# O’zbekiston Respublikasi

**Navoiy kon metallurgiya kombinati**

**Navoiy davlat konchilik instituti**

"**Elektrotexnika va elektronika"**

**fanidan tajriba ishlarini bajarish bo’yicha**

###### USLUBIY KO’RSATMA

5311000 “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv” ta’lim yunalishi talabalri uchun

**Navoiy - 2015 yil.**

“**Elektrotexnika va elektronika** ” fanidan tajriba mashg’ulotlar bajarish uchun 5311000 “Texnoligik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv” yunalishlari buyicha ta’lim olayotgan talabalar uchun muljallangan.

**1TAJRIBA ISHI**

**O`ZGARMAS TOK ZANJIRLARIDA BAJARILADIGAN**

**O`LCHASHLAR**

1. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemasini yig`ishni o`rganish (ketma-ket, parallel va aralash ulash)

2. Turli ulash sxemalarida, zanjirning ayrim qismlari va butun zanjir uchun tok kuchi va kuchlanishni o`lchashni o`rganish.

3.O`zgarmas tok zanjiri uchun Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlarini amalda tekshirish.

2.Tajriba ishini tushuntirish

1. Uch lampadan har birining qarshiligini ampermetr va voltmetr usuli bilan aniqlash (1.1-rasm). Bunda lampalarni navbati bilan ulab, ampermetr va voltmetrlarning ko`rsatishlari yozib olinadi, shu qiymatlarini Om qonuni formulasiga qo`yib har bir lampa spiralining qarshiligi aniqlanadi.



Uchta parallel ulangan cho`g`lanish lampasi spiralining umumiy qarshiligini aniqlash (1.1-rasm).

Om qonuni bo`yicha 

bu yerda *I* -ampermetrning ko`rsatishi, *a ,*

*U*-voltmetrning ko`rsatishi, *v*

Lampalarni parallel ulash sxemasi bo`yicha quyidagi asosiy nisbatlar tekshiriladi:

*a)* zanjirdagi umumiy tok, parallel ulangan iste'molchilardagi toklarning yig`indisiga teng (Kirxgofning 1-qonuni).

*Ium = I1 +I2 +I3 .*

Berilganlar 1.1 va 1.2-jadvallardan olinadi;

*b)* parallel ulangan iste'molchilarning hisobiy zanjir qarshiligi (*Rh*) qo`yidagi formula bilan hisoblanadi:



bu yerda



*R1 , R2 , R3*larning grafiklari 1.1-jadvaldan olinadi.

Jadvaldan olinganlar buyicha (1.2-jadval) hisobiy qarshilik (*Rh*) umumiy qarshilik (*Rum*) bilan solishtiriladi.

1. Ketma-ket ulangan lampalar spiralining qarshiligini aniqlash.

Ketma-ket ulanganda, har bir lampa spiralining qarshiligi Om qonuni bo`yicha aniqlanadi:



bu yerda *I*-zanjirdagi tok, *a.*

*U1, U 2 , U 3*- har bir lampadagi kuchlanishning tushuvi, *v*.

Kuchlanishlarning bu tushuvi har bir lampaga navbati bilan ulanadigan voltmetr yordamida o`lchanadi.

Umumiy qarshilik Om qonuni bo`yicha aniqlanadi:



bu yerda *U*–tarmoq kuchlanishi, *v*.

Lampalarniketma-ketulashsxemasibo`yicha (1.2-rasm) quyidagiasosiynisbatlartekshiriladi;

*a)* lampalar ketma-ket ulangan zanjirning hisobiy qarshiligi (Rx) alohida lampalar qarshiliklarining yig`indisiga teng:

*Rh = R1 +R2 +R3*

Bu qiymatlar jadvaldan olinib, *RUM*bilan solishtiriladi;

*b)* zanjirga berilgan kuchlanish, ayrim lampalardagi kuchlanishlar tushuvining yig`indisiga teng (Kirxgofning 2-qonuni)

*U = U1 +U2 +U3*

*v)* zanjirning barcha qismlarida tokning miqdorlari teng.

4. Aralash ulanganda (1.3-rasm) lampa spiralining qarshiligi va butun zanjirning umumiy qarshiligi Om qonuni bo`yicha aniqlanadi.



*L2*va *L3*lampalar parallel ulangani uchun *U2 =U3*deyish mumkin.

*U1 , U 2 ,U 3* va *U*-kuchlanishlar voltmetr yordamida o`lchanadi. Hisobiy qarshilik quyidagi ifodadan aniqlanadi:



Bu miqdor tajribadan olingan *Rum*bilan solishtirib ko`riladi.

1. Turli tajribalardan olingan *R1, R2, R3* qarshiliklarning bir xil emasligiga

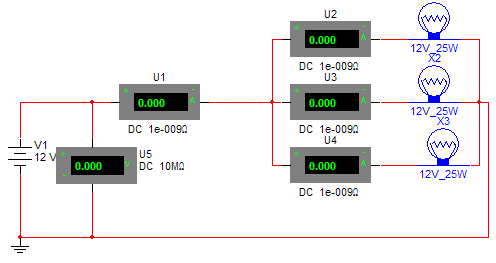
e'tibor berilsin. Bunga turli ulash sxemalarida cho`g`lanish spiralidan o`tayotgan toklar kattaligining teng emasligi sabab bo`ladi.

O`tkazgichdan o`tgan tok, kattaligi jihatidan shu tok kuchiga proportsional bo`lgan issiqlik ajratib chiqaradi (Joul-Lens qonuni). Bu issiqlik o`tkazgichning temperaturasini, binobarin uning qarshiligini ham oshiradi.

Qaysi cho`g`lanish lampasi spiralidan katta tok o`tsa, usha spiralning qarshiligi katta bo`ladi.

3. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.
2. 1.1-rasmdagi sxema yig`iladi. Buning uchun elektr jihozlari panelidan kerakli elementlar olinadi.



1.1-rasm

1. L1,L2,L3 lampalarning toklari ampermetrlar ko’rsatishlaridan va kuchlanish voltmetrning ko`rsatishidan 1.1-jadvalga yozib olinadi.
2. Uchta lampa parallel ulangan hol uchun, ampermetr va voltmetr ko`rsatkichlari 1.2-jadvalga yozib olinadi.
3. 1.2- rasmdagi sxema yig`iladi.



1.2-rasm

1. Voltmetrlar va ampermetrning ko`rsatishlari 1.3-jadvalga yozib olinadi.
2. 1.3-rasmdagi sxema yig`iladi.



1.3-rasm

1. Voltmetr va ampermetrlarning ko`rsatishlari 1.4-jadvalga yozib olinadi.
2. Har bir lampaning qarshiligi, shuningdek barcha sxemalar uchun umumiy va hisobiy qarshiliklarni hisoblash natijalari 1.1,1.2,1.3 va 1.4–jadvallarga yozib olinadi.

*1.1–jadval*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lampalar | O’lchashlar | | Hisoblashlar |
| *I* | *U* | *R* |
| *L1* |  |  |  |
| *L2* |  |  |  |
| *L3* |  |  |  |

*1.2– jadval*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| O’lchashlar | | Hisoblashlar | |
| *U* | *I* | *Rum* | *Rh* |
|  |  |  |  |

*1.3– jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| O’lchashlar | | | | | | Hisoblashlar | | | | |
| *I* | *U* | *U1* | *U2* | *U3* | *R1* | | *R2* | *R3* | *Rum* | *Rh* |
| *а* | *v* | *v* | *v* | *v* | *om* | | *оm* | *оm* | *оm* | *om* |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |

*1.4– jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| O’lchashlar | | | | | | | | Hisoblashlar | | | | |
| *U* | *U1* | *U2* | *U3* | *I1* | *I2* | *I3* | *R1* | | *R2* | *R3* | *Rum* | *Rh* |
| *v* | *v* | *v* | *v* | *а* | *а* | *a* | *оm* | | *оm* | *оm* | *оm* | *om* |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |

4. Tekshiruv savollari

1. Parallel ulangan uchta lampaning umumiy ekvivalent qarshiligi ampermetr va voltmetr usuli bo`yicha qanday aniqlanadi ?

1. Parallel ulashda hisobiy qarshilik qanday aniqlanadi ?
2. Kirxgofning birinchi qonuni qanday ifodalanadi ?
3. Kirxgofning ikkinchi qonuni qanday ifodalanadi ?
4. Ketma-ket ulashda hisobiy qarshilik qanday aniqlanadi ?
5. Aralash ulashda hisobiy qarshilik qanday aniqlanadi?

**2TAJRIBA ISHI**

**O`ZGARUVCHAN TOKZANJIRIDA ELEKTR ENERGIYASI ISTE'MOLCHILARINI KETMA-KET ULASH**

1. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. Kirxgofning ikkinchi qonunini o`zgaruvchan tok zanjiri uchun tatbiq qilishni o`rganish.

2. O`zgaruvchan tok zanjirining to`la qarshiligi *Z*ni, shuningdek uning tashkil etuvchilari–aktiv qarshilik *R* va reaktiv qarshilik *X* ni aniqlashni o`rganish.

3. Zanjirning parametrlari–aktiv qarshilik *R*, induktiv qarshilik *L*va sig`im *C* ni aniqlashni o`rganish.

4. Zanjirning parametrlariga qarab tok va kuchlanish turli fazaviy siljish burchaklariga ega bo`lishini, otsillograf yordamida ko`rib ishonch hosil qilish.

2.Tajriba ishini tushuntirish

Bu ishda o`zgaruvchan tok zanjirida iste'molchilarni ketma-ket ulashning quyidagi hollari o`rganiladi:

*a)* yuklama ikkita aktiv qarshilikdan iborat (*R1*va *R2*reostatlar)

*b)* aktiv va induktiv qarshilik–reostat *R1*va induktiv g`altak *L* dan iborat.

*c)* yuklama aktiv va sig`im qarshiligi–reostat *R1*va kondensator Cdan iborat.

O`zgaruvchan tok zanjiriga elektr energiyasi iste'molchilari ulanganda Om

qonuni quyidagicha ifodalanadi:



bu yerda*I* va *U*-tok va kuchlanishning ta'sir qiymati.

*Z-* zanjirning to`la qarshiligi, *om* ;

*R*-aktiv qarshilik, *om* ;

*XL-*induktiv qarshilik, *om* ;

*XC*-sig`im qarshilik, *om* ;



bu yerda *L*-induktivlik, *gn;*

*C*-sig`im, *mkf;*

-o`zgaruvchan tok burchak chastotasi *sek–1, f-*tarmoqdagi o`zgaruvchan tok chastotasi, *gs*. Bunday zanjirda iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat quyidagiga teng:

*P = U I cos ϕ*

bu yerda *cos ϕ*-quvvat koeffitsiyenti.

*ϕ -*tok va kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagi.

Umuman o`zgaruvchan tok tarmog`iga ulangan elektr zanjiri turli xarakterli parametrlarga ega (induktivlik, sig`im yoki aktiv qarshilik), u holda (Kirxgofning 2-qonuniga ko`ra) zanjirning qismlaridagi kuchlanishlar tushuvining algebraik yig`indisi, o`zgarmas tok zanjiridagi kabi manbaning kuchlanishiga teng bo`lmay balki undan katta bo`ladi. O`zgaruvchan tok zanjiri uchastkalarida kuchlanish tushuvi vektorlarining geometrik yig`indisi tarmoq kuchlanishiga teng bo`ladi.



Kirxgof 2-qonunining o`zgaruvchan tok zanjiri uchun tatbiq etilish xususiyati shu bilan farq qiladi. Faqat aktiv yuklamada Kirxgofning 2-qonunini xuddi o`zgarmas tok zanjiridagi kabi tatbiq etiladi.

3. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.

2. Aktiv qarshiliklar (reostatlar) *R1*va*R2*dan iborat bo`lgan 3.1-rasmdagi sxema yig`iladi.



2.1-rasm.

3. O`qituvchiko`rsatgankuchlanishqiymatidategishlio`lchashnatijalari2.1-jadvalgayoziladi. Kuchlanish *U1* va*U2*lar algebraik yig`indisining, tarmoq kuchlanishi *UT*ga teng ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

4. Tok va kuchlanishning otsillogrammasi kalkaga ko`chiziladi.

5. 3.2-rasmdagi sxema yig’iladi. Buning uchun 2.1-rasmda yig`ilgan sxemadagi 2-reostat induktiv g`altak *L* bilan almashtiriladi.



2.2-rasm.

6. 3-va 5–bo`limlar bajarilgandan so`ng *U1*va *U2* kuchlanishlarning algebraik yig`indisi, tarmoq kuchlanishi *UT*dan katta ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

7. 3.3-rasmdagi sxema yig’iladi. Buning uchun 2.2-rasmda yig`ilgan sxemadagi induktiv g`altak *C*sig`imli kondensator bilan almashtiriladi.

8. 3-va 7-bo`limlarni bajargandan so`ng *U1*va *Ukon* kuchlanishlarining algebraik yig`indisi, tarmoq kuchlanishi *UT* dan katta ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

9. Tok va kuchlanishning vektor diagrammalari va ular bilan yonma-yon tegishli otsillogrammalari quriladi.



2.3-rasm

10. 2.1-jadvaldagi barcha hisoblashlarni bajargandan so`ng, zanjirning parametrlarini aniqlashga o`tiladi.

11. O`zgaruvchan tok zanjirida Om va Kirxgof ikkinchi qonunlarining tatbiq etilish xususiyatlari, shuningdek tok va kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagiga zanjir parametrlarining ta'siri haqida xulosa beriladi.

*2.1–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | O’lchashlar | | | | | Hisoblashlar | | | | | |
| Yuklama хаrакteri | | I | U | L | C | *F* | Cosϕ | | *Z* | *R* | *X* | *P* |
| *а* | *v* | *gn* | *mkf* | *Gs* | diagram | hisobiy | *om* | *om* | *om* | *Vt* |
| Aktiv | 1-reostat |  |  | - | - | - |  |  |  |  | - |  |
| 2-reostat |  |  | - | - |  |  |  |  |  | - |  |
| Butun zanjir |  |  | - | - |  |  |  |  |  | - |  |
| Aktiv- induktiv | 1-reostat |  |  | - | - |  |  |  |  |  | - |  |
| Induktivg’altak |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| Butun zanjir |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| Aktiv-  sig’im | 1-reostat |  |  | - | - |  |  |  |  |  | - |  |
| kondensator |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Butun zanjir |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. Hisobat tuzishni tushuntirish

**1.Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammalarini qurish.** Barcha vektor diagrammalar masshtabda quriladi.

*a) yuklama aktiv qarshilikdan iborat bo`lganda.* Ixtiyoriy 0 nuqtadan tokining vektorini quyamiz (2.4-rasm). Yana shu nuqtadan tok vektorining yo`nalishi bo`yicha birinchi reostatdagi kuchlanish tushuvi vektori *U1*ni qo`yamiz, chunki fazaviy siljish burchagi *ϕ =0*. *U1* vektorining oxiridan ikkinchi reostatdagi kuchlanish tushuvi vektori *U2*ni qo`yamiz. Bu vektorlarning yig`indisi tarmoq kuchlanishining vektoriga teng.

*b) yuklama aktiv qarshilik va induktivlikdan iborat bo`lganda.* Ixtiyoriy 0 nuqtadan *I* tokining vektorini quyib, yana shu nuqtadan tok vektorining yo`nalishi bo`yicha reostatdagi kuchlanish tushuvi vektori *UL*ni quyamiz (2.5-rasm). Berilgan zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko`ra quyidagi tenglik urinlidir.



bu yerda *ZL*-g`altakning to`la qarshiligi, *om*,

*UL* -g`altakdagi kuchlanish tushuvi, *v.*

So`ngra *UL*vektorining oxiridan soat strelkasi harakatiga teskari yunalishda *UL*vektoriga teng radius bilan yoy chizib, 0 nuqtadan esa *U* kuchlanishning vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. Yoylarning kesishgan nuqtasini 0 nuqta va*U1*vektorining oxiri bilan birlashtirib, vektor diagrammani hosil qilamiz. G`altakdagi kuchlanish *UL*ni aktiv *UaL=IRL*va induktiv *UL=IXL*tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.

0

U

U1

U2

I

ϕ = 0

UAG’=IRG’

UL =IXL

U

UG’

U1

I

0

2.4-rasm

2.5-rasm

UL

Uак =IRк

I

UK

UC=IXC

0

ϕ

2.6-rasm

*v) yuklama aktiv qarshilik va sig`imdan iborat bo`lganda.* Vektor diagrammani qurish xuddi yuklama aktiv qarshilik va induktivlikdan iborat bo`lgandagi kabi olib boriladi, ammo tok kuchlanishdan faza jihatdan oldin kelgani uchun, yoy soat strelkasining yo`nalishi bo`yicha chiziladi (2.6- rasm).

Kondensatordagi kuchlanishni aktiv kuchlanish *Uа.k=IRk*va sig`im kuchlanishi *UC= IXC*dan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.Tajriba

to`g`ri bajarilganda aktiv kuchlanish *Uа.k* sig`im kuchlanishi *UC*ga nisbatan bir oz kattaroq bo`lishi kerak.

**2. Sxemaning parametrlarini aniqlash.**

*a)*quvvat koeffisiyenti asboblarning ko`rsatishi bo`yicha quyidagi formuladan aniqlanadi:



Vektor diagrammadan tegishli kosinus burchagini o`lchab va uning qiymatini trigonometrik jadvaldan topgandan so`ng, quvvat koeffisiyent *cos ϕ* ni aniqlash mumkin yoki tegishli to`g`ri burchakli uchburchakning katet va gipotenuzasini *mm* da o`lchab, ularning nisbatini olish mumkin. Ikkinchi usul aniqroq natija beradi. *cosϕ*ning vektor diagrammadan aniqlangan qiymati 2.1-jadvalga yoziladi.

*b) ϕ*burchagi ostsillogrammadan quyidagi tarzda aniqlanadi. Bir davr *T* ga teng bo`lgan (3600 ning tashkil etuvchisi) kesma o`lchanadi, so`ngra *ϕ*burchakka tegishli kesmani o`lchab, ularning nisbati bo`yicha bu burchakning kosinusi aniqlanadi.

*v)* zanjirning istagan qismidagi to`la qarshilik Om qonunidan aniqlanadi:



*g)* induktiv g’altakrning aktiv qarshiligi *R* quyidagiga teng:



bu yerda *ZL*-g`altakning to`la qarshiligi 

- g`altakning reaktiv qarshiligi

*d)* butun zanjirning to’la qarshiligidan uning aktiv qarshiligini aniqlash mumkin.



*e)* kondensatorning to’la qarshiligi va reaktiv qarshiligi orqali uning aktiv qarshiligini aniqlash mumkin.



bu yerda *ZC*-kondensatorning to`la qarshiligi 

- kondensatorning reaktiv qarshiligi

Odatda, kondensatorning aktiv qarshiligi uning sig`im qarshiligidan juda kichik, shuning uchun



debhisoblashmumkin.

