, рақамли ва аналог рақамли турларга бўлинади. Аналогли сигналлар асосида ишловчи микросхемаларнинг кириш ва чиқиш сигналлари вақт давомида узлуксиз функция кўринишида бўлади. Рақамли микросхемаларда сигналлар мантиқий “0” ва мантиқий “1” кўринишида бўлиб, бу мантиқий сигналга кучланишнинг маълум диапазонлари мос келади. Масалан, 5 В кучланишда ишловчи, транзистор асосида тузилган микросхема, 0 дан бошлаб 0,4 В гача қийматдаги кучланишни “0” деб, 2,4В дан бошлаб 5В гача қийматдаги кучланишни “1” деб қабул қилади.

Айрим микросхемалар аналогли ва рақамли микросхемалар ва қурилмалар орасида воситачилик вазифасини бажаради. Бундай қурилмалар аналог-рақамли ва рақам-аналогли микросхемалар дейилади. Улар номланишига қараб рақамли сигнал аналогли сигналга ва аксинча, аналогли сигнални рақамли сигналга айлантиради.

Интеграл микросхемалар тугалланган, ягона корпусда мужассамлашган, маълум мураккаблик даражасидаги электрон қурилма бўлиб, айрим ҳолларда улар бирор мустақил электрон қурилма даражасида бўлиши ҳам мумкин. Рақамли қурилмаларда бундай микросхемаларни кўп учратамиз, масалан, калькуляторлар, микрокомпьютерлар шулар жумласидандир.

Изоҳ. Микросхемаларнинг тараққиёти компьютерлар ривожланиш босқичларида яққол намоён бўлади. Дастлабки (1980-90- йилларда) мантиқий қурилмалар асосидаги компьютерлар ўрнини, кейинчалик (1990-2000-йиллар) юқори интеграцияли микросхемалар асосида микропроцессорли компьютерлар эгаллади. Микропроцессорли компьютерларнинг яратилиш босқичларида “микрокомпьютер” “микро ЭВМ” атамалари мавжуд эди. Кейинчалик, микропроцессорларнинг тезкор тараққиёти натижасида бу атамалар ўз кучини йўқотди.

Микросхемалар асосидаги электрон қурилмалар аналогли ёки рақамли сигналлар билан ишловчи қуйидаги турларга бўлинади:

**Аналогли микросхемалар:**

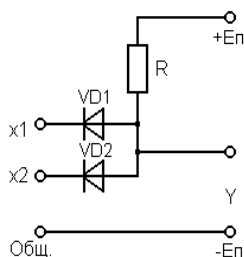
операцион кучайтиргичлар;

сигнал генераторлари;

сигнал филътрлари;  
 аналогли кўпайтиргичлар;  
 бошқарилувчи кучайтиргич ва аттенюаторлар (сўндирувчи курилма);  
 стабилизаторлар;  
 импульсли ток манбаларининг бошқарув схемалари;  
 сигнал ўзгартиргичлар;  
 синхронизация схемалари;  
 турли катталикларнинг сезгир элементлари (датчиклар).

### **Рақамли схемалар:**

мантиқий элементлар;  
 триггерлар;  
 ҳисоблагичлар;  
 регистрлар;  
 буфер ўзгартиргичлар;  
 хотира элементлари;  
 шифраторлар;  
 дешифраторлар;  
 микроконтроллёрлар;  
 микропроцессорлар;  
 программалашган мантиқий интеграл схемалар.

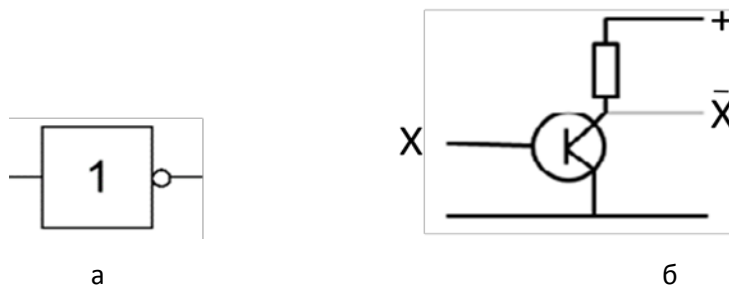


## **8.9. Мантиқий элементлар**

### **Мантиқий сигнал ва мантиқий элементлар.**

Рақамли электрон курилмаларнинг асосий афзалликларидан бири шундаки, рақамли сигнал фақат иккита қиймат қабул қилади, мантиқий “0” ва мантиқий “1”. Мантиқий “0” ва “1” берилган сигнални бирор, аввалдан маълум бўлган катталик билан солиштириш натижасига қараб ҳосил қилинади. Соддароқ қилиб айтган мантиқий “0” сигнал “йўқ” ҳолатни, мантиқий “1” эса сигнал бор ҳолатни ифодалайди. Бу мантиқий сигналлар устида ҳам арифметик амаллар бажариш мумкин. Мантиқий амаллар қўшиш, кўпайтириш ва инкор дан иборат.

**Инкор операцияси**, “йўқ” ёки инверсия деб ҳам аталади, ўз маъносига кўра инкорни билдиради. Мантикий “1” сигналининг инкори мантикий “0” ва аксинча. Агар  $X$  мантикий сигнал бўлса, унинг инкори  $\bar{X}$  каби белгиланади.



8.16-расм. Инкор операциясининг шартли белгис (а) ва унинг транзисторли схемаси(б)

Инкор операциясини бажарувчи қурилмани биполяр транзистор ёрдамида ҳосил қилиш мумкин. Бунда транзисторнинг калит хусусияти ишлатилади. Инкор операциясини бажариш аксарият микросхемалар таркибида мавжуд бўлади. Масалан, амалда энг кенг тарқалган К561ЛН2 микросхемасини олайлик. Унда инкор операциясини бажарувчи 6 та алохида канали мавжуд, 8.17-расм.



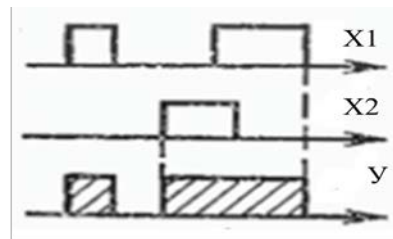
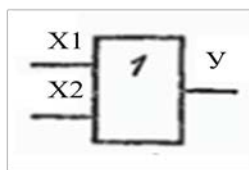
8.17-расм. К561ЛН2 микросхемада мантикий инкор операцияси. 1, 3, 5, 9, 11 и 13 – мос ҳолда 1-6 кириш; 2, 4, 6, 8, 10 и 12 – мантикий чиқишлар.

**Мантикий қўшиш операцияси (Дизъюнкция).** Дизъюнкция “ЁКИ” операцияси деб юритилади. Агар  $X_1$  ва  $X_2$  мантикий сигналлар бўлиб,  $У$  мантикий операцияларнинг натижаси бўлса, мантикий қўшиш учун қуйидаги



хақиқийлик жадвали деб аталувчи жадвал ўринлидир 8.17- а расм. Кўриниб турибдики, мантиқий қўшиш алгебраик қўшиш билан деярли мос келади.

X1	X2	Y
0	1	1
1	0	1
1	1	1
0	0	0



а

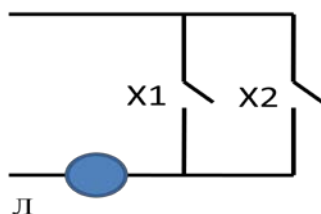
б

в

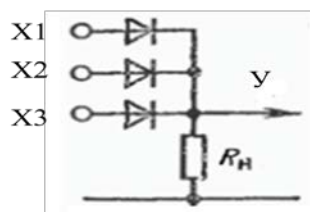
8.17-расм. Мантиқий қўшиш операцияси.

а- қўшиш жадвали, б-мантиқий қўшишнинг шартли белгиси, в-қўшилувчи ва йиғинди сигналнинг вақт диаграммаси.