*j)* butunzanjirningvabarchaelementlarningaktivqarshiliklariorqaliularningaktivquvvatinianiqlashmumkin:



5. Tekshiruv savollari

1. Yuklamaning quyidagicha ulangan hollari uchun tok va kuchlanishning vektor diagrammasini qanday qurish mumkin:

A) ikkita reostat ketma-ket ulanganda

B) reostat va g`altak ketma-ket ulanganda

V) reostat va kondensator ketma-ket ulanganda

2. Fazaviy siljish burchagi nima?

3. Butun zanjirning va zanjir ayrim qismlarining quvvat koeffisiyenti qanday aniqlanadi ?

4. Reostat, g`altak, kondensator va butun zanjirning aktiv qarshiligi qanday aniqlanadi?

5. Induktiv va sig`im reaktiv qarshiliklari qanday aniqlanadi?

6. G`altakning induktivligi va kondensatorning sig`imi qanday aniqlanadi?

3– TAJRIBA ISHI

**O`ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDA ELEKTR ENERGIYASI ISTE'MOLCHILARINI PARALLEL ULASH**

1. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. O`zgaruvchan tok zanjirida Kirxgof birinchi qonunining tatbiq etilish xususiyatlarini aniqlash.

2. O`zgaruvchan tok zanjirining to`la *(Z),* aktiv *(R)* va reaktiv *(X)* qarshiliklarini aniqlashni o`rganish.

3. Zanjirning parametrlari–aktiv qarshilik *R*, induktivlik *L* va sig`im *C* lar yordamida zanjir parametrlarini aniqlashni o`rganish.

1. Tajriba isini tushuntirish

Bu ishda o`zgaruvchan tok zanjirida parallel ulashning quyidagi ko`rinishlari o`rganiladi:

a) Yuklama aktiv–induktiv qarshilikdan iborat bo`lganda (reostat *R* va induktiv g`altak *L*)

b) Yuklama aktiv–sig`im qarshiligidan iborat bo`lganda (reostat *R* va kondensator *C*)

c) Yuklama induktiv–sig`im qarshiligidan iborat bo`lganda ( induktiv g`altak *L* va kondensator *C*).

Har bir parallel tarmoqdagi tok Om qonuniga asosan quyidagi tartibda aniqlanadi:

a) Aktiv qarshilikli tarmoqdagi tok 

bu yerda *IR*-reostat orqali o`tuvchi tok, *a*

*U*-tarmoqning kuchlanishi, *v*

*R*-reostatning qarshiligi, *om.*

b) induktiv g`altakli tarmoqdagi tok



bu yerda *IL*-g`altak orqali o`tuvchi tok, *a*

*ZL*-g`altakning to`la qarshiligi, *om*

*RL-*g`altakningaktiv qarshiligi, *om*

*XL*-g`altakning induktiv qarshiligi, *om*

*L*- g`altakning induktivligi, *gn*

*ω-* o`zgaruvchan tokning burchak chastotasi ()

*f*- o`zgaruvchan tok chastotasi, *gn.*

c) sig`im tarmoqdagi tok



bu yerda *IC*- kondensator orqali o`tuvchi tok, *a*

*RC* - kondensatorning aktiv qarshiligi, *om*

*Xc* - kondensatorning sig`im qarshiligi, *om*

*C* - kondensatorning sig`imi, *f.*

Odatda, kondensatorning aktiv qarshiligi uning sig`im qarshiligiga nisbatan juda kichik bo`lgani uchun kondensatorning aktiv qarshiligini hisobga olmasa ham bo`ladi.

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan o`zgaruvchan tok zanjiri uchun tarmoqlanish nuqtasidagi toklarning geometrik yig`indisi nolga teng, ya'ni:  yoki 

bu yerda *I* -zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchi (3.1-rasm).

Agar zanjirning qismlaridan (parallel shoxobchalaridan) o`tayotgan tok kuchlarining algebraik yig`indisini olsak, u zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchidan katta bo`ladi, ya'ni :

*IR+ IL>I*

O`zgaruvchan tok zanjirida Kirxgof birinchi qonunining tatbiq etilish xususiyati shundan iborat. Agar zanjir faqat aktiv qarshilikdan (yoki sof induktiv yoki sof sig`imdan) iborat bo`lsa, u holda Kirxgofning birinchi qonuni bu zanjir uchun xuddi o`zgarmas tok zanjiridagi kabi tatbiq etiladi.

O`zgaruvchan tok zanjirida iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat

*P = U I cos ϕ*

bu yerda *cos ϕ*-quvvat koeffisiyenti

*ϕ -*zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok bilan kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagi.

Parallel shohobchalarda iste'mol qilinayotgan aktiv quvvatlar uchun shunga uxshash ifoda yoziladi:

*PR = U IR ( cos ϕR = 1)*

*PG’ = U IG’ cos ϕG’*

*PC= U IC cos ϕ*

bu yerda *PR* -reostat iste'mol qilayotgan quvvat, *vt*

*P*G’ *–*g`altakiste'mol qilayotgan quvvat, *vt*

*PC* –kondensator iste'mol qilayotgan quvvat, *vt*

Butun zanjirning umumiy aktiv quvvati, zanjir qismlari (parallel shoxobchalari) quvvatlarining algebraik yig`indisidan iborat.

3. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.

2. Aktiv qarshilik va induktiv g`altakdan iborat bo`lgan sxema yig`iladi. (3.1-rasm).



3.1-rasm.

3. Ushbu zanjir uchun o`qituvchi ko`rsatgan kattaliklar o’rnatilgandan keyin, tegishli o`lchash natijalari 3.1–jadvalga yoziladi. *IR*va *IG*toklari algebraik yig`indisining umumiy tok *I* dan katta ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

4. Aktiv qarshilik va kondensatordan iborat bo`lgan sxemani yig`ib (3.2–rasm), 3–bo`lim bajariladi. Shuningdek *IR*va *IC* toklari algebraik yig`indisining umumiy tok *I* dan katta ekanligiga ishonch hosil qilinadi.



3.2-rasm.

4. G`altak va kondensatordan iborat bo`lgan sxemani yig`ib (3.3-rasm) 2-bo`lim bajariladi. *IG*va *IC*toklari algebraik yig`indisining umumiy tok *I* dan katta bo`lishiga ishonch hosil qilinadi.



3.3-rasm.

5. Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi quriladi.

6. Tegishli hisoblashlarni bajargandan so`ng, 3.2-jadvalga zanjirning parametrlari aniqlanadi.

*3.1–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Yuklama turi | | O’lchashlar | | | | |
| *U* | *I* | *L* | *C* | *f* |
| *v* | *a* | *Gn* | *mkf* | *Gs* |
| Aktiv- induktiv | Reostat |  |  |  | - |  |
| Induktiv g’altak |  |  |  | - |  |
| Butun zanjir |  |  |  | - |  |
| Aktiv-  sig’im | Reostat |  |  | - |  |  |
| Kondensator |  |  | - |  |  |
| Butun zanjir |  |  | - |  |  |
| Induktiv -  sig’im | Induktiv g’altak |  |  |  |  |  |
| Kondensator |  |  |  |  |  |
| Butun zanjir |  |  |  |  |  |

7.OmvaKirxgofbirinchiqonunlarningo`zgaruvchantokzanjirigatatbiqetilishivafazaviysiljishburchagito`g`risidaxulosachiqariladi

*3.2–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hisoblashlar | | | | | | | | | | | |
| Butun zanjirning kattaliklari | | | | | | | | | | | |
| *cosϕ* | | *cosϕ* | | *P* | *R* | | *Z* | *X* | | Yuklama xarakteri | |
| hisoblangan | | diagramma | | *Vt* | *om* | | *om* | *om* | |
|  | |  | |  |  | |  |  | | Aktiv- induktiv | |
|  | |  | |  |  | |  |  | | Aktiv-sig’im | |
|  | |  | |  |  | |  |  | | Induktiv -sig’im | |
| G’altakning kattaliklari | | | | | | | | | | | |
| *cosϕ* | *cosϕ* | | *P* | | | *RG* | | | *ZG* | | *XG* |
| hisoblangan | diagramma | | *Vt* | | | *om* | | | *om* | | om |
|  |  | |  | | |  | | |  | |  |
| Kondensatorning kattaliklari | | | | | | | | | | | |
| *cosϕ* | *cosϕ* | | *P* | | | *Rkon* | | | *ZC* | | *XC* |
| hisoblangan | diagramma | | *Vt* | | | *om* | | | *om* | | om |
|  |  | |  | | |  | | |  | |  |

4. Hisobot tuzish tartibi

1. Vektor diagramma quriladi.

a)yuklama aktiv induktiv qarshilikdan iborat bo`lganda. Ixtiyoriy 0 no`qtadan (3.4-rasm) kuchlanish U ning vektorini qo`yamiz. Yana shu nuqtadan kuchlanish vektorining yo`nalishi bo`yicha, reostat orqali o`tuvchi tok *IR* ning vektorini qo`yamiz.

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan berilgan zanjir uchun



Bu ifodaning vektor diagrammasini qurish uchun tok vektori *IR*ning oxiridan soat strelkasi yo`nalishida (chunki induktiv tok kuchlanishdan faza jixatdan orqada qoladi) *IG’*toki vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. So`ngra *0* nuqtadan umumiy tok *I* ning vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. Yoylarning kesishgan nuqtasini *IR*toki vektorining oxiri hamda *0* nuqta bilan birlashtirib, vektor diagrammasini hosil qilamiz.

*IR*

*IRG’*

*U*

*I*

*IG’*

*IL*

*ϕ*

*ϕG’*

*ϕ*

*ϕkon*

*I*

*Ikon*

*IC*

*IR*

*U*

*IRkon*

3.4-rasm.

3.5-rasm.

G`altak toki *IG*ni aktiv tok *IRG’*va induktiv tok *IL*dan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.

b) yuklama aktiv–sig`im qarshilikdan iborat bo`lganda. Bunda ham vektor diagramma yuklama aktiv–induktiv qarshilik bo`lgandagi kabi quriladi, ammo yoylar soat strelkasi harakati yo`nalishiga teskari yo`nalishda chiziladi. Chunki zanjirdagi sig`im toki kuchlanishdan faza jihatdan oldin keladi (3.5-rasm). Kondensator toki *Ikon*ni aktiv tok *IRkon* va sig`im toki *IC*dan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Aktiv tok *IRkon* sig`im toki *IC*dan birmuncha kichik bo`lib chiqishi kerak.

v) yuklama induktiv–sig`im qarshilikdan iborat bo`lganda. Ixtiyoriy *0* nuqtadan (3.6-rasm) kuchlanish vektori *U* ni qo`yamiz. Ana shu nuqtadan yuklama aktiv-induktiv bo`lgan holga oid diagrammadan (3.4-rasm) olingan *ϕG* burchagi ostida *IG’* g`altakdagi tok vektorini qo`yamiz, so`ngra yana shu nuqtadan yuklama aktiv sig`im qarshiligi bo`lgan holga oid diagrammadan (3.5-rasm) olingan *ϕkon* burchagi ostida kondensatordagi *Ikon*tok vektori qo`yiladi. Bu vektorning geometrik yig`indisi *I* umumiy tok vektoriga teng bo`lishi kerak.

*IG*va *Ikon*toklarning nisbatlariga ko`ra umumiy tok faza jihatdan kuchlanishdan oldin kelishi yoki orqada qolishi mumkin. *I* umumiy tokni *IR*aktiv tok va *IX*reaktiv toklardan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.

*Ikon*

*ϕkon*

*ϕG*

*I*

*IX*

*IR*

*IL*

*ϕ*

3.6-rasm.

*U*

1. Zanjirning parametrlari aniqlanadi.

a) zanjir qismlarining aktiv qarshiligini aniqlash. Reostat qarshiligi



bu yerda *U* –tarmoq kuchlanishi, *v*

*IR* -reostat orqali o`tuvchi tok, *a.*

Induktiv g`altakning to’la qarshiligi orqali uning aktiv qarshiligini aniqlash mumkin.



bu yerda  -induktiv g’altakning to’la qarshiligi, *ом*

*XL*- induktiv qarshilik, *ом*

*b)*zanjir qismlarining aktiv quvvatini aniqlash. Reostat iste'mol qilayotgan quvvat

*PR = UIR*

bu yerda *U* –tarmoq kuchlanishi, *v*

*IR* -reostat orqali o`tuvchi tok, *a.*

Induktiv g`altak iste'mol qilayotgan aktiv quvvat

**

bu yerda *RL*– induktiv g’altakning aktiv qarshiligi

Kondensator iste'mol qilayotgan quvvat ham shunday aniqlanadi.

**

Agar barcha hollarda kuchlanish *U* o`zgarmay qolsa 3.3-rasm sxemasidagi *P* va *Pkon*quvvatlarning qiymatlari shundayligicha qoladi.

Agar kuchlanish o`zgarsa, u holda quvvat ham kuchlanishning kvadratiga proportsianal ravishda o`zgaradi.

b) quvvat koeffisiyentini aniqlash. Butun zanjir uchun quvvat koeffisiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi.



Parallel tarmoqlar uchun ham quvvat koeffisiyenti ana shu formula yordamida aniqlanadi, ammo quvvat va tokning har bir tarmoq uchun tegishli qiymatlari olinadi.

Vektor diagrammadan zanjirning quvvat koeffisiyentini aniqlash uchun tegishli burchaklarni o`lchab, trigonometrik jadvaldan qiymati aniqlanadi. Shuningdek, vektor diagrammadan tegishli to`g`ri burchakli uchburchakning katet va gipotenuzalarini o`lchab, ularning nisbatini olish mumkin. Keyingi usul aniqroq natija beradi.

v) parametrlarni aniqlash.

1. Butun zanjirning parametrlari:

To`la qarshilik 

Aktiv qarshilik 

Reaktiv qarshilik 

2. G`altakning parametrlari:

To`la qarshilik 

Aktiv qarshilik 

Induktiv qarshilik 

G`altakning induktivligi 

3. Kondensatorning parametrlari.

Kondensatorning aktiv qarshiligi uning sig`im qarshiligidan birmuncha kichik bo`lgani uchun hisobga olinmaydi.

Sig`im qarshiligi 

Kondensatorning sig`imi



**5.Tekshiruv savollari**

1. Kirxgofning birinchi qonunini o`zgaruvchan tok zanjiriga tatbiq etilish xususiyatlari nimalardan iborat?

2. O`zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni qanday tatbiq etiladi?

3. G`altakning induktivligi *L* va kondensatorning sig`imi *C*orqali qolgan kattaliklarni qanday aniqlash mumkin?

4. Fazaviy siljish deb nimaga aytiladi?

5. Quvvat koeffisiyenti qanday aniqlanadi?

4-TAJRIBA ISHI

**KUCHLANISHLARVA TOKLAR REZONANSI**

1. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. Rezonans hodisasi bilan amalda tanishish.

2.Kondensator sig`imi o`zgarganda

induktiv g`altak va kondensatordan kuchlanishning o`zgarishini tekshiring.

3. Kuchlanishlar rezonansida zanjirning parametrlarini aniqlash.

4. Kuchlanishlar rezonansida induktiv g`altak va kondensatordagi kuchlanishning tarmoq kuchlanishidan necha marta katta bo`lishini aniqlash.

5. Toklar rezonansi hodisasi bilan amaliy tanishish.

6. Kondensatorning sig`imi o`zgarganda, butun zanjirda va zanjirning qismlarida tokning o`zgarishini tekshirish.

7. Toklar rezonansi boshlanish momentini aniqlash.

8. Toklar rezonansi momentida zanjirning o`tkazuvchanligini aniqlash.

1. Tajriba ishini tushuntirish

Ketma-ket ulangan induktiv g`altak va kondensatordan iborat elektr zanjirining reaktiv qarshiliklari teng bo`lgandagi ish rejimiga kuchlanishlar rezonansi deyiladi, ya'ni

*xL=xC* yoki 

bu yerda *ω-*o`zgaruvchan tok burchak chastotasi, *sek–1* u  ga teng.

1. *f*- o`zgaruvchan tok chastotasi, *gs*

*L-* g`altakninginduktivligi, *gn*

*C*- kondensatorning sig`imi, *f*

Rezonansda vaqtida:

a)zanjirning to`la qarshiligi uning aktiv qarshiligiga teng bo`ladi



b)zanjirning quvvat koeffisiyenti birga teng bo`ladi



v)zanjirdagi tok eng katta qiymatga ega bo`ladi.



g)reaktiv kuchlanishlar o`zaro teng bo`ladi *UL= UC*

Ammo umumiy reaktiv kuchlanish *UX*nolga teng *UX=UL-UC= 0*

d)zanjirdagi berilgan kuchlanish faqat aktiv kuchlanishning tushuviga sarf bo`ladi



Demak, kuchlanishlar rezonansida aktiv, induktiv va sig`im qarshiliklardan iborat bo`lgan elektr zanjiri faqat aktiv qarshilikli zanjirga o`xshaydi.

Kuchlanishlar rezonansida reaktiv kuchlanish nolga teng bo`lganda ham, induktiv va sig`im kuchlanishlarining har biri alohida nolga teng bo`masligi, ya'ni zanjirga berilgan kuchlanishga nisbatan birmuncha katta qiymatlarga ega bo`lishi mumkin.

Bu holni quyidagi ifodadan ko`rsa bo`ladi.



*R* ning kichik va *XL*ning katta qiymatlarida, kuchlanish *UL*va unga teng bo`lgan kuchlanish *UC*zanjirga berilgan kuchlanishdan bir necha o`n marta katta bo`lishi mumkin. Kuchlanishlar rezonansida tarmoqdan iste'mol qilinadigan reaktiv quvvat nolga teng bo`ladi.

*Q = QL - QC = 0*

Chunki, induktiv g`altak va kondensatorning reaktiv quvvatlari o`zaro teng: to`la quvvat esa aktiv quvvatga teng:



Demak, kuchlanishlar rezonansida induktiv g`altak va kondensator orasida reaktiv energiya almashinuvi sodir bo`ladi, ammo tarmoq va induktiv g`altak yoki tarmoq va kondensator orasida esa energiya almashinuvi yuz bermaydi.

Kuchlanishlar rezonansi u paydo bo`lgan qurilma uchun xavfli, chunki kuchlanish bir necha o`n marta ortib ketishi mumkin. Agar ma'lum sig`imga ega bo`lgan kabel liniyasiga biron qurilmaning induktiv g`altagi (masalan, transformator chulg`ami) ulansa, shunday hodisa sodir bo`lishi mumkin.

Ammo texnikaning ko`p sohalarida kuchlanish rezonansidan keng foydalaniladi. (masalan, radiotexnikada filtrlar sifatida).

1. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.

2. 4.1-rasmdagi sxema yig`iladi.



4.1-rasm.

3. Kondensatorning sig`imini 1-mkf dan o’rnatilib ketma-ket 2mkf dan, rezonansga yaqin joylarda 1mkf dan o`zgartira borib, asboblarning ko`rsatishi 4.1-jadvalga yozib olinadi.

4. *UC* ,*UL, U*va *I* larning *C* ga bog`liqlik grafiklari quriladi.

5. Grafik bo`yicha rezonans momenti aniqlanadi.

*4.1–jadval*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | O’lchashlar | | | | |
| *C* | *I* | *U* | *UG’* | *UC* |
| *mkf* | *а* | *v* | *v* | *v* |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |  |

6. Kuchlanishlar rezonansida zanjirning parametrlarini hisoblab, uning natijalari 4.2-jadvalga yoziladi.

7. Rezonans momenti uchun vektor diagramma quriladi.

*4.2–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grafdiklardan | | | Hisoblashlar | | | |
| *C* | *UL* | *UC* | *L* | *R* |  |  |
| *mkf* | *V* | *V* | *Gn* | *om* |
|  |  |  |  |  |  |  |

4. Hisobot tuzish tartibi

a) Rezonans sharti uchun vektor diagramma quriladi (4.2-rasm).

Ixtiyoriy *0* nuqtadan *I* tokining vektorini qo`yamiz. Yana shu nuqtadan bu vektorga parallel qilib (ustma-ust qilib) induktiv g`altakdagi aktiv kuchlanish *URG’= IрезR*ning tushuviga teng bo`lgan, tarmoq kuchlanishi *U* ning vektori o`tkaziladi. So`ngra 900 ga qoluvchan burchak ostida kondensatordagi kuchlanish tushuvi vektori *UC*qo`yiladi. Induktiv g`altakdagi kuchlanish *UG*g`altakdagi aktiv *URG’*va induktiv *ULG’*kuchlanishlar tushuvining geometrik yig`indisiga teng bo`lishi kerak. So`ngra *URG’*vektorining oxiridan yuqoriga perpendikulyar chiqarib, ana shu perpendikulyarga *0* nuqtadan turib *UG’*vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. *URG’*va *UG’*vektorlarining oxirlarini birlashtiruvchi kesma kuchlanishning induktiv tushuvi *UL*ga teng bo`ladi. Bu vektorni *0* nuqtaga ko`chirib, pastga yo`naltirilganda u *UC*vektoriga teng bo`lib chiqishi kerak.

b) Grafiklar quriladi.

UL

0

UG’

ULG’

I

900

UC

U=URG’ =I RG

4.2-rasm.

*UL = f1(C), UC = f2 (C)* va *I = f3(C)* bog`lanishlarning egri chizig`ini bir grafikda chizish kerak. Tok *I* maksimal qiymatiga erishgan nuqta kuchlanish rezonansiga to`g`ri keladi. Tok *I* maksimal qiymatga erishgan nuqtadan ordinata o`qiga parallel to`g`ri chiziq o`tkazilsa, bu to`g`ri chiziq kuchlanish rezonansida *UL, UC*va Clarning qiymatini aniqlovchi nuqtalarda tegishli egri chiziqlarni kesib o`tadi. Grafikdan olingan qiymatlar 4.2–jadvalga yoziladi.

5.Tajriba ishini tushuntirish

Parallel ulangan induktiv g`altak va kondensatordan iborat elektr zanjirini reaktiv o`tkazuvchanliklari teng bo`lgandagi ish rejimiga toklar rezonansi deyiladi, ya'ni

*bL= bC*

G`altakning reaktiv o`tkazuvchanligi 

Kondensatorning reaktiv o`tkazuvchanligi (agar kondensatorning kichik aktiv qarshiligi hisobga olinmasa)

*bC= ωС*

bu yerda *XL=ωL -*g`altakninginduktiv qarshiligi, *om*

*Z-*g`altakning to`la qarshiligi, *om*

*RG’ -*g`altakningaktiv qarshiligi, *om*

*L-*g`altakninginduktivligi, *gn*

*C*-kondensatorning sig`imi, *f*

*ω =2π*-o`zgaruvchan tokning burchak chastotasi, *sek-1*

- tarmoqdagi o`zgaruvchan tokning chastotasi.

Toklar rezonansi vaqtida quyidagi hodisalar kuzatiladi:

a) zanjirning to`la o`tkazuvchanligi *Y*, uning aktiv o`tkazuvchanligi *g* ga teng bo`ladi.

b)zanjirning quvvat koeffisiyenti *cosϕ*birga teng bo`ladi:



v) zanjirning tarmoqlanmagan qismida tok *I =UYrez =Ug*eng kichik qiymatga ega bo`ladi. Tokning induktiv va sig`im tashkil etuvchilari o`zaro teng. Bu quyidagi ifodadan ko`rinadi .

*bL = bC ; U bL = U bC ;* ya'ni *IL= IC*

g)shuningdek reaktiv quvvatlar *QL*va *QC*lar o`zaro teng.

*IL = I C : U IL = U IC*,ya'ni *QL =QC*

Demak, zanjirning umumiy qismida reaktiv quvvat bo`lmaydi, to`la quvvat esa aktiv quvvatga teng bo`ladi :



Reaktiv quvvat va reaktiv tok faqat *LC* konturda bo`ladi. Chunki zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchi, toklar rezonansida eng kichik qiymatga ega. O`zgarmas aktiv quvvatda, induktiv g`altak va kondensatorning iste'mol qilayotgan aktiv quvvati amalda nolga teng. Bu hodisadan, amalda elektr energiyasini elektr stantsiyalaridan iste'molchilarga uzatishda, uzatgich simlardagi energiya isrofgarchiliklarini kamaytirishda foydalaniladi. Bundan tashqari, toklar rezonansi hodisasidan elektrotexnikada elektr filtrlari tayyorlashda, radiotexnikada tebranish konturlari olishda va boshqa sohalarda foydalaniladi.

6. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.
2. 5.1-rasmdagi sxema yig`iladi .



5.1-rasm.

3. Kondensator *C*ning sig`imini o`zgartirib, toklar rezonansi boshlanish momenti aniqlanadi. Kondensatorning sig`imini ketma-ket 2 *mkf* dan, rezonansga yaqin chegaralarda 1*mkf* dan o`zgartira borib, asboblarning ko`rsatishi 5.1-jadvalga yoziladi.

4. Kondensatorning sig`imi o`zgarganda *I,IG’*va *IC*toklarning o`zgarish grafigi quriladi. Grafikdan kondensatorlarning sig`imini va rezonans momentidagi toklarni aniqlab, olinganlarni 5.2-jadvalga yoziladi .

1. Vektor diagrammalari quriladi.

a) toklar rezonansi momenti uchun,

b) 5.1-jadvalga asosan *IC*tokining turli qiymatlari uchun umumiy vektor diagramma.

1. Toklar rezonansi momentidagi o`tkazuvchanlikni aniqlab, ularning qiymati 5.2-jadvalga yoziladi.

*5.2–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | O’lchashlar | | | | | Vektordiagramm |
| С | U | I | IG | Ikon | cosϕ |
| *mkf* | *v* | *А* | *а* | *a* |  |
| 1. |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |  |  |

*5.2–jadval*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grafdiklardan | | | | Hisoblashlar | |
| *C* | *I* | *IC* | *IG’* | *bL* | *bC* |
| *mkf* | *А* | *а* | *а* | *1/om* | *1/om* |
|  |  |  |  |  |  |

7. Hisobot tuzish tartibi

1. Grafiklar quriladi.

*I=1(C), IG’=2 (C), IC=3(C)*bog`lanishlar bir grafikda quriladi. Tok *I* ning minimal qiymati toklar rezonansi momentiga mos keladi. Bu tok aktiv tok bo`ladi, ya'ni *Imin=Ia* . Rezonans momentidagi toklarning qiymati 5.2-jadvalga yoziladi.

2.Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammalari quriladi.

a) toklar rezonansi momenti uchun.

Ixtiyoriy *0* nuqtadan (5.2-rasm) kuchlanish *U* ning vektori gorizantal quyiladi. Ana shu nuqtadan kuchlanish vektorining yo`nalishi bo`yicha tok vektori *I* qo`yiladi, chunki rezonansda ular orasidagi fazoviy siljish burchagi nolga teng. Kirxgofning 1-qonuniga asosan:

*I = IG’ +IC*

Shuning uchun vektor diagrammaning bundan keyingi qurilishi quyidagi tartibda olib boriladi, *0* nuqtadan induktiv g`altak toki *IG’* ning vektoriga teng radius bilan yoy chizib, *I* toki vektorining oxiridan esa, *IC* tokining vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. Yoylarning kesishgan nuqtasini *I* toki vektorining boshi va oxiri bilan birlashtirish kerak. Tok *IC*ning vektorini *0* nuqtaga ko`chirib, g`altak toki *IG’*ni esa, amalda umumiy tok *I* ga teng bo`lgan aktiv tok *Ia*ga va induktiv tok *IL* ga ajratiladi. Ana shu vektor diagrammadan g`altakning quvvat koeffitsiyenti *cosϕ*ni aniqlash mumkin.

IC

0

IG

IL

U

ϕG

IL

I=Ia

6.2-rasm.

IC

b) Qolgan kuchlanishlar uchun.

Ixtiyoriy *0* nuqtadan (5.3-rasm) kuchlanish *U* ning vektori gorizantal quyiladi. So`ngra avvalgi diagrammadan (5.2-rasm) ma'lum bo`lgan *ϕG* burchagi ostida burchak toki *IG*ning vektori quyiladi. G`altak toki vektorining oxiridan 5.1-jadvaldan olingan *IC*tokining vektori o`tkaziladi. Bu toklarning geometrik yig`indisi, zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tokning qiymatini beradi.

v) Quvvat koeffisiyenti *cosϕ*aniqlanadi.

Zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi kuchlanish vektori bilan tok vektori orasidagi burchakni o`lchab, tarmoqning quvvat koeffisiyenti *cosϕ* ni aniqlash mumkin. Quvvat koeffisiyenti *cosϕ*ni zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tokning aktiv tashkil etuvchisini, to`la tok *I* ga bo`lish yuli bilan ham aniqlash mumkin.

IC1

IC2

IC3

IC4

IC

IC5

IC6

IC7

IC8

IC9

IG’

I1

I2

I3

I4

I

I5

I6

I7

I8

I9

U

0

ϕ4

ϕ3

ϕ2

ϕ1

ϕG’

ϕ9

ϕ8

ϕ7

ϕ6

ϕ5

5.3-rasm.

g) O`tkazuvchanliklar aniqlanadi. G`altakning induktiv o`tkazuvchanligi

*bL=YGsinϕG*

bu yerda *YG=1/ ZG* g`altakning to`la o`tkazuvchanligi,

*ZG’* -g`altakning to`la qarshiligi.

*ZG’ =UG’ / IG’ = U / IG’*

Bu qiymatlarni o`rniga quyib, induktiv o`tkazuvchanlik uchun hisoblash formulasini olamiz:

*bL =I G sin ϕ / U*

Kondensatorning sig`im o`tkazuvchanligi

*bC=IC/ U*

5. Tekshiruv savollari

1. Qanday elektr zanjirlarida kuchlanish rezonansi sodir bo`lishi mumkin ?

2. Kuchlanish rezonansi hosil bo`lishining shartlari qanday ?

3. Elektr zanjiridagi kuchlanish rezonansida qanday hodisalar kuzatiladi ?

4. Kuchlanishlar rezonansi nima bilan xavfli ?

5. Kuchlanishlar rezonansida tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qanday quriladi ?

6.Qanday miqdorlarni o`zgartirish bilan kuchlanish rezonansiga erishish mumkin?

7. Qanday elektr zanjirida toklar rezonansi sodir bo`lishi mumkin?

8. Toklar rezonansi hosil bo`lishining shartlari qanday?

9. Elektr zanjiridagi toklar rezonansida qanday hodisalar ko`zatiladi?

10. Toklar rezonansi momenti uchun vektor diagrammani qanday qurish mumkin.

11. Vektor diagrammadan quvvat koeffisiyentini qanday aniqlash mumkin?

12. Toklar rezonansi hodisasidan qayerlarda foydalaniladi?

13. Toklar rezonansida *IL=IC*necha marta *I* dan far qiladi?

5-TAJRIBA ISHI

**ISTE'MOLCHILAR YULDUZ VA UCHBURCHAK SXEMADA ULANGANDA UCH FAZALI O`ZGARUVCHAN TOK ZANJIRINI TEKSHIRISH**

1. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. Elektr energiyasi iste'molchilarini yulduz sxemada ulaganda uch fazali zanjirning turli rejimlaridagi ishini o`rganish.

a) tekis aktiv yuklama uchun,

b) notekis aktiv yuklama uchun,

v) notekis aktiv yuklamada neytral sim uzilgan hol uchun.

2. Faza va liniya kuchlanishlarini o`lchashni o`rganish va ular orasidagi nisbatni amalda tekshirish.

3. Elektr energiyasi iste'molchilari uchburchak sxemada ulanganda uch fazali zanjirning turli rejimlardagi ishini o`rganish.

a) tekis yuklama uchun,

b) notekis aktiv yuklama uchun,

v) iste'molchilarning bir fazasi ajratilganda,

g) iste'molchilarning ikki fazasi ajratilganda,

d) liniya simlaridan biri uzilganda.

4. Faza va liniya toklarini o`lchashni o`rganish va amalda ular orasidagi nisbatni tekshirish.

2. Tajriba ishini tushuntirish

Elektr energiyasi iste'molchilari barcha fazalarining oxirgi uchlari *x, y, z* lar bitta umumiy nol nuqtaga ulansa, bu o`lash yulduz sxemada o`lash deb ataladi.

Generator yoki iste'molchi fazasining bosh va oxirgi uchlari orasidagi kuchlanishga yoki har bir liniya simi bilan neytral sim orasidagi kuchlanishga faza kuchlanishi deyiladi. Ular UA, UB,UC yoki UF deb belgilanadi. Istalgan ikki liniya simi yoki ikki faza bosh uchlari orasidagi kuchlanishga liniya kuchlanishi deyilib, ular UAB, UBC, UCA yoki UL deb belgilanadi.

Liniya simlaridan o`tuvchi tok liniya toki deb ataladi, ular IA, IB, IC yoki IL deb belgilanadi.

Iste'molchilar yoki generatorning fazalaridan o`tuvchi tok faza toki deb ataladi, ular IA, IB, IC yoki IF deb belgilanadi.

Barcha fazalarning e.yu.k. kuchlanishi yoki toklari kattaligi jihatdan teng bo`lib, faza jixatidan bir-birlariga nisbatan 1200 siljigan bo`lsa, bunday sistema e.yu.k. kuchlanish yoki toklarning simmetrik sistemasi deb ataladi. Elektr energiyasi iste'molchilarining barcha fazalaridagi qarshiliklar o`zaro teng bo`lgandagi uch fazali zanjirning ish rejimiga tekis yuklama deyiladi.

Ushbu tajriba ishida elektr energiyasi iste'molchilari sifatida chug`lanish lampasi va simli reostat ulanadi. Iste'molchilar yulduz sxemada ulanganda liniya va faza toklari o`zaro teng, ya'ni

*IL = IF*

Aktiv yuklamada tok va kuchlanish bir xil fazada bo`lgani uchun, ularning vektorlari bir yo`nalishda bo`ladi.

Iste'molchilar yulduz sxemada ulanib, uchala fazada tekis yuklama bo`lganda, faza toklari o`zaro teng bo`ladi, ya'ni

*IA= IB = IC*

Shuningdek, faza kuchlanishlari

*UA=UB =UC*

bo`lib, faza jihatidan bir –biridan 1200 ga siljigan bo’ladi.

Liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan **marta katta, ya'ni

*UL=UF*

va kuchlanishidan 300 ga o`zadi.

Iste'molchilar yulduz sxemada ulanganda liniya va faza kuchlanishlari quyidagi nisbatda bog`langan bo`ladi.



Iste'molchilar yulduz sxemada ulanib, uchala fazada tekis yuklama bo`lganda neytral simdagi tok *I0*nolga teng bo`ladi, ya'ni



Iste'molchilar neytral simli yulduz sxemada ulanib (to`rt simli sistema) fazalarda notekis yuklama bo`lganda, neytral simdan tok o`tadi, ya'ni

*I0≠ 0*

Ammo iste'molchilarning fazalaridagi kuchlanish o`zgarmaydi. Agar fazalarda yuklama notekis bo`lganda neytral sim uzilsa, faza toklari shunday o`zgaradiki, ularning yig`indisi nolga teng bo`lib taqsimlanadi. Natijada fazalardagi kuchlanishlarning qiymatlari turlicha bo`ladi. Qarshiligi kichik bo`lib, yuklamasi ko`p bo`lgan fazaning kuchlanishi kamayib, boshqa fazalardagi kuchlanish nominal faza kuchlanishidan ortib ketadi.

3. Ishni bajarish tartibi

1. Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.

2.5.1-rasmdagisxemayig`iladi.

3. Harbirfazagaulanadiganampermetrlarningko`rsatishlariibo`yicha, uchalafazadatekisyuklamao`rnatiladi. Har bir fazaning toki va kuchlanishi o`lchanadi. Neytral simda tokning yo`qligini tekshiriladi.

**

5.1-rasm.

4. Qarshiliklar qiymatini o`zgartirish yo`li bilan uchala fazada notekis yuklama hosil qilinadi, yana o`sha kattaliklar o`lchanadi. Neytral simdagi tokning kattaligi yozib olinadi.

5. 4-bo`limdagi yuklamalarning kattaligini o`zgartirmasdan, neytral simni uzib yana o`sha kattaliklar o`lchanadi.

6. Barcha o`lchash natijalari 5.1-jadvalga yoziladi.

7. Har bir fazaning va yuklamaning umumiy quvvati aniqlanadi:

*РА=UA IAРB=UB IB РC=UC IC PUM = РА+ РВ + РС*

8.Yuklamaning barcha hollari uchun, liniya va faza kuchlanishlari hamda toklarning vektor diagrammalari quriladi, 5.1-jadvalda ko`rsatilgan kattaliklar hisoblanadi.

9. Bajarilgan laboratoriya ishi bo`yicha xulosa chiqariladi:

a) Iste'molchilar yulduz sxemada ulanganda faza va liniya kuchlanishlarning nisbati qanday?

b) Iste'molchilar yulduz sxemada ulanib, yuklama fazalarda notekis bo`lganda neytral simning ta'siri qanday?

UAB

UCA

UAB

UA

UC

UB

IB

IC

IB

IC

IA

1200

1200

0

5.2-rasm.

10. Vektor diagrammalari quriladi.

a)Tekis yuklama bo`lganda (5.2-rasm). Ixtiyoriy 0 nuqtadan *UA, UB, UC* vektorlarini bir-biriga nisbatan 1200 dan burchak ostida quyib, faza kuchlanishlari vektorlarining yulduz sxemasini olamiz. Faza kuchlanishlari vektorlarining oxirlarini birlashtirib *UAB, UBC, UCA* vektorlaridan tuzilgan, liniya kuchlanishlari ektorlarining uchburchagini hosil qilamiz.

Toklarning vektor diagrammasini qurish uchun o`sha nuqtadan faza kuchlanishlari vektorlarining yunalishi bo`yicha *IA, IB, IC*toklarning vektorlarini chizamiz.

Toklarning geometrik yig`indisi aniqlanadi.

*IA + IB + IC = I0 = 0.*

b) Notekis yuklama (5.3-rasm). Bu yuklama uchun vektor diagrammani qurish, yuklama tekis bo`lgandagi kabi bajariladi. Ammo neytral simdagi tok nolga teng bo`lmaydi, ya'ni

*IA + IB + IC≠ 0 .*

v) Notekis yuklamada neytral sim uzulgan (5.4-rasm). Bu holda faza kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 1200 ga teng bo`lmay, toklarning geometrik yig`indisi nolga teng.

*IA + IB + IC = 0*

Neytral simdagi tokni grafik usulda aniqlab, ampermetr bilan o’lchagandagi qiymati bilan solishtirib kuriladi.

Demak, yoy chizish usuli bilan uch nuqta orqali toklarning uchburchagini qurish mumkin. Kuchlanish vektor diagrammalarini qurish uchun ixtiyoriy *0* nuqtadan *IA+IB+IC=0* tok vektoriga parallel ravishda *UAUBUC*faza kuchlanishlarining vektorlarini chizamiz.

Faza kuchlanishlari vektorlarining oxirlarini birlashtirib liniya kuchlanishlari vektorlarining uchburchagini hosil qilamiz.

4. Ishdan ko`zda tutilgan maqsad

1. Elektr energiyasi iste'molchilari uchburchak sxemada ulanganda uch fazali zanjirning turli rejimlardagi ishini o`rganish.

a) tekis yuklama uchun,

b) notekis aktiv yuklama uchun,

v) iste'molchilarning bir fazasi ajratilganda,

g) iste'molchilarning ikki fazasi ajratilganda,

d) liniya simlaridan biri uzilganda.