Мантиқий қўшишда натижа “1” бўлиши учун қўшилувчилардан бирортасининг “1” бўлиши етарлидир. Бундай амални бажарувчи электрон схема яратиш учун вақт диаграмма муҳим аҳамиятга эга. Диаграммдан кўриниб турибдики, кириш каналларидан бирортасида сигнал бўлган пайтда чиқиш “1” бўлади. Бундай схемани яратиш қийинчилик туғдирмайди. Қўшиш схемасини калитлар ёрдамида ҳам ҳосил қилиш мумкин 8.18 а расм.



а

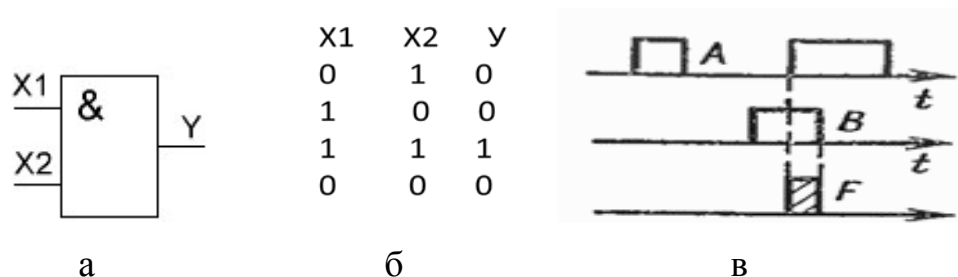


б

8.18-расм. Мантиқий қўшиш операциясининг калит ва диодли схемалари.

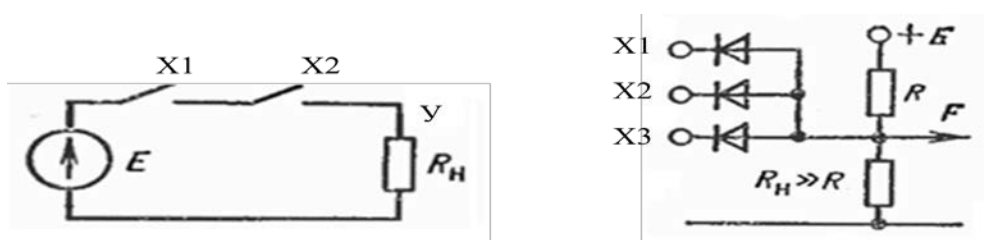
Лампанинг ёниқ ҳолатини “1” деб қабул қилсак, X1 ва X2 калитлардан бирортасининг уланиши “1” натижани беради. 8.18- б расмда ҳам худди шунга ўхшаш натижага эга бўламиз. Бунда X1, X2 ва X3 киришларнинг бирортасида кўрсатилган йўналишда ток ўтса, схема чиқишида “1” га эга бўламиз.

**Мантиқий кўпайтириш (конъюнкция).** Мантиқий кўпайтириш “ВА” операцияси ҳам дейилади. Операциянинг шартли белгиси 8.19- расмда кўрсатилган. Агар иккита X1 ва X2 мантиқий сигналларнинг кўпайтмасини Y орқали ифодаласак, X1 ва X2 кўпайтувчиларнинг қийматларига қараб кўпайтма мантиқий “0” ёки “1” қийматларни қабул қилади 8.19- б расм.



8.19-расм. Мантикий кўпайтириш операцияси шартли белгиси (а), ҳақиқийлик жадвали (б) ва вақт диаграммаси.

Кўпайтма фақатгина барча кўпайтувчилар “1” бўлган пайтдагина мантикий “1” га тенг бўлади. Бу вақт диаграммадан ҳам кўриниб турибди.



8.20- расм. Мантикий кўпайтириш операциясини бажарувчи калитли ва диодли схема.

Қуйида мантикий алгебранинг асосий хоссалари ва айниятлар келтирилган. Ушбу айниятлар рақамли электрон техникаларни яратишда математик асослар бўлиб хизмат қилади.

### Мантикий алгебранинг асосий муносабатлари

$x + 0 = x;$	$x \cdot 1 = x;$
$x + 1 = 1;$	$x \cdot 0 = 0;$
$x + x = x;$	$x \cdot x = x;$
$x + \bar{x} = 1;$	$x \cdot \bar{x} = 0;$
$\overline{\overline{x}} = x;$	$x \cdot y = y \cdot x;$
$x + y = y + x;$	$x \cdot (x + y) = x;$
$x + x \cdot y = x;$	
$x + (y + z) = (x + y) + z;$	$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z;$
$x + y \cdot z = (x + y) \cdot (x + z);$	$x \cdot (y \cdot z) = x \cdot y + x \cdot z$
$x \cdot y = x \cdot y;$	$x \text{ g } y = x + y;$ (де Моргана теоремаси)
$(x + y) \cdot (x + y) = y$	$x \text{ g } y + x \text{ g } y = y$

## 8.10. Рақамли техника элементлари

Электрон қурилмаларнинг тезлигини ортиши рақамли электрон технологияларни яратилишига олиб келди. Рақамли технология (Digital technology) сигналларни дискрет кўринишда тасвирлашга асосланади. Узлуксиз спектрга эга аналогли сигналлар рақамли кўринишда стандарт импульсларнинг сонига айлантирилади. Сигнал амплитудасининг ўзгариши импульслар сони ўзгариши билан ифодаланади. Бунда импульсларнинг қисқалиги ва уларнинг вақт бирлигидаги сони рақамли техника имкониятларини белгилайди.

Рақамли электрон қурилмаларнинг афзалликлари ва уларнинг имкониятларини бугунги кунда тушунтириб ўтиришга ҳожат йўқ. Рақамли қурилмалар, худди электр энергияси каби инсоният турмуш тарзига тобора чуқурроқ кириб бормоқда. Улар ҳаётимизнинг ажралмас қисмига айланиб улгурди.



8.21. кундалик эҳтиёжимизга айланган рақамли техника қурилмалари.

Бу қурилмаларнинг ишлаш принципларини қисман тасаввур этиш учун рақамли электрон техниканинг таянч элементлар бўлган айрим элементлар билан танишамиз.

**8.10.1.Триггерлар.** Триггер иккита мустаҳкам ҳолатга эга бўлган электрон қалитдир. У бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга, унинг киришига таъсир кўрсатиш орқали ўтади. Триггерлар мантиқий схемалар асосида ҳосил қилинади.

Рақамли техникада триггерларнинг ўрни бекиёс, улар асосида тўғри бурчакли импульслар ҳосил қилишнинг энг содда схемалари ва частота бўлиш схемалари қурилади, хотира элементлари, сумматорлар, импульс ҳисоблагичлар ва бошқа, рақамли техниканинг бир қатор қурилмалари яратилади.

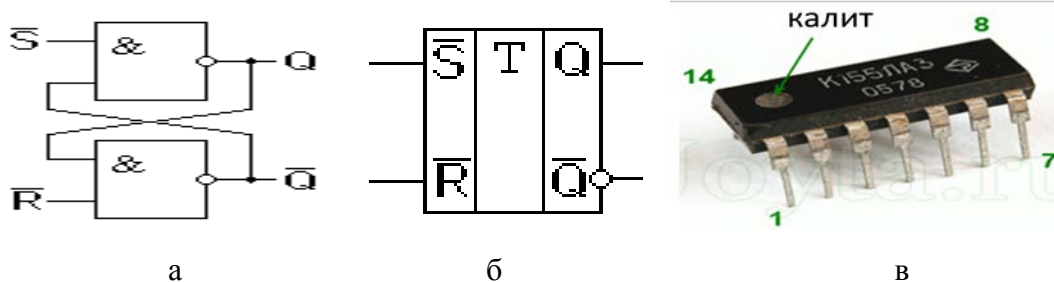
**RS триггер.** Ушбу триггер энг кенг тарқалган триггерлардан ҳисобланади. Унинг тузилиши ва ишлашини кўриб чиқамиз. Бу триггерни иккита R ва S киришлари ва иккита Q ҳамда  $\bar{Q}$  чиқишлари мавжуд. Q ва  $\bar{Q}$  чиқишлар бир-бирига нисбатан тескари (агар  $Q = 0$  бўлса,  $S=1$  ва аксинча), мос ҳолда тўғри ва тескари чиқишлар деб аталади. Триггер мантикий элементлар асосида шундай ҳосил қилинадики, унинг ишлашини қуйидаги ҳақиқийлик жадвали орқали кўрамиз 8.1- жадвал.

8.1-жадвал RS триггерни ҳақиқийлик жадвали

R	S	Q(t)	Q(t+1)	Триггернинг ҳолати
0	0	0	0	Маълумотни сақлаб туриш режими $R = S = 0$
0	0	1	1	
0	1	0	1	Триггерни “1” ҳолатга ўтиши $S=1$
0	1	1	1	
1	0	0	0	Триггерн “0” ҳолатга ўтиши $R=1$
1	0	1	0	
1	1	0	*	Тақиқланган ҳолат $R=S=1$
1	1	1	*	

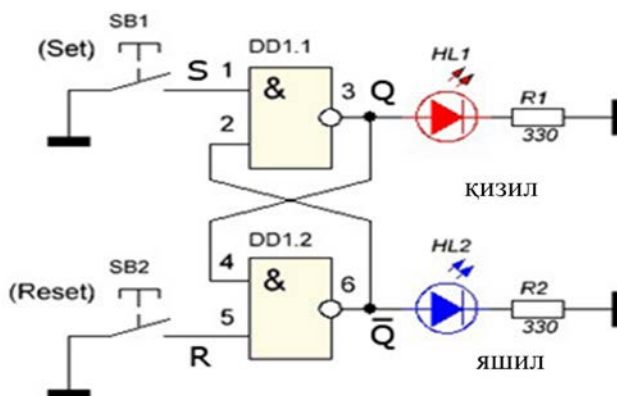
Жадвалдан кўриниб турибдики триггернинг R ва S киришларига сигнал берилмаса, у ўзининг ҳолатини сақлаб туради. Триггерни “1” ҳолатга ўтказиш учун унинг S киришига “1” сигнал бериш керак, триггерни “0” ҳолатга ўтказиш учун эса, унинг R киришига “1” сигнал бериш керак. Шу тариқа биз бошқарилувчи электрон калитга эга бўламиз. Бундай RS триггерни “2ЎКИ-ЙЎҚ” мантикий қуриламада ҳосил қилиш мумкин 8.22- а

расм. Триггернинг шартли белгиси б расмда келтирилган. Таркибида RS триггери бўлган энг кенг тарқалган микросхема К155 ЛА3 микросхемасидир.



8.22-расм RS триггернинг тузилиши, шартли белгиси

К155 ЛА3 микросхемси асосида триггер ҳосил қилиб, бирор схемага нисбатан қўллаб кўрамиз 8.23-расм.



8.23- расм. Триггерли калит.

Бунинг учун, микросхеманинг 14-контактини 5В кучланишли манбанинг “+” қутбига, микросхеманинг 7-контактини манбанинг “-“ қутбига улаймиз. Микросхеманинг 1- контактига SB1 тугмачали калитни, 5- контактига эса SB2 тугмачали калитни улаймиз. Ҳар икки калитнинг иккинчи контактларини манбанинг “-“ қутбига улаймиз. Микросхеманинг 3- контакти билан манбанинг “-“ қутблари орасига яшил светодиод, микросхеманинг 6-контакти билан манбанинг “-“ қутблари орасига қизил светодиод улаймиз. Схемани манбага улаймиз, яшил светодиод ёнди дейлик. SB1 (улаш) тугмачасини бир марта босамиз, яшил светодиод ўчиб, қизил светодиод ёнади.Энди SB1 тугмачани яна бир марта босамиз, триггернинг ҳолати ўзгармайди (яшил ўчган, қизил ёниқ), яъни триггер ўз ҳолатини сақлаб турибди. Энди триггерни “0” ҳолатга қайтариш учун (қизилни ўчириб

яшилни ёқиш) SB2 тугмачасини босиш зарур. Худди аввалгидек, SB2 тугмани қайта босиш система ҳолатини ўзгартирмайди. Шундай қилиб биз системани “1” ҳолатига ва “0” ҳолатига алоҳида калитлар орқали ўтамиз.

RS триггер синхрон ва асинхрон турларга бўлинади. Агар триггернинг ишлаши бирор ташқи сигнал синхронлашмаган бўлса, бундай триггер асинхрон триггер ҳисобланади. Демак кўриб ўтилган триггер асинхрон турга киради. Аксарият схемаларда қурилмаларнинг бир ҳолатда иккинчи ҳолатга ўтиши учун сигнал қабул қилиши маълум синхронлаштирувчи сигналнинг давомийлиги ичида содир бўлади. Айнан шу синхронлаштирувчи сигнал бўлмаса триггерлар R ва S киришларидаги сигналлардан қатъий назар ўз ҳолатини сақлаб туради. Ана шундай синронлаштирувчи сигнал асосида ишловчи триггер синхрон триггер деб аталади. Демак, синхрон триггерда яна битта “С” синхронизация кириши пайдо бўлади.

Энди триггер, унинг “С” каналида сигнал бўлган пайтдагина ўзини RS триггер каби тутуди, бошқа пайтларда у ҳолатини сақлайди, буни синхрон триггернинг ҳақиқийлик жадвалидан кўриш мумкин 8.2-жадвал.

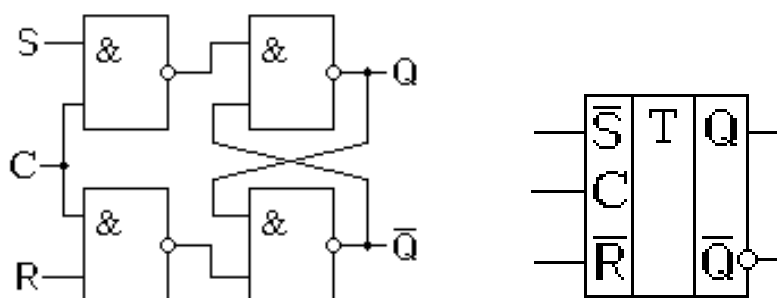
Синхрон триггерлар электрон қурилмаларнинг имкониятларини янада кенгайтиради.

8.2-жадвал

C	R	S	Q(t)	Q(t+1)	Триггер ҳолати
0	x	x	0	0	Сақлаш режими
0	x	x	1	1	
1	0	0	0	0	Сақлаш режими
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	S=1 ҳолатга ўтиш режими
1	0	1	1	1	
1	1	0	0	0	Триггерн “0” ҳолатга ўтиши R=1
1	1	0	1	0	
1	1	1	0	*	R=S=1 таъқиқланган ҳолат
1	1	1	1	*	

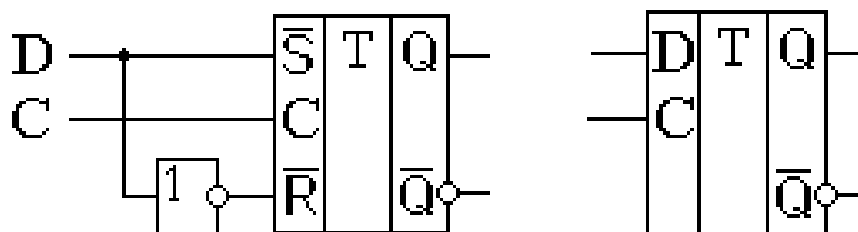


Синхрон триггернинг тузилиши ва шартли белгиси 8.24-расмда келтирилган



8.24-расм. Синхрон триггернинг тузилиши ва шартли белгиси.