2. Faza va liniya toklarini o`lchashni o`rganish va amalda ular orasidagi nisbatni tekshirish.

5. Tajriba ishini tushunitirish

Elektr energiyasi iste'molchisi birinchi fazasining oxirini ikkinchi fazasining boshlanishi bilan, ikkinchi fazasining oxirini uchinchi fazasining boshlanishi bilan, uchinchi fazasining oxirini birinchi fazasining boshlanishi bilan ulanishiga **uchburchak sxema ulash** deb ataladi. Bu holda elektr energiyasi iste'molchilari neytral simsiz liniya kuchlanishiga biriktiriladi.

*5.1–jadval*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hisoblashlar | UCA | UC |  |  | UAB  UCA  UAB  UA  UC  UB  IB  IC  IB  IC  IA  1200  1200  0  5.3-rasm.  I0 |
| UBC | UB |  |  |  |
| UAB | UA |  |  |  |
| РUM | *Vt* |  |  |  |
| РС | *Vt* |  |  |  |
| РВ | *Vt* |  |  |  |
| РА | *Vt* |  |  |  |
| O’lchashlar | UСА | *V* |  |  |  |
| UBC | *V* |  |  |  |
| UAвB | *V* |  |  | UBC  ≠1200  5.4-rasm.  UCA  UAB  UA  UC  UB  IA  IB  IC |
| UC | *V* |  |  |  |
| UB | *V* |  |  |  |
| UA | *V* |  |  |  |
| I0 | *а* |  |  |  |
| IC | *а* |  |  |  |
| IB | *а* |  |  |  |
| IА | *а* |  |  |  |
| Yuklama turlari | | | Tekis | Notekis | Neytral simsiz |

Uchburchak sxemada ulaganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishiga teng, ya'ni

*UL = UF*.

Tekis yuklama va simmetrik kuchlanish sistemasida liniya toki faza tokidan ** marta katta, ya'ni:

*IL= IF*

Tekis yuklamada faza va liniya toklari o`zaro 1200 ga siljigan bo`ladi, ammo liniya toklari faza jihatidan faza toklaridan 300 ga orqada qoladi.

Notekis yuklamada faza va liniya toklari orasidagi nisbat o`zgaradi, ya'ni

*IL≠.IF*

Ammo bu holda liniya toklarining bir-biriga nisbatan fazaviy siljishi 1200 ga teng emas. Elektr energiyasi iste'molchilarining bir yoki ikki fazasi ajratilganda, tegishli fazalarning toki nolga teng bo`ladi.

Liniya simlari uzilganda uchburchak sxema tarmoqlangan bir fazali zanjirga aylanadi. Bunday zanjirda uzilgan sim bilan bog`liq bo`lgan elektr energiyasi iste'molchilarining ikkita fazasi ketma-ket ulanib, uchinchi faza bilan parallel qolgan simlar orasidagi liniya kuchlanishiga ulanadi.

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan faza va liniya toklari orasidagi nisbat quyidagi vektor ifodalar bilan belgilanadi:



Bu tajriba ishida elektr energiyasi iste'molchilari sifatida har bir fazaga cho`g`lanish lampasi va qarshilik reostatlari, ya'ni aktiv yuklama ulanadi.

6. Ishni bajarish tartibi

1.Kompyuterda “Elektronics Workbench” dasturiy paketi ishga tushuriladi.

2. 5а.1-rasmdagi sxema yig`iladi.



5а.1-rasm.

3. Qarshiliklar yordamida uchala fazada tekis yuklama hosil qilinadi. Har bir fazadagi liniya va faza toklari va kuchlanishlar o`lchanadi.

3.Elektr energiyasi iste'molchilarining bir fazasini ajratib (fazadagi biriktiruvchi simni olib), kuchlanish ta'sirida qolgan ikki fazadagi elektr energiyasi iste'molchilarining kattaliklari ulchanadi.

4.Elektr energiyasi iste'molchilarining ikki fazasini ajratib (ikki fazadagi biriktiruvchi simni olib), kuchlanish ta'sirida qolgan bir fazadagi kattaliklar o`lchanadi.

5.Liniya simlaridan birini uzib (liniya simidagi biriktiruvchi simni olib) kuchlanish ta'sirida qolgan ikki liniya simidagi zanjirning usha kattaliklari o`lchanadi.

6. Qarshilik kattaligini o`zgartirish yo`li bilan notekis yuklama hosil qilinib, yana usha kattaliklar o`lchanadi.

7. Barcha o`lchash natijalari 5а.1-jadvalga yoziladi.

8. Barcha tur yuklama uchun olingan natijalar bo`yicha *I* va *U* larning vektor diagrammalari chiziladi va 5а.1-jadvalda ko`rsatilgan kattaliklar hisoblanadi.

9. Tajriba ishi bo`yicha xulosa chiqariladi.

a) iste'molchilar uchburchak sxemada ulanganda tekis va notekis yuklamada faza hamda liniya toklari orasidagi nisbat qanday?

b) agar bironta liniya simlaridagi saqlagich kuysa yoki liniya simi uzilsa, elektr energiyasi istemolchilaridagi faza kuchlanishi qanday o`zgaradi?

10. Vektor diagrammalar chiziladi.

a) tekis yuklama (5а.2-rasm). Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko`ra uchburchak konturidagi kuchlanishlarning geometrik yig`indisi nolga teng, chunki uchburchak konturida EYUK manbai yo`q



Demak, tajribadan olingan natijalar buyicha chizilgan faza kuchlanishlarining vektori doimo yopiq, teng tomonli uchburchak tashkil etadi.

Bu uchburchakda

*UA= UABUB = UBC UC = UCA*

So`ngra tegishli faza kuchlanishlari vektori boshidan, faza toklari vektorini qo`yish kerak

*IAB = IBC = ICA*

Yuklama aktiv bo`lgani uchun tok vektorlari, faza kuchlanish-larining vektor yunalishi bilan ustma–ust tushadi.

*5а.1–jadval*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hisoblashlar | *IC*  *ICA* | |  |  |  |  |
| *IB*  *IBC* | |  |  |  |  |
| *IA*  *IAB* | |  |  |  |  |
| *Pum* | *vt* |  |  |  |  |
| *РСА* | *vt* |  |  |  |  |
| *РВС* | *vt* |  |  |  |  |
| *РАВ* | *vt* |  |  |  |  |
| O’lchashlar | *UCA* | *а* |  |  |  |  |
| *UBC* | *а* |  |  |  |  |
| *UAB* | *а* |  |  |  |  |
| *IC* | *а* |  |  |  |  |
| *IB* | *а* |  |  |  |  |
| *IA* | *а* |  |  |  |  |
| *ICA* | *а* |  |  |  |  |
| *IBC* | *а* |  |  |  |  |
| *IAB* | *а* |  |  |  |  |
| Yuklama turlari | | | Tekis | Bir faza uzilganda | Ikki faza uzilganda | Liniya simiuzilganda |

Buni tushuntirish uchun, Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tuzilgan toklarning geometrik nisbatiga ko`ra liniya toklarining vektor diagrammasi quriladi. Uni vektor diagramma qurish qulay bo`lsin uchun quyidagicha yozish mumkin.



Shunday qilib, liniya toklarining vektorlarini qurish uchunfaza toklari vektorlarini geometrik qushish kerak. Bu ifodalarda manfiy ishorali faza toklarining vektori, tegishli musbat fazadagi toklar vektoriga kattaligi jihatdan teng, bo`lib yo`nalishi bo`yicha qarama-qarshidir.

b) notekis yuklama (5а.3-rasm).

Bu hol uchun vektor diagramma qurish tekis yuklama uchun qurilgandek bajarilib, faqat faza va liniya toklarining kattaliklari turlicha bo`ladi.

v) bir fazani ajratish (5а.4-rasm).

Masalan: A fazani ajratganda bu fazadagi tok *IАВ=0* bo`ladi. Vektor diagrammani qurish avvalgi xollardagidek bajarilib, faqat liniya toklarining vektorlari quyidagi nisbatlardan aniqlanadi.



g) ikki fazani ajratish. (5а.5–rasm).

Masalan A va B fazalarni ajratganda, bu fazalardagi tok

*IAB = 0 IBC = 0*

Ammo liniya toklarining vektorlari quyidagi ifodalardan aniqlanadi.



A

B

C

IC

IA

IB

ICA

IAB

IBC

-ICA

-IAB

-IBC

UCA

UBC

UAB

5а.2-rasm

A

B

C

IC

IA

IB

ICA

IAB

IBC

-ICA

-IAB

-IBC

UCA

UBC

UAB

5а.3-rasm

A

B

C

IC=ICA

IA=-ICA

UCA

UBC

UAB

5а.5-rasm

5а.4- rasm

A

IC

ICA

-IBC

A

B

C

IA=-ICA

UCA

UBC

UAB

IB=IBC

IBC=IAB

ICA

IA=IC

UBC

A

C

5а.6- rasm

d) liniya simini uzish (5а.6–rasm).

*В* liniya simini uzganda, uch fazali zanjirining kuchlanish ta'sirida qolgan simlar orasidagi faqat bitta liniya kuchlanishi (*UCA*) saqlanadi. Bu vektor ham vektor diagrammaga, barcha avvalgi vektor diagrammalarda chizilganidek bajariladi. Bu hol ikki fazani ajratgandagiga o`xshab, simlar orasidagi ikkita parallel shoxobchaning (*АВ*va *ВС*fazalari hamda ketma-ket biriktirilgan *CA* fazasi) ulanganligi bilan farq qiladi. Xuddi ikki fazani ajratgandagi kabi, liniya simi uzilganda ham bir fazali o`zgaruvchan tok zanjirini olamiz. *B*liniya simi uzilganda, undagi tok nolga teng, ya'ni

*IB = 0*

Yuqoridagi berilgan tushuntirishlardagi faza va liniya toklari orasidagi nisbatni aniqlovchi ifodalardan, quyidagini ko`rsatish mumkin

*IA= -IC IAB = IBC*

Yuklama aktiv bo`lgani uchun



toklarning vektorini vektor diagrammada kuchlanish vektori *UCA*ning yo`nalishi bo`yicha qo`yish kerak.

7. Tekshiruv savollari

1.Qanday ulashga yulduz sxemada ulash deyiladi?

2.Yulduz sxemada ulanganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan necha marta katta biladi?

3.Agar har bir faza simlaridagi toklar ma'lum bo’lsa, neytral simdagi tokning kattaligini qanday aniqlash mumkin?

4.Neytral simning roli nimada?

5.Har bir fazaga navbati bilan ulanadigan vattmetrning kursatishi buyicha uch fazali zanjirning quvvati qanday aniqlanadi?

6. Qanday ulash uchburchak sxemada ulash deb ataladi ?

7. Iste'molchilar uchburchak sxemada ulanib, fazalarda simmetrik yuklama hosil qilganda, liniya va faza kuchlanishlari , shuningdek, liniya va faza toklari orasidagi nisbat qanday bo`ladi ?

8. Liniya toki vektor diagrammada qanday aniqlanadi ?

9. Uch fazali zanjirning quvvati qanday aniqlanadi ?

**6 TAJRIBAISHI**

**BIR FAZALI TO’G’RILAGICHLARDA YARIM O’TKAZGICHLI DIODLAR.**

**Ishdanmaqsad:**birfazalibiryarimdavrlito‘g‘rilagichningelektronmodelini Electronics Workbench (EWB) dasturidanfoyda-langanholdatuzishvamodeldato‘g‘rilagichnitekshirish.

1. **Umumiy ma’lumotlar**

To‘g‘rilagich deb o‘zgaruvchan tok kuchlanishini o‘zgarmasga aylanti-ruvchi qurilmaga aytiladi. To‘g‘rilagichlar transformator, o‘zgaruv-chan tok kuchlanishini to‘g‘rilashni amalga oshiruvchi yarim o‘tkazgichli diodlar va silliqlovchi filtrdan iborat bo‘ladi.

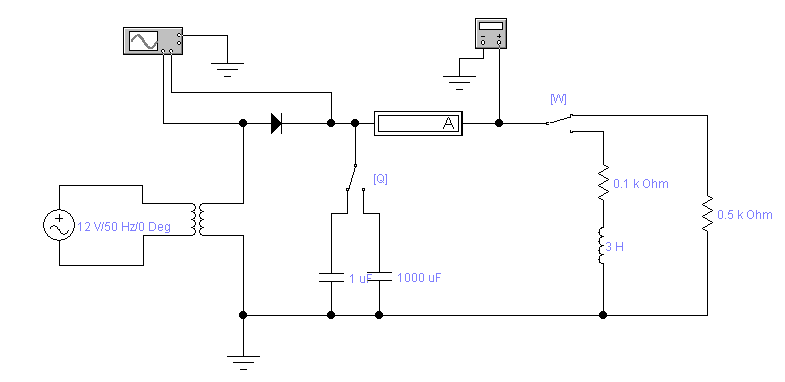
Bir fazali bir yarim davrli to‘g‘rilash sxemasining yuklama toki bir necha o‘nlab milliamper bo‘lgan va to‘g‘rilangan kuchlanishni yuqori darajada silliqlash talab qilinmagan hollarda qo‘llaniladi. Bu sxema transformator quvvatidan foydalanish koeffitsientining kichik qiymatlari bilan xarakterlanadi, chunki bunda to‘g‘rilangan kuchlanishning faqat bir yarim davri ishlatiladi. Sxemaning yana bir kamchiligi shundaki, bunda to‘g‘rilovchi dioddagi teskari kuchlanish-ning qiymati manba kuchlanishi amplitudasining ikkilangan qiymatiga yaqin bo‘ladi.

1. **Bir fazali bir yarim davrli to‘g‘rilagichnivirtual modelining sxemasi.**

Bir yarim davrli to‘g‘rilagichni ishlashini o‘rganish uchun, Electronics Workbench (EWB) dasturida ushbu to‘g‘rilagichni virtual mode-lining sxemasi (1.1-rasm) yig‘iladi.

Sxema qiymati 12 V, chastotasi 50 Gs bo‘lgan o‘zgaruvchan kuchlanish generatori G, to‘g‘rilovchi diod D, silliqlovchi sig‘imli filtr kon-densatorlari S1 va S2, aktiv yuklama qarshiligi Rn hamda induktiv yuklama zanjiri L-R1, multimetr MULT, ossillograf OSS va ampermetr A lardan iborat.

O‘zgaruvchan kuchlanish (birlamchi kuchlanish u1) generator G dan transformatorning birinchi cho‘lg‘amiga beriladi. Transformator-ning ikkinchi cho‘lg‘amida, qiymati transformatsiya koeffitsienti Kt bilan aniqlanadigan kuchlanish (ikkilamchi kuchlanish u2) hosil bo‘ladi. Diod D orqali to‘g‘rilangan kuchlanish u0, ulab-uzgich SA1 ning holatiga qarab, aktiv yuklama qarshiligi Rn yoki induktiv yuklama zanjiri L-R1 ga beriladi. Bu holatlarda, ushbu zanjirlar orqali faqat musbat qutblangan yarim davrli kuchlanish impulslari o‘tadi. Manfiy qutblangan yarim davrli kuchlanishlar esa, to‘g‘rilovchi diod D ning teskari qarshiligi juda katta bo‘lganligi uchun, yuklama zanjirlariga o‘tkazilmaydi.



**6.1-rasm. Bir fazali bir yarim davrli to‘g‘rilagichnivirtual modelining sxemasi.**

To‘g‘rilash sxemasida, ulab-uzgich SA2 orqali sig‘imlari o‘zgarti-riladigan kondensator S1 va S2 lardan iborat filtr mavjud. Sig‘imli filtr, o‘zining zaryadi paytida kuchlanishni yig‘ishi va uni to‘g‘rilangan kuchlanishning yarim davrlari orasidagi tanaffus (pauza) paytidagi keyingi razryadi hisobiga kuchlanish pulsa-siyasini silliqlanishini hosil qiladi.

1. **To‘g‘rilagich ishlashini aktiv yuklamada tekshirish**

Bir yarim davrli to‘g‘rilagichni aktiv yuklamada ishlashini o‘rganish uchun, Electronics Workbench (EWB) dasturida ushbu to‘g‘rilagichning sxemasi (6.1-rasm) yig‘iladi.

Aktiv yuklamada to‘g‘rilangan kuchlanish impulsli holatda bo‘la-di. O‘zgaruvchan ≈U va o‘zgarmas =U kuchlanishlar hamda yuklama toki In ning qiymatlari, yuklamaning aktiv qarshiligi R 0,5 dan 5,0 kOm gacha o‘zgartirilgan holda o‘lchanadi. Bunda kondensator ko‘rinishidagi silliqlovchi filtrning sig‘imi S=100 mkF teng holatda, ya’ni o‘zgarmas ushlab turiladi. Olingan natijalar 6.1-jadvalga kiritiladi va pulsatsiya koeffitsientlari Kp hisoblanadi.

Aktiv yuklamali bir yarim davrli to‘g‘rilagichning pulsatsiya koeffitsienti Kp to‘g‘rilangan kuchlanish impulslari amplitudasi-ning to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi, ya’ni Kp= Um/U

6.1-jadval

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R | kOm | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 5,0 | S=100 mkF |
| =U | V |  |  |  |  |
| ≈U | V |  |  |  |  |
| In | mA |  |  |  |  |
| Kp | % |  |  |  |  |

1. **Filtr sig‘imining pulsatsiya koeffitsientiqiymatiga tasirini o‘rganish**

Silliqlovchi filtrlarga ega bo‘lmagan to‘g‘rilagichlar juda kam holatlarda, misol uchun, yuklamadagi kuchlanish pulsatsiyasi muhim ahamiyatga ega bo‘lmagan holatlarda qo‘llaniladi.

Filtrli yoki mo‘‘tadillashtirgichli to‘g‘rilagichlarning ko‘rsat-kichi sifatida silliqlash koeffitsienti Ks ishlatiladi:Ks=Kp /Kp0

bu erda Kp va Kp0 – mos ravishda, to‘g‘rilangan kuchlanishning filtrgacha va filtrdan keyingi pulsatsiya koeffitsienti.

Kondensator ko‘rinishidagi filtr (sig‘imli filtr) ga ega to‘g‘rilagichlar (6.1-rasm) to‘g‘rilangan kuchlanish va quvvatlarning keng diapazonida qo‘llaniladi. Bunday filtrli to‘g‘rilagichlarning kamchiliklari sifatida manba ulangan paytda to‘g‘rilovchi diod orqali katta amplitudali tokning paydo bo‘lishini hamda induktiv filtrli to‘g‘rilagichlarga nisbatan katta quvvatli transformator-larning kerakligini ko‘rsatish mumkin.

Sig‘imli filtrga ega bo‘lgan to‘g‘rilagichning pulsatsiya koeffi-sienti quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:Kp= (1/2πf CRn)100%

Filtrning sig‘imi C ni 1,0 dan 1000,0 mkF gacha o‘zgartirilib, o‘zgaruvchan ≈U va o‘zgarmas =U kuchlanishlar hamda yuklama toki In ning qiymatlari o‘lchanadi. Bunda aktiv yuklama qarshiligi Rn=0,5 kOm teng holatda o‘zgarmas ushlab turiladi. Olingan natijalar 6.2-jadvalga kiritiladi va pulsatsiya koeffitsientlari Kp hisoblanadi.