**Д триггер.** (инглизча delay - кечикиш), RS триггерда мантикий “1” ва мантикий “0” ҳолатларни қабул қилиш учун алохида киришлар ишлатилади. Агар мантикий “1” ни ҳам, мантикий “0” ни ҳам маълумот сифатида қабул қилиб ёзиб бориш зарур бўлса, у ҳолда қириш битта бўлгани қулай. Шундай қилиб, синхрон RS триггерда R ва S киришларни бирлаштирадик, янги триггер ҳосил бўлади. Бу триггерни Д триггер деб аталади. Д триггерда сигнал кириши (D) ва синхронизация сигнали кириши (C) мавжуд бўлади.



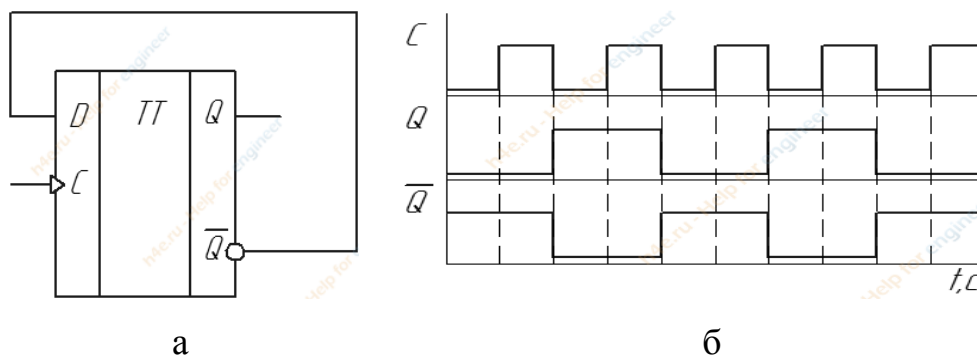
8.25-расм. Д триггер ва унинг шартли белгиси.

Д триггерлар айнан сақлаб туриш хусусиятига эгаллиги туфайли хотира элементлари ҳосил қилишда ишлатилади.

**Т триггер.** Агар Д триггернинг киришини унинг инверсияли чиқиши билан уласак, Т триггер ҳосил бўлади 8.26- а расм. Т триггер импульсларни санаш имкониятини беради, чунки унинг чиқиши киришга келган ҳар бир сигнал натижасида ўзгариб туради. Натижада Т триггернинг киришидаги

импульсларнинг сони унинг чиқишида 2 марта камаяди, кейинги триггерда яна шу ҳолатни такрорлаш натижасида санаш қурилмасини яратиш мумкин.

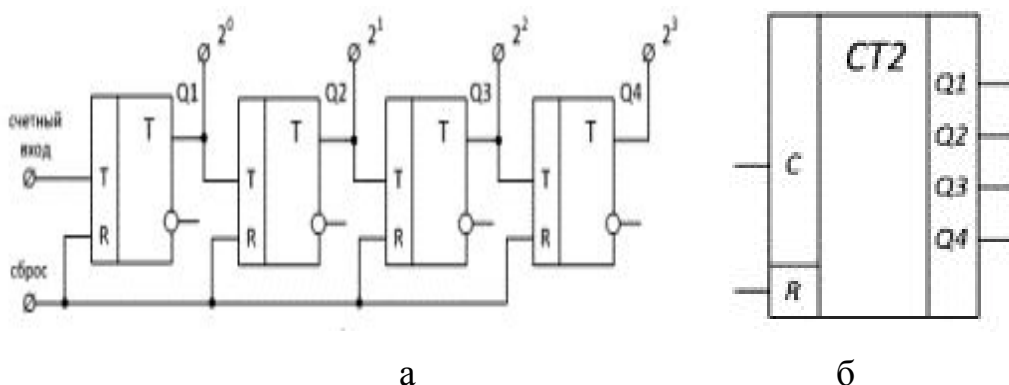
Импульслар кетма-кетлигини Т триггердан ўтгандан кейинги тўғри ва инверсли чиқишлардаги ҳолати 8.26-б расмда келтирилган.

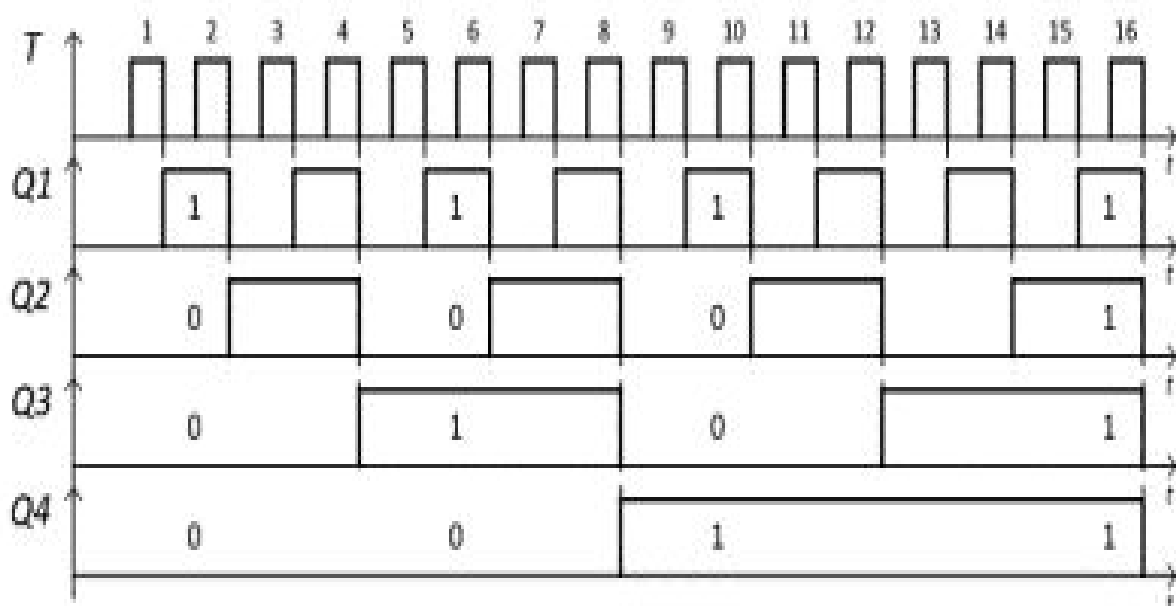


8. 26- расм. Т триггернинг шартли белгиси ва ундан импульснинг ўтиши.

Триггер импульснинг сўниш фронтида ишга тушади, 8.26 –б расмга қаранг. Биринчи импульснинг тугаш пайтида триггер чиқиши “0” дан “1” ҳолатга ўтади, иккинчи импульснинг тугаш пайтида триггер яна ҳолатини ўзгартиради “1” дан “0” ҳолатга ўтади. Натижада киришга 4 та импульс келса, чиқишда 2 та импульс ҳосил бўлади. Триггерлар сонини кўпайтириб санаш имкониятини ошириш мумкин.

Триггерлар асосида қурилган ҳисоблагичларнинг санаш имконияти, яъни ҳисоблагич санашини мумкин бўлган импульсларнинг максимал сони К триггерлар сони билан аниқланади  $K = 2^n$ , бу ерда n- триггерлар сони. Масалан, 8.27-расмда келтирилган 4 та триггердан ташкил топган ҳисоблагич 16 тагача импульсларни санаш имкониятини беради. Триггерлар сони ҳисоблагичнинг разряди деб аталади.