6.2-jadval

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | mkF | 1,0 | 10,0 | 100,0 | 1000,0 | Rn =0,5 kOm |
| =U | V |  |  |  |  |
| ≈U | V |  |  |  |  |
| In | mA |  |  |  |  |
| Kp | % |  |  |  |  |

1. **Filtr induktivligining pulsatsiya koeffitsientiqiymatiga tasirini o‘rganish**

Induktiv filtrli to‘g‘rilagichlar (6.1-rasm) quvvati bir necha o‘nlab vattdan bir necha kilovattgacha va tok qiymatlari 1 A dan yuqori bo‘lgan yuklamalar uchun to‘g‘rilangan kuchlanishlarning keng diapazonida qo‘llaniladi.

Bunday filtrli to‘g‘rilagichlarning ichki qarshiligi sig‘imli filtrga ega bo‘lgan to‘g‘rilagichlarga nisbatan kichik bo‘ladi, bu esa to‘g‘rilangan kuchlanishning yuklamaga bo‘lgan bog‘liqligini kamay-tiradi. SHuningdek, induktiv filtrdan foydalanish, to‘g‘rilovchi dioddan o‘tayotgan tok impulsini chegaralaydi. Induktiv filtrga ega bo‘lgan to‘g‘rilagichlarning kamchiligi, to‘g‘rilagichni ishga tushi-rish paytida namoyon bo‘lib, bu chiqishdagi sig‘im va filtr drosse-lida o‘ta kuchlanishni hosil bo‘lishidir.

Filtrning induktivligi L ni 0,5 dan 3,0 Gn gacha o‘zgartirilib, o‘zgaruvchan ≈U va o‘zgarmas =U kuchlanishlar hamda yuklama toki In ning qiymatlari o‘lchanadi. Bunda aktiv yuklama qarshiligi Rn=0,1 kOm teng holatda o‘zgarmas ushlab turiladi. Olingan natijalar 5.3-jadvalga kiritiladi va pulsatsiya koeffitsientlari Kp hisoblanadi.

Induktiv filtrga ega bo‘lgan to‘g‘rilagichning silliqlash koeffitsienti quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:Ks=√1-[2πL/(Rn – Rd)]2bu erda Rd, L – drosselning aktiv qarshiligi va induktivligi.

6.3-jadval

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L | Gn | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 3,0 | R1=0,1 kOm |
| =U | V |  |  |  |  |
| ≈U | V |  |  |  |  |
| In | mA |  |  |  |  |
| Kp | % |  |  |  |  |

1. **Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriqlar**

1. O‘qituvchi bergan topshiriq bo‘yicha model sxemasini (6.2-rasm) yig‘ish va komponentlar ko‘rsatkichlarini tanlash.

2. O‘lchashlarni amalga oshirish va uning natijalarini 6.1, 6.2 va 6.3-jadvallarga kiritish.

3. Turli rejimlar uchun pulsatsiya koeffitsienti Kp ning qiymatini hisoblash.

4. Kuchlanishlar va tokning vaqt diagrammalarini qurish.

1. **Tekshiruv savollari**

1. To‘g‘rilagichdagi transformator qanday vazifani bajaradi?

2. Har xil turdagi sxemalar yordamida tuzilgan to‘g‘rilagichlar-ning ishlash prinsiplariga izoh bering.

3. Tadqiq etilgan to‘g‘rilagichlarni ijobiy va salbiy tomon-lariga izoh bering.

4. Turli xarakterdagi yuklamalarni to‘g‘rilagichlar bilan o‘zaro bog‘liqligi qanday?

5. To‘g‘rilagichlarning asosiy tavsiflariga izoh bering?

6. To‘g‘rilagichlarda silliqlovchi filtrlarni qo‘llashdan asosiy maqsad nima?

7. Pulsatsiya koeffitsienti Kp ning qiymati qanday aniqlanadi?

8. Tadqiq etilgan sxemalarning kirish va chiqishida kuchlanish-larning o‘zgaruvchan tashkil etuvchilari qanday farqlanadi?

**7 TAJRIBA ISHI**

**BIPOLYAR TRANZISTORLAR XARAKTERISTIKASINI VA ULASH SXEMASINI TEKSHIRISH.**

**Ishning maqsadi:**

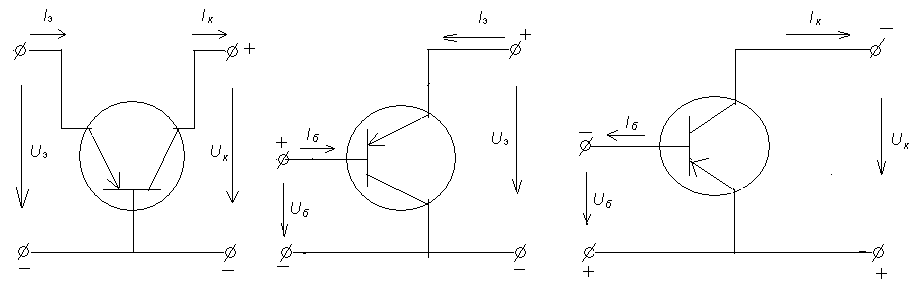
1. Tranzistorlarning turli ulanish sxemalarini urganish.
2. Tranzistorlarning turli ulanishsxemalarida statik xarakteristikasini urganish.
3. Turli ulanish sxemalarida bitta tranzistorli kuchaytirgichlarning ish rejimini urganish.

**2.Nazariy qism.**

Bipolyar tranzistorlar deganda tashqi qatlami bir xil o’tkazuvchanlikka (p – n – p va n – p – n tur) ega bulgan uch katlamli yarim o’tkazgich asbob tushuniladi.

Tranzistorlarning 3 ta asosiy ulanish sxemasi mavjud. Bular umumiy baza (1a - rasm) umumiy kollektor (1b - rasm) va umumiy Emitter (1v- rasm)

1. a)Umumiy bazali sxema – UB.
2. b)Umumiy emitterli sxema – UE.
3. v)Umumiy kollektorli sxema – UK.



a) b) v)

**7 rasm. Bipolyar tranzistorlarlarni ulanish sxemalari**

Bu sxemalar ichida eng qulay UB sxemasi bulib, unda tranzistorning xususiyatlarini tekshirish engil. Shuning uchun tranzistorlarning xususiyatlari shu sxema asosida tekshiriladi. Undagi emitter utishining povak tokini IEr va elektron tokini IEp deb belgilasak, emitter toki quyidagicha ifodalanadi:IEr = IEr - IEp (1)

Unda *IEp* bazadan emmiterga elektronlarning utishida xosil bulgan tok. U emitterdan utishi uzoklashgandan sung emitterdagi kovaklar bilan tula rekombinatsiyalanadi va nolgacha kamayadi. Natijada kovak toki *IEr*ortadi.

Xuddi shunday kollektor utish toki *Ik* xam ikki tashkil Etuvchiga Ega. *Ik r -* kovak toki va *Ik p* – Elektron toki. *Ik r* – kattaligi Emitterdan bazaga utib kollektor utishiga etib keladigan kovaklar mikdori bilan, Ik p – esa, kollektordan bazaga utadigan elektronlar soni bilan xarakterlanadi.*Ik  = Ik r + Ik p* (2)

Tranzistorlarning *Ikt –* boshkarilmaydigan kollektor toki yoki temperatura toki. Tashki muxit xaroratiga juda boglik buladi: *Ikt = A · e-δ/t* *Ikt = A · e-δ/t* (3)

Bu erda δ - yarim o’tkazgichning materialiga boglik bulib,Ge uchun 8400 ga teng. Temperatura tokining temperaturasi – T. A – ma’lum qiymat to’gri keladigan kollektor toki (Ikt (200). Umuman tok tenglamasi kelib quyidagi tenglik olinadi: *IE = Ik + Iδ*(4)

Umumiy baza bilan bulgan sxemada emitter toki *IE* – kirish toki,kollektor toki  *Ik* – chiqish toki xisoblanadi. Bu sxema bilan ulangan tranzistorning tok orqali uzatish koeffisienti

*α = Ik / IE*

Bundan *α q 0,9 – 0,97* oralikda buladi. Tranzistorning umumiy baza bilan ulangan sxemasining kirish xarakteristikasi *IE = f (UEb)*

Bunda *Ukb q const* ga teng. Chiqish xarakteristikasi esa *Ik = f (Ukb).* Bunda

*IE = const* . Umumiy emitter bilan ulangan sxemada *Ib*baza toki kirish toki xisoblanadi. *Ik*  - kollektor toki chiqish toki buladi va uzatish koeffisienti quyidagiga teng.



Tranzistor ulanishdagi kirish va chiqish xarakteristikalari mos xolda

*Ib = f (UEb)* bunda Uk =const va *Ik = f (UkE)* bunda *Ib =* const xolda boglangan.

Umumiy kollektor bilan ulangan sxema umumiy emitter bilan ulash sxemasiga uxshaydi chunki ikkala sxemada xam baza toki boshqaruvchi tok xisoblanadi, chiqish toklari (*IE*yoki*Ik*) esa ma’lumki axamiyatsiz farklanadi.

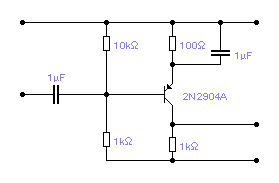
Shuning uchun kirish va chiqish xarakteristikalarining almashishi ikkala sxemaniki kam fark kiladi. Umumiy kollektorga ega bulgan sxemaning tok orqali uzayishi koeffisienti quyidagiga teng.



Bu sxemada tok buyicha kuchayish ulanish sxemasi bilan bir xil. Bipolyar tranzistorlarda eng kup tarkalgan kuchaytiruvchi kaskadlardan biri umumiy emitter sxemadagi kaskad. Xarorat stabilizatsiyasi variantiga boglik xolda umumiy emittorga ega kuchaytirgichlarning ikki xil elektr sxemasi mavjud

(2 rasm.).



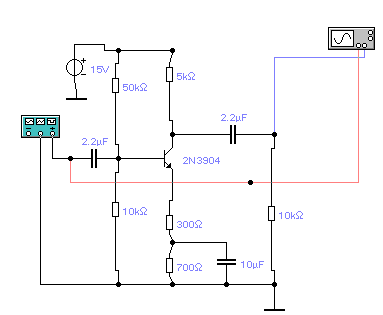


a) Emitteorli termostabilizatsiya b) Kollektorli termostabilizatsiya.

**2 rasm. Umumiy Emittorga Ega kuchaytirgichlarning ikki xil Elektr sxemasi.**

Umumiy kollektorga ega bulgan kuchaytiruvchi kaskadning sxemasi 3 – rasmda kursatilgan.

Bu kaskadga chiqish kuchlanishi olinayotgan rezistor emitter zanjiriga ulangan. Chunki umumiy kollektorga ega kuchaytiruvchi kaskadlarning chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishi bilan mikdor va faza buyicha umuman olganda farklanmaydi, shuning uchun ularni Emitterli takrorlovchi deb ataladi.



**3- rasm Umumiy kollektorga ega bulgan kuchaytiruvchi kaskadning sxemasi**

Bunda emitterli takrorlagichning kirish karshiligi tranzistorning kirish karshiligidan katta.

***3. Ishga topshiriq.***

1. Tranzistorlarning turli ulanish sxemalarining statik xarakteristikalarini tekshirish.
2. Umumiy emitter bilan ulanadigan tranzistorning statik xarakteristikasini urganish uchun sxema yigish. Kirish va chiqish xarakteristikalarini olish. Utish xarakteristikasini olish.

*IE = f (Ib)* bunda *Ek = const*

3. Tranzistorning turli ulanish sxemalarida kuchaytiruvchi kaskadlar ishini urganish.

1. Emitterli xarorat stabilizatsiya bilan umumiy emitterli kuchaytirgich sxemasini yigib utuvchi bergan Rk : Ek  va Rp  qiymatlar orqali tajriba yuli bilan kirish toki mikdori aniklansin. Bu kirish toki kuringan buzilish chizikli bulmagan maksimal chiqish kuchlanishiga ega bulishi kerak.
2. Umumiy kollektorli kuchaytirgich sxemasi yigilib shu sxema uchun (2) dagi tekshirishlar utkazilsin.
3. Xamma tekshirilayotgan sxemalar uchun tok, quvvat kuchlanish uchun kuchaytirish koeffisienti xisoblanadi.
4. Tekshirilgan kuchaytiruvchi kaskadlarning kirish va chiqish qarshiliklari xisoblansin.
5. Tajribada va xisoblanib olingan natijalar taxlili o’tkazilsin.

***4.Tajriba ishini bajarishga kursatma.***

Muayyan sxema stendda berilgan. Kirish kuchlanishi sxemada katta ichki qarshilikli voltmetr bilan ulchanadi, u stendning ung yuzasida joylashgan. Kirish va chiqish kuchlanishlarining Erishilgan qiymatlari ostsillografda kurib ulchanadi. Kerakli sxemalarni yigish tumblerlarni (V1 - V16 tumblerlar) kushish orqali amalga oshiriladi.

***7. Tajribani virtual stendda bajarish tartibi.***

7.1 **Lobarant kompyuterga “Elektronics Workbench”**dasturiy paketini yuklaydi va talabaga kerakli kursatmalarni beradi.

7.1.1 Umumiy Emitter bilan ulanadigan tranzistorning statik xarakteristikasini urganish uchun sxema yigiladi.

***ESLATMA: Kirish signalini o’zgaruvchan tok generatoridan foydalanish mumkin. Sxemani ishga tushirish «kushgich» tugmachasi orqali amalga oshiriladi.***

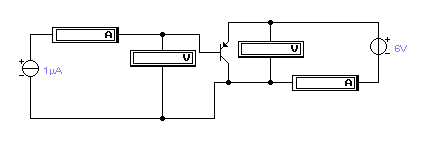


Utish xarakteristikasi olishda *Ib –* baza toki qiymati tok generatori orqali o’zgartirilib mos *Ik*– kollektor toki qiymati olinadi va *Ik = f(Ib)* jadval tuldiriladi.

Tranzistor ulanishdagi kirish va chiqish xarakteristikalari mos xolda

*Ib = f (UEb)* bunda Uk = const va *Ik = f (UkE)* bunda *Ib =* const xolda boglangan

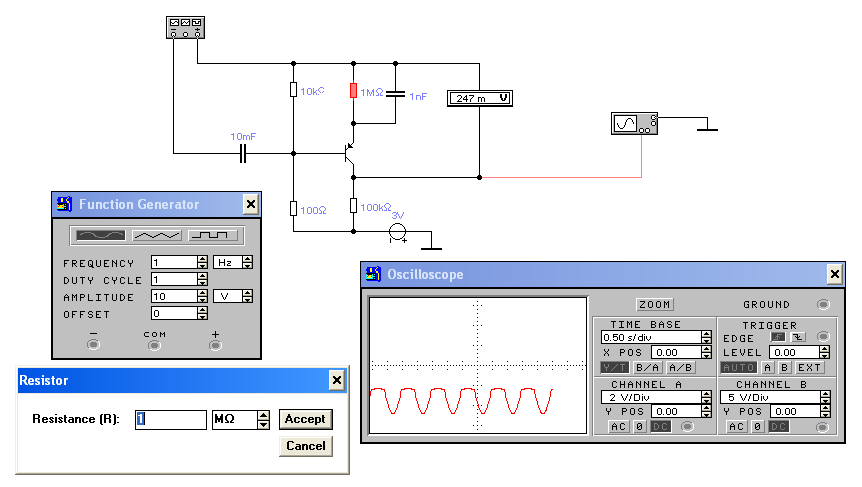
quyidagi sxema yigilib yukoridagi amallar bajariladi mos ravishda kirish va chiqish xarakteristikalari uchun jadvallar tuldiriladi.



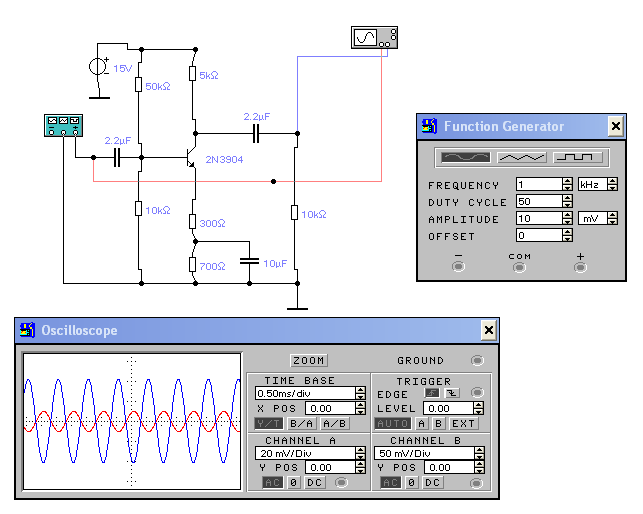
7.1.2 Umumiy kollektor bilan ulanadigan tranzistorning statik xarakteristikasini urganish uchun sxema yigiladi. (7.1.1. da bajarilgan amallar takrorlanadi.)

7.1.3 Umumiy baza bilan ulanadigan tranzistorning statik xarakteristikasini urganish uchun sxema yigiladi. (7.1.1. da bajarilgan amallar takrorlanadi.)

7.1.4 Emitterli xarorat stabilizatsiya bilan umumiy Emitterli kuchaytirgich sxemasini yigib, ukituvchi bergan *Rk ; Ek* va *Ryu* qiymatlar orqali tajriba yuli bilan kirish toki mikdori aniklanadi. *(****Masalan****: Rk=100 kOm, Ek=3V)*



5.1.4 Umumiy kollektorli kuchaytirgich sxemasi yigilib shu sxema uchun kirish va chiqish xarakteristikalari olinadi, kuchaytirish koEftsienti xisoblanadi (*qiymatlar otsilograf kursatishidan olinadi*).



***6. Xisobot mazmuni.***

*Xisobotda quyidagilar bulishi zarur.*

1. BT lar tuzilishi va ishlash printsipi xakida kiskacha ma’lumot
2. Xamma tekshirilgan sxemalarning printsipial Elektr sxemalari.
3. Umumiy Emitterli va umumiy kollektorli ulanishning kirish va chiqish xarakteristikalari.
4. Manbaning o’zgarmas kuchlanishida umumiy Emitterli va umumiy kollektorli sxemalarning utish xarakteristikalari.
5. Tajribada va xisobiy yul bilan olingan qiymatlar jadvali (kuchaytiruvchi kaskadlar sxemasi uchun).

***7.* Tekshiruv savollari**

1. Tranzistorlar ulanishining asosiy sxemalari.
2. Kuchlanish manbaiga ulanganda p – n – p va n – p – n yarim o’tkazgichli asboblar ishining fizik asoslari.
3. Kirish va chiqish xavrakteristikalarini olish.
4. Umumiy Emitterli va umumiy kollektorli kuchaytiruvchi kaskadlar sxemasi elementlarining vazifasi.
5. Tarkibida tranzistor bulgan elektr sxemasini xisoblash printsipi.

**8 TAJRIBA ISHI**

**MAYDONLI TRANZISTORNING PARAMETRINI ANIKLASH VA XARAKTERISTIKASINI OLISH.**

1. **Ishning maqsadi:**

R-n utishli maydoni tranzistorning asosiy parametrlarini aniklash va xarakteristialarini tekshirish ishlarini urganish.

1. **Nazariy qism.**

Maydonli tranzistorlar-chikish toki kirish kuchlanishi bilan boshkariladigan yarim utkazgichli asbob. Maydonli tranzistorlarda chikish tokiga ta’sir kiluvchi kirish kuchlanishi xosil kiladigan elektr maydon orkali boshkarilishini bildiradi.

Bipolyar tranzistorlarda ikki xil – asosiy va asosiy bulmagan zaryad tashuvchilar muxim rol uynasa, maydonli tranzistorlarda esa tok asosiy tok tashuvchilar xisobida xosil kilinib, asosiy bulmagan tok tashuvchilar muxim rol uynaydi.. SHu sababli maydonli tranzistorlar unipolyar tranzistorlar xam deyiladi.

Maydonli tranzistorlad tokni boshkarish elektr maydon vositasida boshkariladigan ыzgarmas tok va past chastotali ыzgaruvchan toklar uchun kirish karshiligi katta buladi: 108 ÷1015 om. Kirish karshiligi kichik bulishi zarur xollarda bipolyar tranzistorlar kullaniladi. Maydonli tranzistorlar bipolyar tranzistorlarga nisbatan sodda va mikrosxemalarda kam yuzani egallaydi.

Umumiy maydoni tranzistorlarning xarakteristikalari.

Xarakteristikadagi chizikli soxaga tugri kelgan tok va kuchlanish orasidagi boglanishni quyidagi formula orkali ifodalash mumkin:

 (1)

Bu erda Isb boshlangich stok toki.

Xarakteristikaning tuyinish soxasi uchun bu boglanish taxminan

 (2)

yordamida yozish mumkin.

Xarakteristikadan foydalanib tranzistorning quyidagi parametrlarini topish mumkin:

 CHikish utkazuvchanligi

; (3)

yoki maydon tranzistorining chikish karshiligi

 (4)

Kam kuvvatli maydon tranzistorlarida bu kattalik odatda 10100 kOm atrofida buladi.

Xarakteristikaning tikligi:

; (5)

bilan aniklanadi.

1. **Ishni bajarishi uchun topshirik va boshlangich shartlar.**

Maydonli tranzistorning utkazuvchan kanalidagi tok (chikish va sikish) shu kanal yakinida elektr maydonni yuzaga keltiruvchi boshkarish potensiali (kirish signali) bilan boshkariladi. Utkazuvchan kanaldagi tok bitta kutb p – da kanday bulsa, r – tipda xam shunday ifodalanadi. (Bu erda maydonli tranzistorning boshka nomi uni polyarli asbobdir). Buning uchun boshkaruvchi elektrodning izolyasiyasi dielektrik katlam bilan yoki yopik r – p – utish bilan yuzaga keladi.Berilgan ishda p – tipli xususiy utkazuvchanlikka ega bulgan kremniyli maydonli asbob tekshirilib, unda zatvor r-p- utish bilan yopilgan buladi.

p-r- utishga ega bulgan zatvorli maydonli tranzistorning xarakteristikasi olish sxemasi keltirilgan (1 – rasm.).

V

V

mA

З

И

С

R1

E1

R2

E2

**1-rasm. Maydonli tranzistorni tekshirish sxemasi.**

Sxema ikkita manbaga ega bulib, maydonli tranzistorning stok va zatvoridagi kuchlanishlarni o’zgartirish uchun zarur buladi. R1 va R2 potensiometrlar stok va zatvordagi kuchlanishlarni o’zgartirish uchun xizmat kiladi.

1. **Ishga topshiriq.**

2.1. Stok xarakteristikalarini olish va kurish.Stok xarakteristikasi U3 = const bulganda Ist = f (Uct) boglanishni U3 kuchlanish 4 – 5 kiymatlarida olishdir. Olingan tajriba kiymatlari kiritilgan jadvalga asosan stok xarakteristikalari tuplami kuriladi.

2.2. Stok – zatvor xarakteristikasini olish va kurish.

Stok – zatvor xarakteristikasi Ust = const bulganda Ist = f (Uz) bogliklik ukituvchi tomonidan berilgan stok kuchlanishining bitta kiymati uchun olinadi. Bunda stok tokining maksimal kiymatidan nol kiymatiga zatvor kuchlanish 0,1 – 0,2 V oralikda ыzgartirilib, erishiladi. Olingan tajriba natijalari kiritilgan jadvalga asosan tugri burchakli koordinatalar sistemasida stok-zatvor xarakteristikasi kuriladi.

Maydonli tranzistor parametrlarini aniklash.

U3 = 0 , bulgandagi stok xarakteristikalari buyicha tuyinish kuchlanishi Utuy va tuyinish toki Ituy - kiymatlari aniklanadi va shu bilan birga stok xarakteristikalarining biri buyicha chikish defferensial karshiligi aniklanadi.

, Om

Stok – zatvor xarakteristikasi buyicha kuchlanishi Ust o’zgarish va S xarakteristikaning tikligi aniklanadi.

, mA/V

1. **8-Tajriba ishini bajarish tartibi.**

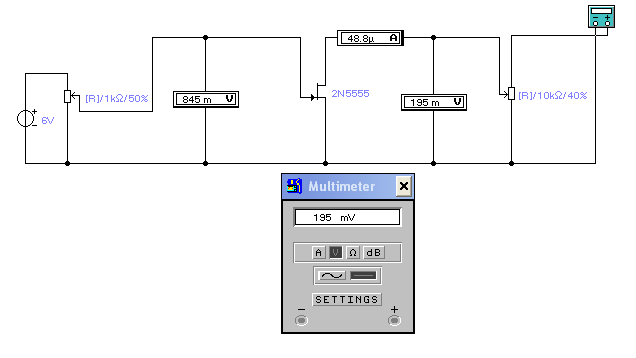
8.1. 1 – rasmdagi kichik sxemaga mos keluvchi tajriba chimining elektr sxemasining old tomonidan kurinish berilgan. Maydonli asbob sifatida KP302 A tipli tranzistordan foydalaniladi (virtual stenda boshka tipdagi taranzistordan xam foydalanish mumkin). P1 va P2 ulashlar yordamida xar xil variandagi tajriba natijalarini bir yoki bir nechta tranzistorlarning istok va stok zanjiridagi xar xil karshiliklar kiymatlari o’zgartiriladi. Ulchash asboblari 1 – rasmdagi sxemaga mos xolda zatvor va stok zanjirlariga ulangan bulib bu javoblar magnito elektrik sistemadagi asboblardir.

8.1.2 Lobarant kompyuterga “Elektronics Workbench” dasturiy paketini yuklaydi va talabaga kerakli kursatmalarni beradi. Maydonli tranzistorning statik xarakteristikasini urganish uchun sxema yigiladi.

8.1.3 Maydonli tranzistorning Stok xarakteristikalarini olish va kurish.

Stok xarakteristikasi U3 = const bulganda Ist = f (Uct) boglanishni U3 kuchlanish 4 – 5 kiymatlarida olishdir. (Masalan U3=6V kiymat urnatiladi va R2 – o’zgaruvchan karshilikning kiymati o’zgartirilib Ist va Uct - parametlar kiymatlari olinadi. Xuddi shunday U3 – ning 4 – 5 ta kiymatlarida xam yukoridagi amallar takrorlanadi) Olingan tajriba kiymatlari kiritilgan jadvalga asosan stok xarakteristikalari tuplami kuriladi

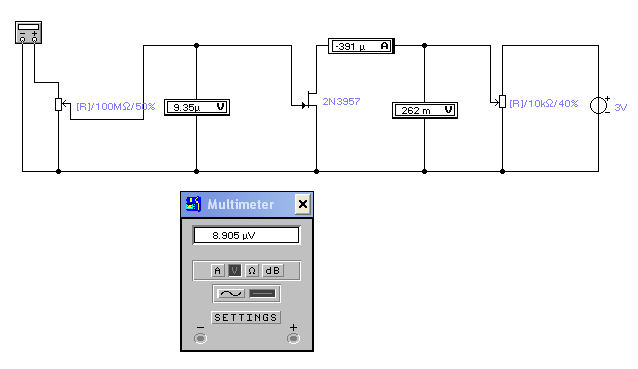
ESLATMA: Kirish signalini o’zgarmas kuchlanish generatoridan foydalanish mumkin. Sxemani ishga tushirish «kushgich» tugmachasi orkali amalga oshiriladi.



1. **Maydonli tranzistorning Stok – zatvor xarakteristikasini olish va kurish.**

Stok – zatvor xarakteristikasi Ust = const bulganda Ist = f (Uz) bogliklik ukituvchi tomonidan berilgan stok kuchlanishining bitta kiymati uchun olinadi (Ust =3 V uchun). Bunda stok tokining maksimal kiymatidan nol kiymatiga zatvor kuchlanish 0,1 – 0,2 V oralikda o’zgartirilib, erishiladi. Olingan tajriba natijalari kiritilgan jadvalga asosan tugri burchakli koordinatalar sistemasida stok-zatvor xarakteristikasi kuriladi

Eslatma: R2 – o’zgaruvchan karshilikning kiymati o’zgartirilib Ist va Uz - parametlar kiymatlari olinadi



1. **Xisobotda quyidagilar bulishi shart:**
2. Ishning nomi va maksadi.
3. Tranzistor xarakteristikasini olish uchun unga kiruvchi elementlarning kiska xarakteristika sxemasi.
4. Kuzatish jadvali.
5. Stok xarakteristikalar tuplami.
6. Stok-zatvor xarakteristikalari.
7. Tajriba xarakteristikasi buyicha aniklangan tranzistor parametrlarining kiymatlar jadvali.
8. Ishga kiskacha xulosa.
9. **Tekshiruv savollari**
10. Maydonli tranzistorning kurinishi.
11. Maydonli tranzistorning ishlatilishi.
12. R-p- utish kurinishdagi zatvorli maydonli tranzistorning ishlash prinsipi va tuzilishi.
13. Maydonli tranzistorning manba kuchlanish kutblari kursatilgan sxemasini chizish.
14. Maydonli tranzistorning shartli belgilanishi.
15. Maydonli tranzistorning asosiy xarakteristikasi.
16. Maydonli tranzistorning katta kirish karshiligini bipolyar tranzistor bilan solishtirib kanday tushuntirish mumkin.
17. Maydonli tranzistorning kullanilish soxasi.

**9 TAJRIBA ISHI**

**KUCHLANISH MO‘TADILLASHTIRGICHLARNI TEKSHIRISH**

**Ishdan maqsad**:parametrik va qoplovchi mo‘‘tadillashtirgichlar-ning virtual modellarini Electronics Workbench (EWB) dasturidan foydalangan holda yig‘ish hamda tok va kuchlanish o‘zgarishlarini tek-shirish, stabilitronni voltamper tavsifini qurish va taxlil qilish

1. **Umumiy ma’lumotlar**

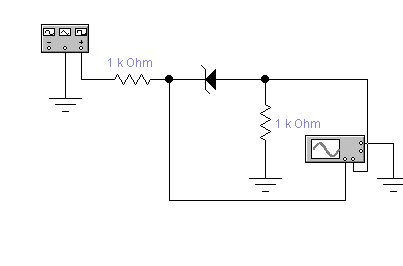
Stabilitronli parametrik kuchlanish mo‘‘tadillashtirgichni mo‘‘tadillashtirishning eng oddiy sxemasi bo‘lib hisoblanadi. Stabilitronning mo‘‘tadillash kuchlanishi uning volt-amper tavsi-fidagi nuqta orqali aniqlanadi. Bu nuqtada stabilitron toki kes-kin ortadi. Mo‘‘tadillashtirgich kirishida kuchlanish ΔUkir ning o‘zgarishi so‘ndiruvchi qarshilikda taqsimlanadi, ya’ni ΔUn=ΔUst. Parametrik mo‘‘tadillashtirgichlarda har qachon ta’minlanadigan R0>rd bog‘lanish bor bo‘lganda esa, ΔUst nolga intiladi va bunda ΔUkir=ΔUR0.

Kirish kuchlanishining kamayishi bilan stabilitron toki kamayadi va kirish qarshiligi R0 dagi kuchlanish tushish ham pasayadi. SHunday qilib, kirish kuchlanishining barcha o‘zgarishlari so‘ndiruv-chi qarshilikdagi kuchlanish tushishining o‘zgarishi orqali qoplana-di. YUklamadagi kuchlanish tebranishlari stabilitrondagi kuchlanish ΔUst ni o‘zgarishi orqali aniqlanadi, ya’ni stabilitrondagi kuchlanish o‘zgarmas bo‘lib qoladi. O‘zgarmas kirish kuchlanishida yuklamadagi tok In ni o‘zgarishi, stabilitrondagi tok Ict ni teskari o‘zgarishini keltirib chiqaradi (tok In ning ortishi bilan tok Ict kamayadi). So‘ndiruvchi qarshilik orqali oqib o‘tadigan umumiy tok, amalda o‘zgarmay qoladi, demak yuklamadagi kuchlanishning ham o‘zgar-masligini ta’minlaydi.

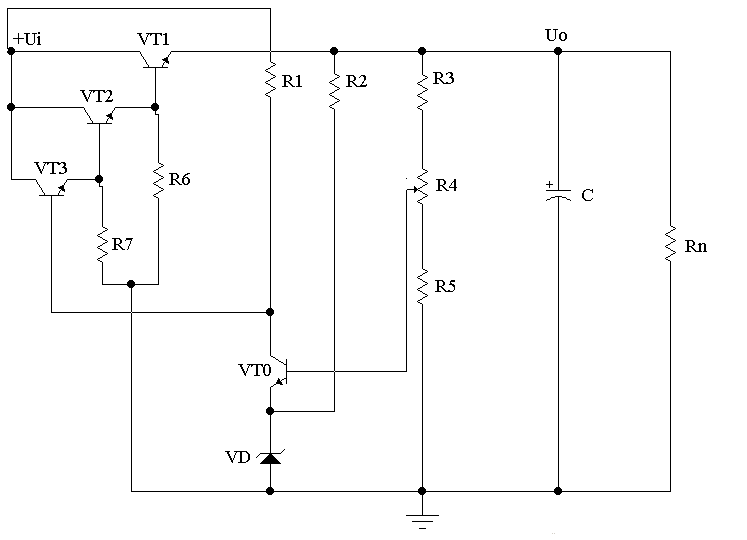
Ketma-ket turdagi parametrik mo‘‘tadillashtirgichda rostlovchi tranzistor VT1 emitter zanjirida aktiv Rn yuklamali kuchaytirgich sxemasi bo‘yicha ulangan. Kirish qarshiligi R0 va stabilitron VD1 parametrik kuchlanish mo‘‘tadillashtirgichini hosil qiladi va tayanch kuchlanish Ust ni manbasi bo‘lib hisoblanadi. YUklamadagi kuchlanish Un=Ust-Ub–e. Bunda aktiv yuklamada ishlayotgan tranzistorning Ub–e kuchlanishi juda kam bo‘ladi, shuning uchun yuklamadagi kuchlanish Un stabilitron kuchlanishi Ust ga yaqin bo‘ladi. Kirish kuchlanishining barcha o‘zgarishlari rostlovchi tranzistor emitter-kollektor uchastka-sida qoplanadi. CHiqish kuchlanishi esa berilgan chegaralarda qoladi, ya’ni mo‘‘tadillashadi. Qoplovchi tranzistorli kuchlanish mo‘‘tadil-lashtirgichlari parametrik kuchlanish mo‘‘tadillashtirgichlardan sezilarli darajada ustun turadi.

1. **Mo‘tadillashtirgichlarni tekshirish uchun virtualmodellarning sxemalari**

Parametrik va qoplovchi kuchlanishi mo‘‘tadillashtirgichlarining ishlashini o‘rganish uchun, Electronics Workbench (EWB) dasturida ushbu mo‘‘tadillashtirgichlarining virtual modellarining sxema-lari yig‘iladi (9.1 rasm va 9.2 -rasm)



**9.1-rasm. Statik mo‘‘tadillashtirgichni tekshirish modelining sxemasi**



**9.2-rasm. Qoplovchi tranzistorli mo‘‘tadillashtirgichni tekshirish modelining sxemasi**

1. **Labaratoriya ishini bajarish uchun topshiriqlar**

1. Electronics Workbench (EWB) dasturida mo‘‘tadillashtirgich sxemasini (9.1-rasm) yig‘ish. Stabilitron kuchlanishni o‘lchash va tokini aniqlash. Stabilitrondagi kuchlanish Ust ning qiymatlarini 9.1-jadvalda berilgan EYUK manbasining qiymatlari asosida o‘lchash va shu jadvalga o‘lchash natijalarini kiritish. Tok Ict ni har bir kuchlanish Ust ning qiymati uchun aniqlab, natijalarni 9.2-jadvalga kiritish. 9.2-jadval asosida stabilitronning volt-amper tavsi-fini tuzish.

9.1-jadval

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| RL Om | UCT B | I1 mA | IL mA | ICT mA |
| 75 |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |
| 200 |  |  |  |  |
| 300 |  |  |  |  |
| 600 |  |  |  |  |
| 1K |  |  |  |  |
| Qisqa  tutashuv |  |  |  |  |

9.2-jadval

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| E, V | Unp, mV | Inp. mA |
| 0 |  |  |
| 4 |  |  |
| 6 |  |  |
| 10 |  |  |
| 15 |  |  |
| 20 |  |  |
| 25 |  |  |
| 30 |  |  |
| 35 |  |  |

2. Parametrik mo‘‘tadillashtirgichning yuklama tavsifini olish. Aktiv qarshilik R=75 Om ni stabilitronga parallel ravishda ulash. Kuchlanishni 20V ga qo‘yish. Sxemani ishga tushirish, o‘lchash natija-larini 9.2-jadvalga kiritish. Tok manbaga ketma-ket ulanganda, tok I ni rezistor R orqali hisoblash.

3. Ossillograf ekranidan stabilitronni volt-amper tavsifini olish.

4. Qoplovchi tranzistorli mo‘‘tadillashtirgichni Electronics Workbench (EWB) dasturidagi sxemasini yig‘ish. (9.2-rasm). Stabil-lash kuchlanishini o‘lchash.

5. Tekshirish natijalarini 9.2-jadvalga kiritish. Stabilitron-ning volt-amper tavsifini tuzish.

1. **Tekshiruv savollari**

1. Kuchlanish manbasi nisbatan o‘zgarganda, stabilitronda kuchla-nishni o‘zgarishini taqqoslang. Stabillash darajasiga baho bering.