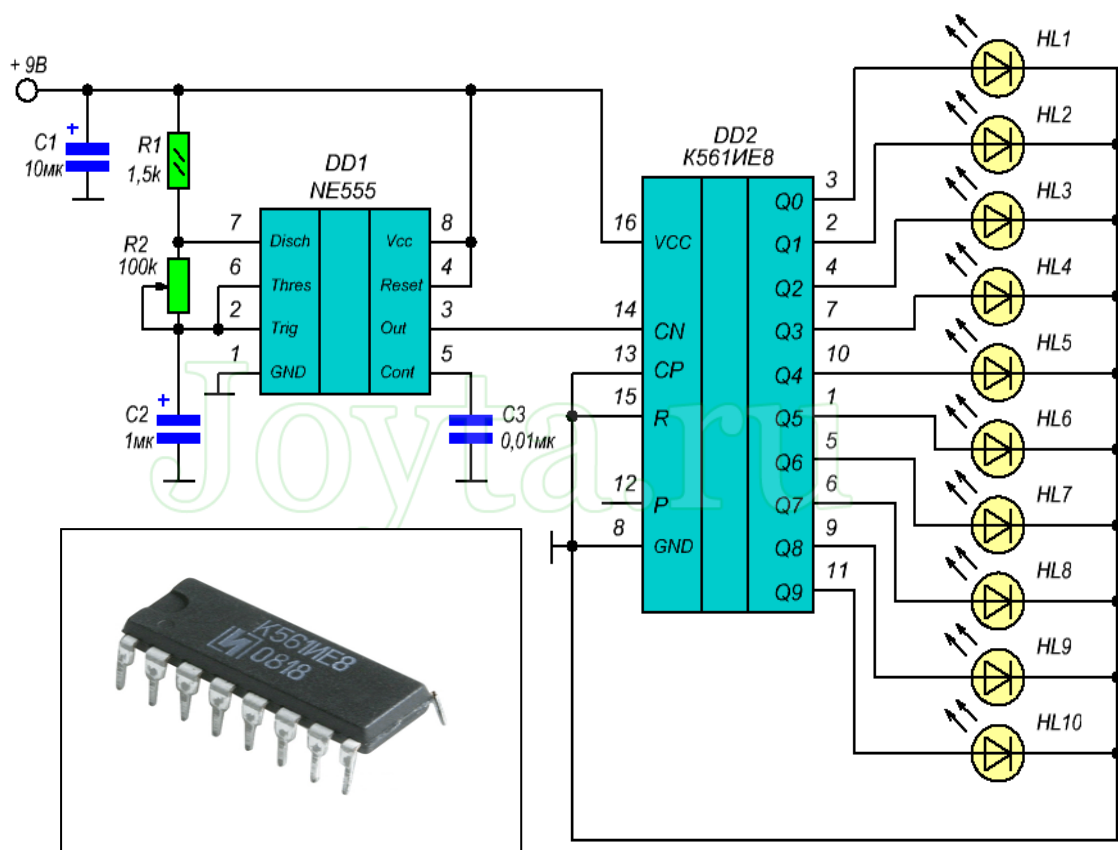




**В**

8.27-расм. Тўрт разрядли ҳисоблагич (а), унинг шартли белгиси (б), ва ҳисоблагич ишлашининг вақт диаграммаси (в).

Амалда микросхемалар таркибида бир неча ўнлаб триггерларни мужассамлаштирган ҳисоблагичлар бўлиши мумкин. Масалан, К561ИЕ8 микросхемаси (ёки CD4017) 15 разрядли ҳисоблагич ва дешифратор вазифасини бажаради 8.28- а расм. Бу микросхема ёрдамида 10 светодиодни “югурувчи олов” турида ёқувчи схема 8.28- б расмда келтирилган. Светодиодларнинг ёниш вақтларини NE555 таймер орқали берилади. Ҳисоблагич маълум импульслардан кейин тегишли светодиодларга сигнал беради, натижада светодиодлар белгиланган кетма-кетлик асосида ёниб ўчади. Ёниб ўчиш вақтини R2 потенциометр орқали бошқариш мумкин. Микросхемалар сонини кўпайтириб ёки разряди каттароқ бошқа микросхема ишлатиб бошқарилувчи светодиодлар сонини исталганча кўпайтириш мумкин. Биноларнинг четлари бўйлаб, йўллар узра ва бошқа жойларда бундай, маълум қонуният асосида ёки кетма-кет ёниб турувчи светодиодли чироқларни Сиз албатта кўп учратасиз.



а

б

8.28- расм. K561IE8 микросхема ва унинг асосидаги “югурувчи олов” схемаси.

**JK триггер.** Бу триггерни маълум маънода ҳисоблашни Т триггерга ўхшатиш мумкин. Фақат у киришда маълум ҳолатлар юзага келгандагина санайди. Ёки JK триггерни мукамаллаштирилган RS триггер деб қараш мумкин, яъни унда таъқиқланган ҳолат бўлмайди, буни унинг ҳақиқийлик жадвалидан кўриш мумкин, 8.3-жадвал

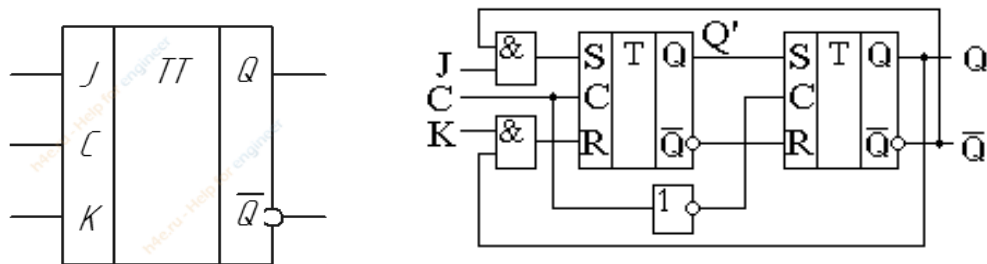
8.3- жадвал

С	К	Ј	Q(t)	Q(t+1)	
0	x	x	0	0	Сақлаш режими
0	x	x	1	1	
1	0	0	0	0	Сақлаш режими
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	“1” ҳолатга ўтиш режими J=1
1	0	1	1	1	
1	1	0	0	0	“0” ҳолатга ўтиш режими K=1
1	1	0	1	0	
1	1	1	0	1	K=J=1 триггернинг ҳисоблагич режими
1	1	1	1	0	



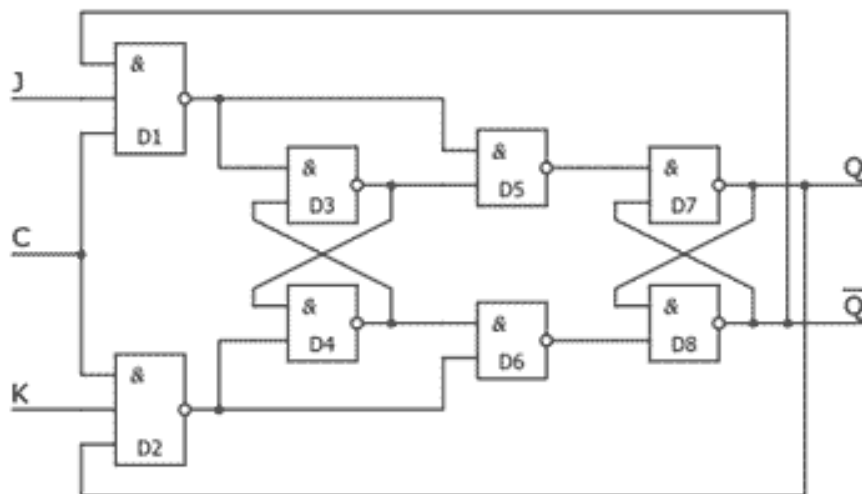
8.29-расм. Микроэлектроника ва дизайн.

Триггернинг шартли белгиси ва унинг структураси 8.30-расмда келтирилган. Триггер ҳисоблагич режимда ишлаши учун иккинчи RS триггернинг чиқиши биринчи RS триггернинг киришига уланган. Бу эса RS триггер учун мавжуд бўлган таъқиқланган ҳолатнинг JK триггерда бўлмаслигини таъминлайди. Шундай қилиб, J ва K киришларда мантиқий “1” бўлганда триггер ҳисоблагич режимда ишлайди.



8.30-расм. JK триггернинг шартли белгиси ва тузилиши.

JK триггернинг тўлиқ мантиқий схемаси 8.31- расмда келтирилган.



8.31-расм. JK триггернинг мантиқий схемаси.

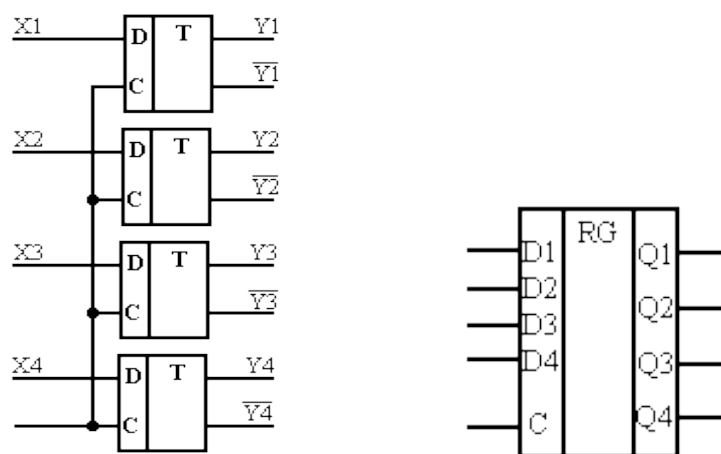
**8.10.2. Регистрлар.** Регистр аниқ миқдордаги ( $n$  рзрядли) иккилик сигналлар учун маълум жараёнларда ўзига хос хотира элементи вазифасини бажаради. Тузилишига кўра асосан Д триггерлар тўпламидан иборат бўлади. Хар бир регистр рақамли қурилмаларнинг маълум комбинацияларидан ташкил топиб, маълум ахборотлар устида қуйидаги операцияларни бажаради:

- ахборотни регистрга қабул қилиш;
- ахборотни регистрдан жўнатиш;
- регистрдаги ахборотни силжитиш;
- кетма-кет кодларни параллелга ва аксинча алмаштириш;
- регистрни бошланғич ҳолатга қайтариш.

Регистрлар йиғувчи (хотира регистри, сақлаш регистри) ва силжитувчи турларга бўлинади.

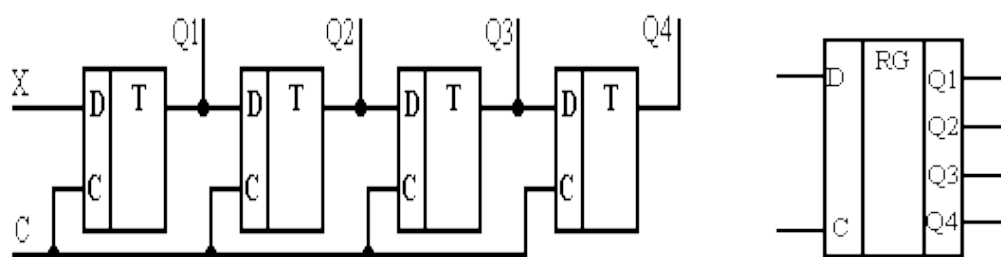
Регистрлар триггерлар асосида қурилади, шунинг учун  $n$  разрядли иккилик сонни сақловчи (қабул қилувчи, узатувчи) регистр  $n$  та триггердан иборат бўлади. 8.32-расмда тўртта Д триггер асосида қурилган параллел регистр кўрсатилган. Агар сигнал регистрнинг барча киришларига бир вақтда берилса, бундай регистр параллел регистр дейилади. С синхронизация каналига сигнал берилганда, барча триггерларнинг киришига берилган сигналлар сақланади (эслаб қолади), кейинги синхронизация импульси эса, яна синалларни ўзгартиради. Шундай қилиб, регистр информацияни янги синхрон импульсгача сақлаб туради. Синхронизация импульси барча триггерларга бир вақтда берилади. Бундай регистрлар асосида оператив хотиралар қурилади.





8.32-расм. Д триггерлар асосида қурилган параллел регистр ва унинг шартли белгиси.

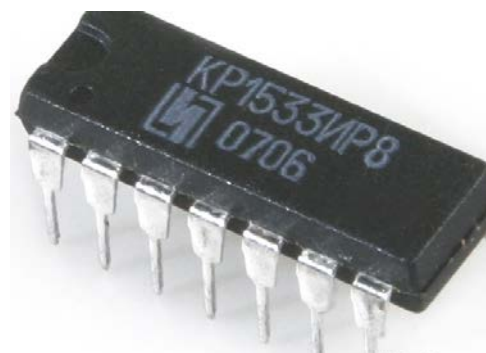
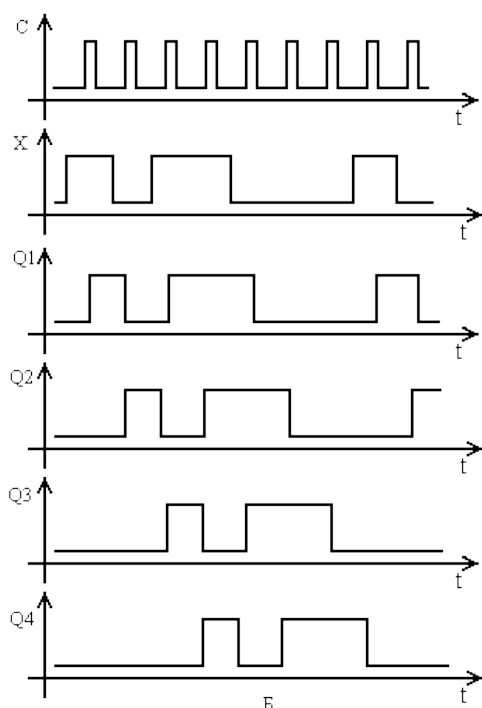
Кетма-кет регистрда эса сигнал навбати билан триггерлардан ўтиб боради. Триггернинг ишга тушиши бунда ҳам С каналнинг синхронизация импульси орқали бошқарилади. Кетма-кет регистрнинг схемаси 8.33- расмда кўрсатилган. Бошқариш импульси келиши билан, биринчи триггер ўзининг киришидаги сигнални эслаб қолади (0 ёки 1).



8.33-расм. Д триггерларда қурилган кетма-кет регистр ва унинг шартли белгиси.

Кейинги триггерлар ҳам шу тарзда ишлайди. Натижада синхрон импульснинг келиши триггерлар ҳолатини разряд бўйлаб кўриб боради. Яъни биринчи триггернинг ҳолати кейинги синхрон импульс таъсирида навбатдаги триггерга кўчади. Натижада n та синхрон импульс шунча разряд ҳосил қилади. Бу 8.34-расмдаги диаграммадан яққол кўринади. Тўрт разрядли 1011 сони тўртта синхрон импульс келиши билан ҳосил қилинади.

Барча триггерларнинг ҳолати (1-Q4, 0-Q3, 1-Q2, 1-Q1) кейинги синхрон импульс келгунча сақланади.



8.34-расм. Синхрон импульсга мос ҳолда триггерларнинг ҳолатлари ўзгариши ва 8 разрядли кетма-кет регистр вазифасини бажарувчи KP153IP3 микросхемаси.

Бундай кетма-кет триггерлар асосидаги регистр KP153IP8 микросхемасида мавжуд.