2. YUklama qarshiligi mo‘‘tadillashtirgichning chiqish kuchlani-shini stabillash darajasiga ta’sir qiladimi?

3. Stabilitron toki 20 mA ga kamaysa, stabilitron kuchlanishi Uct qanday o‘zgaradi?

4. Kirish kuchlanishi U=15V bo‘lganda, stabilitron toki Ist ning qiymati qanday bo‘ladi?

5. Qarshilikni qiymati R=200 Om bo‘lganda, stabilitron toki Ist ning qiymati qanday bo‘ladi?

6. Kuchlanish Ust va qarshilik R kamayganda, mo‘‘tadillashtirgich-ning chiqishidagi tok qanday bo‘ladi ?

Fоydаlinilgаn adаbiyotlаr

1. *Karimov A.S. va boshqalar . «Elektrotexnika va elektronika asoslari» Toshkent-O`qituvchi-1995 y.*
2. *Karimov A.S. va boshqalar. «Nazariy elektrotexnika asoslari» Toshkent-O`qituvchi-2002 y.*
3. *N.X. Xonboboyev «Elektrotexnika va elektronika asoslari» Toshkent-O`qituvchi-1997 y.*
4. *Karimov A.S. va boshqalar. «Elektrotexnika» (masalalar tuplami va laboratoriya ishlari) Toshkent, O’qituvchi 1975 y.*
5. *Касаткин А.С., Немцов М.В. «Электротехника». Москва, Энергоотомиздат. 1988 год.*
6. *И.И.Иванов, Б.С.Равдоник «Электротехника» Москва, Высшая школа 1984 год.*
7. *Ф.И.Андреев Основы электротехники. Учеб. пособие. Екатеринбург 2004 г.*
8. *Под.редакцией А.Т.Блажкина«Общая электротехника» Ленинград Энергоатомиздат 1986г.*
9. *А. Я. Шихин и др. «Электротехника»Москва “Высшая школа» 1991 г.*
10. *Nigmаtоv О.T. Rаdiоelеktrоnikа аsоslаri- Tоshkеnt. O’qituvchi 1994y.*
11. *Turdiеv S.R. Rаdiоelеktrоnikа аsоslаri –. Tоshkеnt. O’qituvchi 1996y.*
12. *Г.Н.Горбачев, Е.Е. Чаплыгин. Промышленная электроника: для студентов вузов. Москва, Энергоотомиздат.1988 год.*
13. *Electronics Workbench Multisim v8.2.12.SP1 dasturi.*
14. *Gerasimov V.G. Osnovы promыshlennoy elektroniki. M. Vsh 1978 – 336 s.*
15. *Kitaev V.E. Elektrotexnika s osnovami i promыshlennoy elektroniki.Vsh. 1985 y. – 224 b.*
16. *RadioElektronika asoslari- Nigmatov O.T. Toshkent. Ukituvchi 1994y.*
17. *RadioElektronika asoslari – Turdiev S.R. Toshkent. Ukituvchi 1996y.*
18. *Osnovo’ promo’shlennoy Elektroniki. Pod red. V.G. Gerasimova. –M.: Vo’sshaya shkola, 1987-366s.*

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.**

**ИЗМЕРЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА.**

**1. Цель работы:**

1. Ознакомиться с конструкцией амперметра и вольтметра магнита- электрической системы.

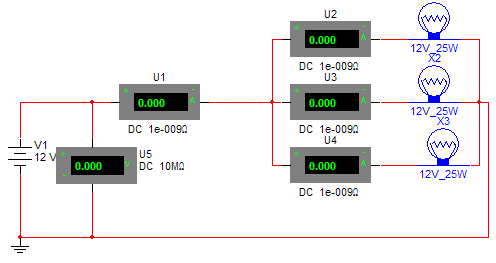
2. Научиться собирать электрические схемы включения приемников энергии в сеть (последовательное, параллельное и смешанное соединения).

3. Научиться измерять при этих соединениях силу тока и напряжения для отдельных участков цепи и для всей цепи.

4. Практически проверить первый и второй законы Кирхгофа для всей цепей постоянного тока.

**2. Пояснение к работе.**

**1.** Определение сопротивления каждой из трех ламп по методу амперметра и вольтметра (рис 1.1).



***Рисунок-1.1***

По показаниям амперметра и вольтметра при поочередном включении

ламп определяется сопротивление нити каждой лампы по закону Ома.

**2.**Определение общего сопротивления нитей трех параллельных

включенных ламп накаливания (рис 1.1).

По закону Ома:



где I - показания амперметра, А

U -показания вольтметра, В

По схеме параллельно включения ламп проверяются следующие основные

соотношения:

а) Общий ток в цепи равен сумме токов параллельно включенных

приемников (первый закон Кирхгофа)



Данные берутся из таблиц 1.1 и 1.2

б) Расчетное сопротивление цепи с параллельным

соединением приемников вычисляется по формуле:

откуда 

Величины R1 R2 R3 берутся из таблицы 1.1 . Сравнивается R р с R общ

полученным по данным опыта ( таблица 1.1)

**3.**Определение сопротивления нитей последовательно включенных ламп.

Сопротивление с каждой лампы при последовательном соединением

определяется по закону Ома

где I –ток в цепи, А

U1, U2, U3 -напряжения на каждой лампе

Эти падения напряжения на каждой лампе поочередно

Общее сопротивление определяется по закону Ома

где U-подводимое напряжения

По схеме (рис2.2) последовательно включения ламп проверяются

следующие основные соотношения:



***Рисунок-1.2***

а) расчетное сопротивление цепи с последовательным соединением ламп равно

сумме сопротивлений отдельных ламп

Rр = R1 +R2 +R3

Это величина сравнивается с Rобщ полученным из опыта

б) Подведенное к цепи напряжение равно падений напряжения на отдельных

лампах (второй закон Кирхгофа)

U = U1 +U2 +U3

в) Величина тока во всех участках цепи одинакова

**4.** Определение сопротивления нитей и общего сопротивления всей цепи

смешанном соединении (рис 1.3) производится по закону Ома.



Т.к. лампы Л2 и Л3 соединены параллельно, то, очевидно, что U2 = U3

напряжения U1 , U2 ,U3, U измеряются вольтметром с помощью щупов.

Расчетное сопротивление определяется по следующему выражению:

***Рисунок-1.3***

Эта величина сравнивается с RР полученным из опыта

**5.** Обратить внимание на то, что сопротивления R1, R2, R3 , полученные из

различных опытов, одинаковы. Это объясняется тем, что токи, проходящие по

нити накаливания при различных схемах соединения неодинаковым. А ток,

проходя по проводнику, выделяется тепло, по количеству пропорциональное

квадрату силы тока (закон Джоуля-Ленца). Это тепло увеличивает температуру

проводника, что и вызывает увеличение его сопротивление нити больше.

**3. Порядок выполнения работы.**

1. Собрать схему рис. 1.1.

2. Включая поочередно по одной лампе Л 1 Л2 Л3 записать показания амперметра и вольтметра в таблицу 1.1.

3. Включив три лампы параллельно, записать показания амперметра и

вольтметра в таблицу 1.2 .

4. Собрать схему рис. 1.2

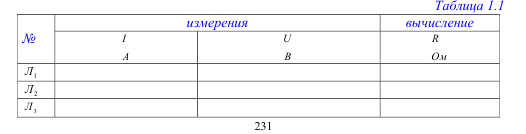
5. Вольтметром с помощью щупов измерить напряжения на каждой лампе и общее напряжения сети. Результаты измерения напряжения, а также показания амперметра записать в таблицу 3

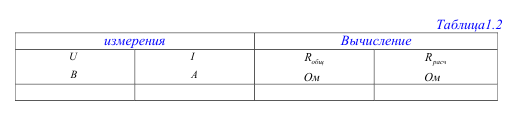
6. Собрать схему рис. 1.3

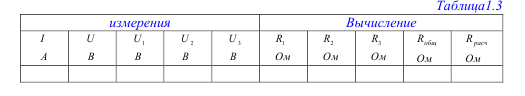
7. Вольтметром с помощью щупов измерить напряжения на каждой лампе в общее напряжение сети. Результаты измерения напряжения а также показания записать в таблицу 1.4

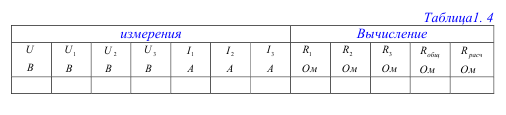
8. Вычислить сопротивления каждой лампы, а также общей и расчетное

сопротивление для схем п.п. 1, 4, 6 и результаты вычислений записать в таблицы 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.









**4. Контрольные вопросы.**

1. Как определить общее сопротивление трех параллельно включенных ламп

по методу амперметра и вольтметра?

2. Как определить расчетное сопротивление при параллельном соединении?

3. Как формулируется первый закон Кирхгофа?

4. Как определить расчетное сопротивление при последовательном

соединении?

5. Как формулируется второй закон Кирхгофа?

6. Как определить расчетное сопротивление при смешанном соединении?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.**

1. Цель работы.

1. Проверить особенности применения второго закона Кирхгофа в цепи переменного тока.
2. Научиться определять полное сопротивление в цепи переменного тока *Z*, а так же его составляющие–активное сопротивление *R* и реактивное сопротивление *Х*
3. Научиться определять параметры цепи активное сопротивление *R*, индуктивность *L* и ёмкость *С*.

2. Пояснения к работе.

В работе изучаются следующие случаи последовательного соединения потребителей цепи переменного тока:

а) Два активных сопротивления (реостаты *R1*и *R2*)

б) Реостат и катушка индуктивности *L* - активно- индуктивная нагрузка

в) Реостат и катушка ёмкостью *С* - активно - емкостная нагрузка

При включении в цепь переменного тока потребителей электрической энергии закон Ома имеет следующее выражение:



где *I*- действующее значение тока, А,

*U*- действующее значение напряжения, В,

*Z*- полное сопротивление цепи, Ом,

*R-* активное сопротивление, Ом,

*XL*– индуктивное сопротивление, Ом,

*XC* – ёмкостное сопротивление, Ом,

*xL = ωL, xC= 1 / ωC*

здесь *L* – индуктивность катушки, *Гн*

*С* – емкость конденсатора, *Ф*.

*ω=2πf*– угловая частота переменного тока,с-1

*f* – частота переменного тока в сети, измеряемая в герцах (Гц).

Приведенное выражение закона Ома справедливо при последовательном соединении потребителей. Активная мощность, потребляемая в такой цепи, равна

*P = UIcosϕ*

где *сosφ* – коэффициент мощности,

*φ* – угол сдвига фаз между токам и напряжением.

В общем случае, когда электрическая цепь, подключенная к источнику переменного тока, имеет различные по характеру параметры (индуктивность, емкость или активное сопротивление), то алгебраическая сумма падений напряжения на участках цепи (2-й закон Кирхгофа) не будет равно напряжению этого источника, как это было для цепи постоянного тока, а будет больше его, В цепи переменного тока только геометрическая сумма векторов падений напряжения будет равно приложения будет равна приложенному напряжению.



В этом и заключается особенность применения 2-го закона Кирхгофа для цепи переменного тока. При чисто активной нагрузке 2-й закон Кирхгофа применяется также, как и в цепи постоянного тока

3. Порядок выполнения работы.

1. Собрать схему, состоящую из активных сопротивлений реостатов R1 и R2 (рис 2.1а)

2.Установить значение тока, указанное преподавателем, и произвести соответствующие записи измерений в таблицу 1 *U1* и *U2* равна приложенному напряжению сети U.

3.Заменить в собранной схеме 2-й реостат катушкой индуктивности L (рис. 2.1б.)

4.Выполнить указанное в пунктах 2 и 3. Убедиться в том, что алгебраическая сумма напряжений *U1* и *Uк* больше приложенного напряжения сети *U*.

5.Заменить в собранной схеме катушку конденсатором.

6.Выполнить указанное в пунктах 2 и 3. Убедиться в том, что алгебраическая сумма напряжений *U1* и *Uкон* больше приложенного напряжения сети.

7.Построить векторные диаграммы токов и напряжений.



***Рисунок-3.1***



***Рисунок-3.2***



***Рисунок-3.3***

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | *измерения* | | | | | *вычисление* | | | | | | |
| *Характер*  *нагрузки* | |  |  | *Р* | |  | | | *Z*  *Ом* | *R*  *Ом* | *Х*  *Ом* | *L*  *r* | *С*  *мкФ* |
| *дел* | *Вт* | *Из*  *диагр* | | *Рас-*  *чётн* |
| *Актив*  *ная* | *реостат* |  |  |  |  |  | |  |  |  | - | - | - |
| *реостат* |  |  |  |  |  | |  |  |  | - |  | - |
| *Вся цепь* |  |  |  |  |  | |  |  |  | - | - | - |
| *Актив*  *индукт* | *реостат* |  |  |  |  |  | |  |  |  | - | - | - |
| *Индуктив*  *катушка* |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | - |
| *Вся цепь* |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | - |
| *Актив*  *ёмкостн* | *реостат* |  |  |  |  |  | |  |  |  | - | - | - |
| *конденсатор* |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | - |  |
| *Вся цепь* |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | - |  |

8.Произвести определение параметров, сделав все необходимые вычисления согласно таблице 1

9.Сделать выводы: особенности применения закона Ома и второго закона Кирхгофа в цепи переменного тока: влияние параметров цепи на угол сдвига фаз между током и напряжением

4. Пояснения к оформлению отчета.

**1.Построение векторных диаграмм.**

Все векторные диаграммы строится в масштабе.

а) активная нагрузка.

Из точки «0» отложить вектор тока (рис 2.2). Из этой же точки отложить вектор падения напряжения на первом реостате U1 по направлению вектора тока, так как сдвиг фаз φ = 0. Из конца вектора U1 отложить вектор падения напряжения на втором реостате U2 Сумма их будет равна вектору приложенного напряжения U.

0

U

U1

U2

I

ϕ = 0

UaК=IRК

UL =IXL

U

UК

U1

I

0

***Рис. 3.4***

***Рис3.5***

б) активно-индуктивная нагрузка.

Из точки «0» отложить вектор тока *I* (рис 2.3) . Из этой же точки отложить вектор падения напряжения на первом реостате *U1* по направлению вектора тока. На основании 2-го закона Кирхгофа для данной цепи



где *ZK*– полное сопротивление цепи катушке, Ом

*UK* – полное падение напряжения на катушке, В

Затем из конца вектора *U1* по ходу против часовой стрелки сделать засечку радиусом, равным вектору *Uк*, а из точки о сделать засечку радиусом, равным вектору напряжения *U0*. Соединив точку пересечения засечки с концом вектора *U1* и точкой 0, получим векторную диаграмму. Напряжение на катушке *UК*можно разложить на составляющие–на активное напряжение *Uак=IRк* индуктивное *UL = IXL* .

в) активно- емкостная нагрузка.

Построение векторной диаграммы ведется также, как и для активно- индуктивной нагрузки, но засечки делаются по ходу часовой стрелки, р. к. ток при этой нагрузке опережает напряжение по фазе (рис.2.4). Напряжение на конденсаторе можно разложить на составляющие - на активное напряжение

*Uaкон=IRкон* и емкостное напряжение *Uc=IXc* При правильном выполнении опыта Ua кон должно получиться очень небольшим по сравнению с *UС*

UL

Uак =IRк

I

UK

UC=IXC

0

***Рис.3.6***

**2. Определение параметров схемы.**

а) коэффициент мощности определяется по показаниям приборов на выражения



Из векторной диаграммы *сosφ* можно определить, измерив соответствующие углы и по тригонометрическим таблицам найдя значение *сosφ* , или в соответствующих прямоугольных треугольниках измерить катет и гипотенузу в мм, и взять их отношение. Второй способ дает более точные результаты.

б) Полное сопротивление любого участка цепи определяется по закону Ома 

в) Активное сопротивление всей цепи можно определить по активной мощности всей цепи



Активные сопротивления отдельных участков цепи (реостатов, катушки или конденсатора) определяются аналогичным путем подстановки в эту формулу соответствующих активных мощностей реостата, катушки или конденсатора. Активные мощности определяются по показаниям ваттметра.

г) реактивное сопротивление Х всей цепи будет равно



д) для определения индуктивности катушки вычисляется индуктивное сопротивление катушки, *ХL* по формуле



где *ZК*– полное сопротивление катушки, равное 

*RК*–активное сопротивление катушки, равное 

Откуда 

е)определение емкости конденсатора *С* делается аналогично, т.е. определяется емкостное сопротивление *ХС*, затем определяется емкость



Обычно активное сопротивление конденсатора очень мало по сравнению с ёмкостным и поэтому можно считать



**5.Домашняя подготовка к работе.**

* 1. Изучить методы и средства измерений в цепях переменного тока.
  2. Вычертить исследуемую электрическую схему с включенными в неё необходимыми измерительными приборами.
  3. Получить навыки построения векторных диаграмм для простейших электрических цепей, содержащих R, L, C элементы. Построить качественную векторную диаграмму для заданной электрической схемы.
  4. Изучить особенности применения законов Ома и Кирхгофа для цепей переменного тока.
  5. Усвоить физический смысл расчётных выражений, приведённых в настоящем описании.

**6.Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Эксперименты выполняются на лабораторном стенде для исследования простых цепей однофазного синусоидального тока.

Выводы измерительных приборов находятся непосредственно под каждым прибором и имеют соответствующие приборам условные обозначения. Выводы катушки индуктивности и ёмкости обозначены, соответственно, как L и C. Активное сопротивление R представлено реостатом и может варьироваться.

Питание на стенд подаётся последовательным включением автоматов «Сеть» и АП (устройство защитного отключения типа УЗОШ).Сигнализация о включении автоматов осуществляется соответствующими лампочками. Регулирование подаваемого на исследуемую схему напряжения питания U производится при помощи лабораторного автотрансформатора «Латр».

**7.Требования к отчёту.**

Отчёт по работе должен содержать:

1. Исходную электронную схему и схему, содержащую все необходимые для выполнения работы измерительные приборы;
2. Таблицу результатов измерений;
3. Векторные диаграммы токов и напряжений с указанием масштабов и последовательности построений;
4. Расчёты электрических параметров всех элементов исследуемой схемы;
5. Расчёты активной, реактивной и полной мощностей для исследованной цепи;
6. Графики мгновенных значений токов или напряжений.

**8. Вопросы для самопроверки.**

* 1. Какова цель лабораторной работы?
  2. Написать формулы, связывающие максимальное и действующее, максимальное и среднее значения переменного напряжения.
  3. Как построить векторную диаграмму тока и напряжений для следующих случаев нагрузки: а) последовательное включение двух реостатов, б) последовательное включение реостата и катушки, в) последовательное включение реостата и конденсатора?
  4. Как определить коэффициент мощности для всей цепи и для определенных участков цепи?
  5. Что называется углом сдвига фаза?
  6. Как определяется активное сопротивление реостата, катушки, конденсатора и всей цепи?
  7. Как определяется реактивные индуктивное и емкостное сопротивления?
  8. Как определяются индуктивность катушке и емкость конденсатора?

**Лабораторная работа № 3**

**ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

1. Цель работы.

1. Проверить особенности применения первого закона Кирхгофа в цепи переменного тока.
2. Научиться определять сопротивление в цепи переменного тока (полное *Z*, активное *R* и реактивное *Х* ).
3. Научиться определять параметры цепи активное сопротивление *R*, индуктивность *L* и ёмкость *С*.

2. Пояснения к работе.

В работе изучаются следующие случаи параллельного соединения потребителей цепи переменного тока:

а) Реостат *R* и катушка индуктивности *L* - активно- индуктивная нагрузка;

б) Реостат *R* и конденсатор *С* - активно – емкостная нагрузка;

в) Катушка индуктивности *L* и конденсатор *C* индуктивно – емкостная нагрузка;

Ток в каждой из параллельных ветвей определяется по закону Ома следующим образом:

а) ветвь с активным сопротивлением



где *I*а - ток, проходящий через реостат ,

*U* - напряжение сети В.

*R* - сопротивление реостата, Ом

б) Ветвь с индуктивностью.



где *IK* - ток, проходящий через катушку,

*ZK* - полное сопротивление катушки, Ом.

*RK* - активное сопротивление катушки, Ом.

*XL* - индуктивное сопротивление катушки, Ом.

*ω* - угловая частота переменного тока, равная. (ω = 2 πf частота переменного тока в сети f=50 Гц)

в) ветвь с емкостью



где *IC* - ток, проходящий через конденсатор;

*RKOH* - активное сопротивление конденсатора, Ом.

*XC* - емкостное сопротивление конденсатора, Ом.

*C*-ёмкость конденсатора.

Обычно активное сопротивление конденсатора очень мало по сравнению с емкостным сопротивлением конденсатора. В расчетах активным сопротивлением конденсатора пренебрегают.