**8.10.3. Хотира элементлари.** Электрон технологияларда хотира элементини ҳосил қилиш, хотиранинг хажмини кенгайтириш жуда муҳим аҳамиятга эга. Хотира маълумотни сақлаш демакдир. Хотира ҳосил бўлиши учун маълумот хотира элементига ёзилиши, унда сақланиши маълум тарзда мурожаат қилинганда қайта тикланиши зарур. Умумий ҳолда олиб қаралганда хотира элементи жуда кенг маънолидир. Инсон кашф қилган биринчи хотира элементи ёзувдир. Бу хотирада маълумот сақланиши сифати яхши, лекин маълумотни ёзиш мураккаб жараён (қўлда ёзиш, типография ва ҳоказолар). Кейинчалик фотография, пластинкаларга овоз ёзиш пайдо бўлди. Электрониканинг тараққиёти магнит ленталарга овоз ва тасвирларни ёзиш имкониятларини яратди. Рақамли техника тараққиёти эса бу ёзувларни диск ва бошқа ярим ўтказгичли қаттиқ карталарга ёзишни яратди. Қайд этилган хотира элементларида маълумотни сақлаш сифати идел бўлиб, уни ёзиш ва қайта тиклаш жараёни мураккабдир. Инсон мияси ҳам хотира элементи

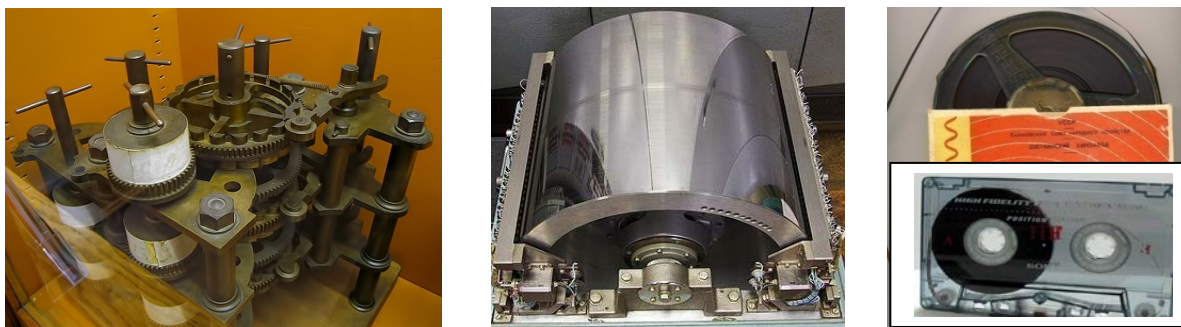
ҳисобланади, унинг техник тизимлар орқали ҳосил қилиб бўлмайдиган абсолют афзаллиги ва ўзига яраша камчиликлари бор. Миянинг хотира элементи сифатидаги афзаллиги шундаки, унда информацияни қайта тиклаш тезлиги катта ва ҳеч қандай воситаларсиз амалга ошади. Лекин, асосий камчилиги сақлаш сифатининг пастлигидир. Яъни эслаб қолинган ҳамма маълумотлар ҳам қайта тикланавермайди. Аксарияти, унга мурожаат қилиб турилмаса ўчиб кетади. Биз буни эсдан чиқариш деймиз. Лекин электрон технологиялар қанчалик тараққий этмасин, инсон мияси сингари маълумотни бевосита (бир зумда, қидирмасдан) тиклаш тизимини яратиш бўлмайди. Ҳар қандай мукамал техник хотира тизими ҳам унга мурожаат қилинганда, керакли маълумотни қидириш тизимига эга бўлади.

Замонавий, тезкор электрон хотира тизимлари рақамли қурилмалар асосида ишлайди. Юқорида қайд этилганидек, триггерлар бунда бош ролни ўйнайди.

Бугунги кунда кўплаб рақамли техника қурилмаларининг хотира элементлари мавжудлигини яхши биламиз, ҳатто хотира ҳажми ҳақида ҳам тушунчаларга эгамиз. Айнан шу хотираларни ҳосил қилувчи стандарт электрон қурилмалар мавжуд. Улар хотира элементлари деб аталади. Хотира элементлари икки турга бўлинади: операцион хотира ва доимий хотира. Операцион хотиранинг ҳажми нисбатан кичик бўлиб, у маълумотларни фақат қайта ишлаш жараёнидагина сақлаб туради ва кейин (масалан тегишли операциялар бажарилгач) ўчиради. Доимий хотирада эса маълумотлар узок вақт сақланиб туради.

Биринчи хотира элементи 1834 йилда инглиз инженери Чарльз Беббидж томонидан яратилган. Бу механик тизимли ҳисоблаш машинаси бўлиб, унда математик информациялар устида амаллар бажариш ва маълумотни сақлаш мумкин эди 8.35- а расм. Кейинчалик магнит барабанли хотира элементлари яратилди 8.35- б расм. Технологияларнинг ривожланиши натижасида магнитли хотира элементлари такомиллаиб бориб, ҳаммамизга яхши таниш бўлган магнит ленталари яратилди, 8.35 в расм. Магнит ленталари узок

йиллар маълумотларни ёзиш сақлаш ва қайта тиклашнинг асосий элементи бўлиб хизмат қилиб келди.



8.35-расм. Механик системали (а), магнит барабанли (б) ва магнит лентали (в) хотира элементлари.

Рақамли электрон қурилмаларнинг тарақиёти хотира элементларини ҳам рақамли қурилмалар асосида яратиш имкониятини берди. Натижада хотира элементларининг асосий кўрсаткичлари (хотиранинг ҳажми, маълумотларни ёзиш ва қайти тиклаш тезлиги) сўнгги йилларда мислсиз даража ўсиб борди. Бунда магнетизм соҳасидаги янгиликлар, айниқса гигант магнитик қаршиликнинг яратилиши<sup>3</sup> муҳим роль ўйнади.



8.36- расм. Рақамли хотира элементларининг турлари (а), компьютернинг хотираси- каттиқ диски б), ташқи хотира элементлари-флешкалар (в)

Хотиранинг электрон элементлари (компонентлари) бугунги кунда жуда кенг турларда ишлаб чиқарилади. Янги авлод электрон қурилмаларда

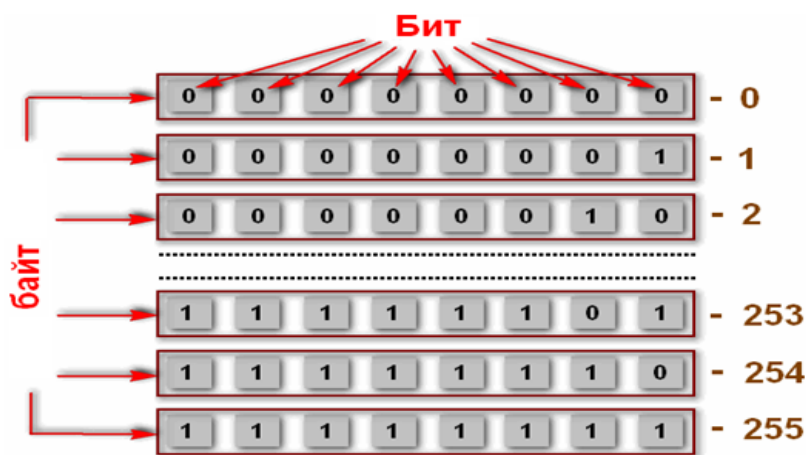
<sup>3</sup> [window.edu.ru/resource/222/21222/files/0402\\_092.pdf](http://window.edu.ru/resource/222/21222/files/0402_092.pdf)

SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory - ихтиёрий киришли синхрон динамик хотира) кейинчалик эса унинг тезкор варианты DDR (Double Data Rate –иккиланган тезликда узатиш) тизимлари яратилди.

Информацион технологиялар соҳасида кенг амалиётга кириб келган хотира элементлари ҳаммамизга яхши таниш 8.36- а расм. Булар компьютерларнинг қаттиқ дисклари (б расм), турли кўринишдаги ва ҳажмдаги ташқи хотира элементлари –флешкалардир (в расм).

Флешка инглизча flash (лаҳза, бир зум маъносини билдиради) сўзидан олинган, информацион технологиялар соҳасида маълумот йиғувчи маъносига айланиб кенг истъеъмолга кириб кетган.

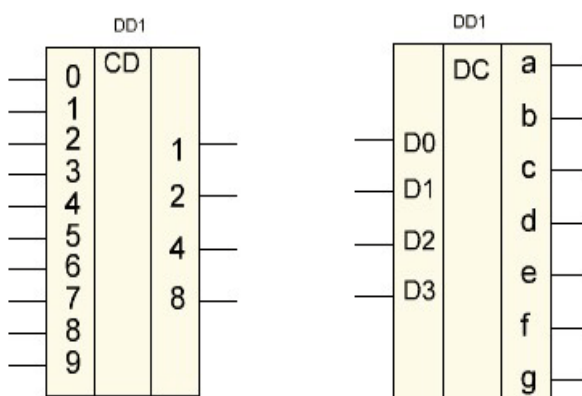
Хотир элементлари рақамли сигналлар асосида ишлагани учун хотиранинг ҳажми ҳам сигналларни рақамли кўринишда ифодалаш хусусиятларидан келиб чиқади. Информатика фанидан маълумки, информациянинг энгкичик ўлчами “бит” бўлиб у “0” ёки “1” қийматларни қабул қилади. Шунинг учун бу сигнални биз бинар сигнал деб атаيمиз. Компьютер, ёки бошқа рақали қурилманинг битга операция давомида бажарадиган “бит” лари миқдори “байт” (byte) деб аталади. 1“байт” 8 “бит”га тенг. Шунинг учун 1 байт  $2^8=256$ . Демак хотиранинг 1 байт =ажмига 0 дан 256 гача бўлган ихтиёрий сонни ёзиш мумкин. Иккилик санок системасида бу ёзувнинг комбинациялари 8.37-расмда келтирилган.



8.37- расм. Маълумотларни иккилик санок системасида ифодалаш ва хотира ҳажмининг ҳосил бўлиши.

**8.10.4. Шифраторлар ва дешифраторлар.** Шифратор (радиоэлектроникада “кодер” дейилади) маълумотларни бир санок системасидан бошқа санок системасига айлантириб берувчи қурилмадир. Бошқача айтганда шифратор гўёки “таржимон”дир. Шифратор с маълумотларни иккилик санок системасига айлантириш учун хизмат қилади. Унинг шартли белгиси 8.38- а расмда кўрсатилган. Шифратор киришидаги ҳар бир сигналга унинг чиқишида маълум комбинация мос келади.

Шифраторлар рақамли қурилмаларнинг асосий элементларидан бирини ташкил қилади. Масалан компьютерларнинг клавиатуралари, микрокалькуляторлар билан ишлаганимизда биз ёнли системадаги маълумотлар орқали уларга муружаат қиламиз, қурилманинг шифраторлари бу маълумотларни иккилик системага айлантириб қабул қилади.



8.38- расм. Шифратор (а) ва дешифратор (б).

Дешифраторлар эса 8.38- б расм, шифраторга тескари бўлиб, иккилик сигналларнинг комбинацияларини ўлик системага айлантириб беради. Шунинг учун уларнинг тузилиши ҳам бир-бирини тескарисига ифодалайди.

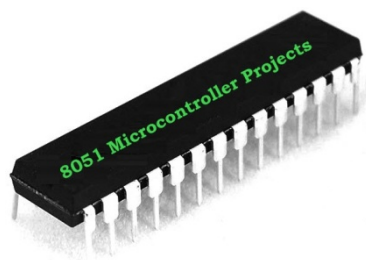
**8.10.5. Микроконтроллёрлар.** Ўтган асрнинг 70-йилларидан бошлаб саноатга микропроцессорлар билан бир вақтда микроконтроллёрлар ҳам кириб кела бошлади. Микроконтроллер ҳам аслида микросхема бўлиб у бирор бир аниқ дастурланган вазифани бажаришга қаратилган. Бунда унинг вазифаси маълум кетма-кетликлардан иборат сигналларни режалаштирилган тарзда тартибга солиб, бошқариб туришдан иборат бўлади. Яъни



микроконтроллёр электрон қурилмаларнинг ишини бошқариб турувчи элементдир. Шунинг учун микроконтроллёрларни автоматлаштирилган қурилма дейиш мумкин.

Тузилиши жиҳатидан микроконтроллёр ўзида процессорни, оператив ва доимий хотирани бирлаштиради. Аниқ вазифани бажаришга қаратилганлиги боис микроконтроллёрлар ишлаб чиқаришда процессордан кўра кенгрок ўринни эгаллайди ва уларни ишлаб чиқариш ҳажми тинимсиз ортиб бормоқда. Саноатда асосан 32 битли, 16 битли ва 8 битли микроконтроллёрлар ишлаб чиқарилади. Улар турли хил автоматик тизимларнинг, станокларнинг, уй-рўзғор электр буюмларининг, электрон ўйинларнинг ва бошқа кўплаб электрон жиҳозларнинг асосий элементларидан бири ҳисобланади.

Дастлабки микроконтроллёрнинг яратилиши 1971 йилда америкалик инженерлар М. Кочрену ва Г. Бунулар томонидан микроЭХМ нинг яратилиши билан боғлиқ. Чунки бу микро ЭХМ битта микросхеманинг ичида процессор ва хотира элементларини жойлаштириб ҳосил қилинган эди. Шундан кейин битта микросхемани ичида хотира ва процессорни йиғиш ва унга маълумотларни киритиш имконияти яратилди. Бу эса, процессорлар ва микропроцессорлар ишини бошқаришнинг имкониятларини ишлаб чиқариш жараёнларидаги бошқарув тизимларига қўллашни кенг авж олиб кетишига олиб келди. 1976 йилда Intel фирмаси [i8048](#) типли микроконтроллёрни серияли ишлаб чиқара бошлади, 1978 йилда Motorola фирмаси ўзининг MC6800 микропроцессори асосида MC6801 микроконтроллёрини ишлаб чиқаришга қўйди.



8.39-расм. Intel фирмасининг [8051](#) типли микроконтроллёри.

1980 йилда ишлаб чиқаришга қўйилган i8051 микроконтроллери айниқса жуда кенг амалий тадбиқ топди. Унда битта кристалл ичида 28000 транзисторнинг имкониятлари мужассамлаштирилган. Кейинги йилларда шу турдаги микроконтроллёрларнинг 200 дан ортиқ турли моделлари яратилди ва кенг ишлаб чиқарилмоқда.

Сўнгги йилларда микроконтроллёрлар ишлаб чиқарувчилар орасидаги рақибатда микроконтроллёрларнинг тезлиги эмас, асосан уларнинг нархи бош мезонга айланиб бормоқда. Чунки микроконтроллёрларнинг кичикрок тезликдаги вариантларининг имкониятлари ҳам саноатда мавжуд бўлган электрон қурилмалар учун етарлидир.

### **Таянч иборалар**

Анод, катод, тўр, антидинатрон эффект, термоэмисси, накал, валентлик, ўтказувчанлик, донор аралашма, акцептор аралашма, вентил хусусият, варикап, стаблитрон, тиристор, динистор, транзистор, рақамли сигнал, рақамли қурилма, рақамли техника, волновод, световод, оптик тола, матрица, триггер, шифратор, дешифратор, хотира элементи, магнит ёзув, оптик ёзув, лазер, мазер, микротўлқин, оптик хотира .

### **Синов саволлари**

- 1.Термоэлектрон эмиссия нима?
2. Катод ва аноднинг вазифалари.
3. Вакуумдан қандай қилиб электр токи ўтади.
4. Нима учун хавони қиздирилса ундан ток ўтиши яхшиланади?
5. Электровакуум лампаларнинг ишлаш принципиэ
6. Металлардаги ўтказувчанлик қандай ҳосил бўлади?
- 7.Ярим ўтказгич нима, нима учун ярим ўтказгич деб аталади?
- 8.Мусбат ва манфий ўтказувчанликлар қандай ҳосил қилинади?
- 9.Диоднинг турлари ва уларнинг қўлланилиш соҳалари.
- 10.Транзистор нима ва нима мақсадларда ишлатилади?
- 11.Тиристор ва динисторларнинг автоматик тизимларда ишлатилиши.

12. Микросхемалардаги интеграция даражалари.
13. Иккилик сигнал ва уни ҳосил қилиш.
14. Рақамли қурилма нима? Қандай тизимда ишлайди?
15. Оптик тола нима, қандай турлари мавжуд?
16. Рақамли техниканинг афзалликлари нимада ва улар ниманинг ҳисобига содир бўлади?
17. WWW –жаҳон ўргимчак тўри тузилишида оптик толанинг ўрни.
18. ПЗС матрица нима, қандай ишлайди?
19. Рақамли маълумотлар ёзишнинг замонавий усуллари ва воситалари.