По I–му закону Кирхгофа цепи переменного тока геометрическая сумма токов в узле равна нулю, т.е.

*∑I = 0*  или *I = Iа+ IК*

где I - ток в неразветвленной части цепи (рис. 2.1).

Если же взять алгебраическую сумму токов, протекающих по параллельным ветвям, то она будет больше, чем ток в неразветвленной части цепи, т.е.

*Iа+ IК > 1*

В этом и заключается особенность применения I – го закона Кирхгофа в цепи переменного тока. Если же цепь переменного тока будет состоять только из активных сопротивлений или только из чисто индуктивных или ёмкостных то I- ый закон Кирхгофа применяется также, как и в цепи постоянного тока.

Активная мощность, потребляемая в цепи переменного тока, равна

P = UIcosϕ

где *cosϕ* - коэффициент мощности.

*ϕ -* угол сдвига фаз между напряжением и током в неразветвленной части цепи.

Аналогичное выражение будет и для активной мощности, потребляемой в параллельных ветвях.

*PR = U IR ( cos ϕR = 1) PК = U IF cos ϕК PC= U IC cos ϕ*

где *РR* - мощность, потребляемая реостатом, вт

*PK* - мощность потребляемая катушкой, вт

*РС* - мощность, потребляемая конденсатором, вт

Общая активная мощность всей цепи будет складываться из алгебраической суммы мощностей параллельных ветвей. Алгебраическая мощность измеряется ваттметром.

3. Порядок выполнения работы.

1. Собрать схему, состоящую из активного сопротивления реостата и реостата (рис .2. 1).
2. Установить значения токов, указанных преподавателем и произвести записи измерений в таблицу 2*.1.* .
3. Собрать схему, состоящую из активного сопротивления реостата и катушки (рис .2. 2).
4. Установить значения токов, указанных преподавателем и произвести записи измерений в таблицу 2*.2.*

Убедиться в том что алгебраическая сумма токов *Iа* и *IK* больше общего тока

1. Собрат схему, состоящую из конденсатора и реостата (рис.2.3)

и выполнить п.2. Убедиться в том, что алгебраическая сумма токов *IK* и IA больше общего тока *I.*

*****русунок-2.1***



***Русунок-2.2***



***Русунок-2.3***



***Русунок-2.4***

1. Собрать схему, состоящую из активно, конденсатора и катушки (рис.2.4) и выполнить п.2. Убедиться в том, что алгебраическая сумма токов *IK* и *IC* больше общего тока *I.*
2. Построить векторные диаграммы токов и напряжений для пунктов 1,3 и 4. Произвести определение параметров, сделав необходимые вычисления согласно таблицы 2.1.
3. Сделать выводы по работе: особенности применения закона Ома и I-го закона Кирхгофа в цепи переменного тока, оценить влияние параметров цепи на угол сдвига фаз между током и напряжением.
4. Сделать выводы по работе: особенности применения закона Ома и I-го закона Кирхгофа в цепи переменного тока, оценить влияние параметров цепи на угол сдвига фаз между током и напряжением.

*Таблица 2.1.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Характер нагрузки* | | *Измерения* | | |
| *U* | *I* | *P* |
| *В* | *а* | *Вт* |
| *Активно - Активной* | *Реостат* |  |  |  |
| *Реостат* |  |  |  |
| *Вся цепи* |  |  |  |
| *Активно-*  *индуктивной* | *Реостат* |  |  |  |
| *Катушка* |  |  |  |
| *Вся цепь* |  |  |  |
| *Активно- емкостной* | *Реостат* |  |  |  |
| *Конденсатор* |  |  |  |
| *Вся цепь* |  |  |  |
| *Индуктивно- емкостной* | *Катушка* |  |  |  |
| *Конденсатор* |  |  |  |
| *Вся цепи* |  |  |  |

*Таблица 2.2.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Вычисление* | | | | | |
| *Параметры всей цепи* | | | | | |
| *расчётн* | *из диагр* | *R*  *Ом* | *Z*  *Ом* | *Х*  *Ом* | *Характер*  *нагрузки* |
|  |  |  |  |  | *Актив*  *индукт* |
|  |  |  |  |  | *Актив*  *ёмкостн* |
|  |  |  |  |  | *Индукт*  *ёмкостная* |
| *Параметры катушки* | | | | | |
| *расчётн* | *из диагр* | Ом | *Ом* | *Ом* | *L*  *гн* |
|  |  |  |  |  |  |
| *Параметры конденсатора* | | | | | |
| *расчётн* | *из диагр* | *Ом* | *Ом* | *Ом* | *С*  *мкФ* |
|  |  |  |  |  |  |

1. Пояснения к оформлению отчета.
2. Построение векторных диаграмм.

*а) Активно-индуктивная нагрузка.*

Из точки «0» отложить вектор напряжения *U*. Из этой же точки отложить вектор тока *Iа*, протекающего через реостат по направлению вектора напряжения. На основании I-го закона Кирхгофа для данной цепи имеем

*I = Iа + IK*

*IR*

*IR/*

*U*

*I*

*I/*

*IL*

*ϕ*

*ϕ\*

*ϕ*

*ϕkon*

*I*

*Ikon*

*IC*

*IR*

*U*

*IRkon*

***Рис. 2.5***

***Рис. 2.6***

Для того чтобы соблюсти это выражение, нужно из конца вектора Iа по ходу часовой стрелки (т.к. индуктивный ток отстает по фазе от напряжения) сделать засечку радиусом, равным вектору тока *IK*, а из точки сделать засечку, радиусом, равным вектору общего тока *I*. Соединив точку пересечения засечек с концом вектора Ia и точкой 0, получим векторную диаграмму. Ток катушки *IK* можно разложить на составляющие активный ток *Ia,к* и индуктивный ток *IL* (см. рис. 2.5).

*б) Активно- емкостная нагрузка.*

Построение векторной диаграммы ведется также, как и для активно- индуктивной нагрузки на засечке делаются по ходу против часовой стрелки, т.к. теперь в цепи будет емкостный ток, а он опережает напряжение по фазе (рис 2.6) Ток конденсатора можно разложить на составляющие – активный ток Iа.кон и емкостный ток Ic . Активный ток Iа.кон  должен получиться малым по сравнению с емкостным.

*в) Индуктивно- ёмкостная нагрузка.*

Из точки 0 (рис. 2.7) отложить вектор напряжения U. Из этой же точки под углом φК, полученным из диаграммы для активно индуктивной нагрузки ( рис 2.7) , отложить вектор тока IК. Затем из этой же точки отложить вектор тока Iкои  под углом φКон  полученным из диаграммы для активно-ёмкостной нагрузки (рис 2.7) . Сумма этих векторов будет равна вектору общего тока I . В зависимости от соотношения токов IК и Iкон общий ток I может или отставать по фазе от напряжения, или опережать его. Общий ток можно разложить на составляющие - активный ток Iа и реактивный ток Iр

*Ikon*

*ϕkon*

*ϕ\*

*I*

*IР=U в*

*IR=U д*

*I\*

*ϕ*

***Рис.2.7***

2) Определения параметров цепи.

*а) Определение активной мощности, потребляемой участками цепи.*

Мощность, потребляемая реостатом, будет равна

*РR=UIa*

где *U*- подводимое напряжение , в

*Iа* –ток, проходящий через реостат, а

Мощность потребляемая катушкой будет равна разности

*РК = Р- РR*

где Р- мощность, измеренная ваттметром, Вт

Таким же образом определяется и мощность, потребляемая конденсатором

В схеме рис. 2.3 значения мощностей Рк  и Р. кон будут такими же, как и для схем, рис.1 и рис. 2 если напряжение U во всех случаях будет одним и тем же. Если же напряжение изменится, то мощности изменятся пропорционально квадрату напряжения.

*б) Определение коэффициента мощности.*

коэффициента мощности для всей цепи определяется по формуле



Для параллельных ветвей коэффициент мощности определяется по такой же формуле, но мощность и ток подставляются в неё соответственно для каждой ветви.

Коэффициент мощности можно определить из векторных диаграмм, для чего надо измерить соответствующие углы и соответствующих прямоугольных треугольниках на диаграммах измерить катеты и гипотенузы и взять их отношения. Последний способ даст более точные результаты.

*в) Определение параметров*

1. Параметры всей цепи:

Полное сопротивление 

Активное сопротивление 

Реактивное сопротивление 

2. Параметры катушки:

Полное сопротивление zК = U / IF

Активное сопротивление 

Индуктивное сопротивление 

Индуктивность катушки 

3. Параметры конденсатора:

Емкостное сопротивление (пренебрегая активным сопротивлением)



Емкость конденсатора 

**5. Домашняя подготовка к работе.**

* 1. Изучить методы и средства измерений в цепях переменного тока.
  2. Вычертить исследуемую электрическую схему с включенными в неё необходимыми измерительными приборами.
  3. Получить навыки построения векторных диаграмм для простейших электрических цепей, содержащих R, L, C элементы. Построить качественную векторную диаграмму для заданной электрической схемы.
  4. Изучить особенности применения законов Ома и Кирхгофа для цепей переменного тока.
  5. Усвоить физический смысл расчётных выражений, приведённых в настоящем описании.

**6. Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Эксперименты выполняются на лабораторном стенде для исследования простых цепей однофазного синусоидального тока.

Лицевая панель стенда изображена на рис. 2. Выводы измерительных приборов находятся непосредственно под каждым прибором и имеют соответствующие приборам условные обозначения. Выводы катушки индуктивности и ёмкости обозначены, соответственно, как L и C. Активное сопротивление R представлено реостатом и может варьироваться.

Питание на стенд подаётся последовательным включением автоматов «Сеть» и АП (устройство защитного отключения типа УЗОШ).

Сигнализация о включении автоматов осуществляется соответствующими лампочками. Регулирование подаваемого на исследуемую схему напряжения питания U производится при помощи лабораторного автотрансформатора «Латр».

**7. Требования к отчёту.**

Отчёт по работе должен содержать:

1. Исходную электронную схему и схему, содержащую все необходимые для выполнения работы измерительные приборы;
2. Таблицу результатов измерений;
3. Векторные диаграммы токов и напряжений с указанием масштабов и последовательности построений;
4. Расчёты электрических параметров всех элементов исследуемой схемы;
5. Расчёты активной, реактивной и полной мощностей для исследованной цепи;
6. Графики мгновенных значений токов или напряжений.

**8. Вопросы для самопроверки.**

1. Чему равно среднее значение синусоидального тока за период?
2. Как складываются векторные величины?
3. Изобразить векторные диаграммы для активно- индуктивной и активно- ёмкостной цепей.
4. Как рассчитать полное сопротивление, если известны активное и индуктивное сопротивления, соединённые параллельно?
5. В чем заключается особенность применения I – го закона Кирхгофа в цепях переменного тока.
6. Как применяется закон Ома в цепях переменного тока.
7. Как определить индуктивность катушки и ёмкость конденсатора.
8. Что называется сдвигом фаз.

Как определяется коэффициент мощности.

**Лабораторная работа № 4**

**РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙИ РЕЗОНАНС ТОКОВ.**

1. Цель работы.

1) Ознакомиться с явлениям резонанса на практике.

2) Исследовать изменение напряжения на катушке и на конденсаторе при изменении ёмкости конденсатора.

3) Определить периметры цепи при резонансе напряжений, напряжение на катушке и на конденсаторе будет больше напряжения сети.

4)Практически ознакомиться с явлением резонанса токов.

5)Исследовать изменение тока на участках цепи и в общей части цепи при изменении ёмкости конденсаторов.

6)Определить момент наступления резонанса токов.

7)Определить проводимости цепи в момент резонанса токов.

2. Пояснения к работе.

Резонансом напряжения называется такой режим электрической цепи, состоящей на последовательно соединенных индуктивной катушки и конденсатора, которой наступает при равенстве реактивных сопротивлений, т.е.

*xL=xC* или 

где *ω*- угловая частота переменного тока ,равная *ω = 2 f*

1. *f*- частота переменного тока ,*гц*

*L* - индуктивность катушки, *гн*

*C*- ёмкость конденсатора, *ф*

При резонансе:

а) полной сопротивление цепи будет равно активному сопротивлению



б) коэффициент мощности будет равно активному сопротивлению



в) ток в цепи будет иметь наибольшее значение



г) реактивные напряжения будут равны друг другу

*UL= UC*

Реактивное напряжение UР –будет равно нули

*UP=UL-UC= 0*

д) приложенное напряжение затрачивается только на активное падения напряжения



Следовательно, при резонансе напряжений электрическая цепь, состоящая из активного сопротивления, индуктивности и ёмкости, проявляет себя так, как будто она имеет только активное сопротивлению

Хотя реактивное напряжение при резонансе напряжений равно нулю, индуктивное и ёмкостное напряжения в отдельности не равны нулю и могут достигать очень больших значений по сравнению с подводимым напряжением. Это видно из выражений



при малом значении *R*и большом *ХL* напряжение *UL*и равное ему *UC* могут оказаться в десятки раз больше подводимого напряжения.

При резонансе напряжений реактивная мощность, потребляемая из сети, будет равна нулю.

*Q = QL- QC = 0*

Так как реактивные мощности катушки и конденсатора равны друг другу, а полная мощность равна активной мощности



Следовательно, при резонансе напряжений происходит обмен энергией между катушкой и конденсатором, а обмена энергией между сетью и катушкой или сетью и конденсатором, а обмена энергией между сетью и катушкой или сетью и конденсатором не происходит.

Резонанс напряжений может оказаться опасным для установки, в которой он возникнет, т.к. может произойти повышение напряжения, о котором говорилось выше. Такой случай может иметь место, например, если в кабельную линию, обладающую ёмкостью, включить индуктивную катушку какого либо аппарата (обмотку трансформатора)

Но во многих областях техники резонанс напряжений находит полезное применение, например, в качестве фильтров, радиотехнике и др.

3. Порядок выполнения работы.

1. Собрать схему (Рис.4.1)



***Рисунок-4.1***

2. Изменяя ёмкость конденсаторов через 2 мкф, записывать показания приборов в таблицу 5.1.в области близкой к резонансу, изменения ёмкости делать через 1мкф.

3. Построить графики *UС, UК, I* в зависимости от *С*.

4. Определить по графику момент резонанса.

5. Вычислить параметры цепи при резонансе напряжений и результаты занести в таблицу 4.2.

6.Построить для момента резонанса векторную диаграмму.

Таблица 4.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№* | Измерения | | | | |
| *С*  *мкФ* |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| ….. |  |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |  |

Таблица 4.2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *По графикам* | | | Вычисления | | | |
| *С*  *мкФ* |  |  | *L*  *r* | *R*  *Ом* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

* 1. 4. Пояснения к оформлению отчета.

а) Построение векторной диаграммы для условий резонанса. Из точки 0 (Рис.7.2)

UL

0

UК

UL

I

900

UC

U=UaК= I RК

***Рис.4.2.***

отложить вектор тока *I* и параллельно ему из этой же точки провести вектор напряжения сети *U*, который будет равен активному падению напряжения на катушке *UаK=IPR*. Затем под углом 900 вниз отложить вектор падения напряжения на конденсаторе *UС*. Так как напряжение на катушке должно быть равно геометрической сумме активного падения напряжения на катушке Uак и индуктивного *ULK*, то из конца вектора *UаК* необходимо восстановить перпендикуляр вверх и размером вектора *UК* сделать засечку на этом перпендикуляре. Отрезок между концом вектора UАК и концом вектора UК будет равен падению напряжения *ULК=UL*. Этот вектор перенести в точку О. Он должен получиться равны вектору *UC* .

б) Построение графиков.

Кривые *UК = f1(C), UC =f2 (C), I = f3 (C)* необходимо построить на одном графике. Точка, где ток *I* достигает максимального значения, соответствуют рез ананасу напряжений. Через максимальное значение тока провести прямую, параллельную оси ординат. Эта прямая пересечёт соответствующие кривые в точках, которые определяют *Uк, UC, С* при резонансе напряжений. Значения, полученные из графика, занести в таблицу 2.

1. **Задание на работу**.

2.1 Исследование резонанса напряжения.

Собрать электрическую схему по рис. 4.1. Установить заданное преподавателем входное напряжение. Изменяя величину ёмкости в цепи замерить силу тока и напряжения на участках цепи. Показания снимать для семи- девяти различных значений ёмкости, в том числе и для резонанса напряжений. Для всех измерений вычислить величины ёмкости, индуктивности и активного сопротивления. Величина активного сопротивления находится по замерам для момента резонанса. Вычислить волновое сопротивление. По результатам опытов и расчётов построить резонансные кривые зависимостей *I; Ua ; UL; Uc; U; φ* в функции от ёмкости *С*.

Методом засечек на основе экспериментальных данных построить векторные диаграммы, иллюстрирующие три режима работы цепи: до резонанса, после резонанса и в момент резонанса.

**6. Домашняя подготовка к работе.**

3.1. Изучить явления резонанса напряжений и токов в электрических цепях.

3.2. Освоить расчеты активных, индуктивных, ёмкостных сопротивлений и проводимостей в цепях переменного тока, расчёты активной и индуктивной составляющих тока.

3.3. Научиться анализировать явления резонанса при помощи векторных диаграмм и резонансных кривых.

3.4. Уяснить принцип компенсации реактивной мощности при помощи конденсаторов.

**7.Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Питание на стенд подаётся через автомат питания АП с индикацией о включении сигнальной лампы «Сеть». Сборка необходимых для экспериментальных исследований электрических схем осуществляется при помощи соединительной шинки из 20 штепселей- шнуров и 19 тумблеров. Установка заданного преподавателем напряжения, подаваемую на исследуемую схему, производится при помощи лабораторного автотрансформатора «Латр». Резонанс в исследуемых на стенде цепях получают изменением ёмкости при помощи переключателей С грубо и С точно, выведенных на лицевую панель, при этом коммутацией переключателя С точно осуществляется изменение величины ёмкости в пределах между двумя величинами ёмкости, устанавливаемыми соседними положениями переключателя С грубо.

Тумблер ТА  служит для переключения пределов измерения амперметра А2. В связи с этим амперметр А2 необходимо включать в цепь для измерения общего тока потребляемого цепью, т.к. в случае резонанса напряжений этот ток максимален, а в случае резонанса токов он минимален.

**8. Требования к отчёту.**

В отчёте должны быть отражены постановка задачи и исследованные электрические схемы. Результаты измерений представляются в виде таблиц. Ход расчетов должен быть отражен как в виде подставленных в формулы численных значений. Резонансные кривые для каждого из резонансов целесообразно построить совмещёнными. Векторные диаграммы должны в масштабе соответствовать результатам измерений. Отчёт должен содержать аналитические выводы по результатам проведённых экспериментов и о практической значимости исследованных явлений.

**РЕЗОНАНС ТОКОВ.**

9. Пояснения к работе.

Резонансом токов называется такой режим электрической цепи, состоящей из параллельно соединённых катушки и конденсаторов, который наступает при равенстве реактивных проводимостей, т.е. при *bL= bC*

Реактивная проводимость катушки равна 

а конденсаторов - *bC= ω С*

при условии если пренебречь малым активным сопротивлением конденсатора,

где *XL=ωL*– индуктивное сопротивление катушки, *ом*

*ZК* – полное сопротивление катушки, *ом*

*R–* активное сопротивление катушки, *ом*

*L*– индуктивность катушки, *гн*

*C*– ёмкость конденсатора, *ф*

*ω =2π*– угловая частота переменного тока, *сек-1*

– частота переменного тока в сети

При резонансе токов наблюдается следующие явления:

а) полная проводимость цепи  равна активной проводимости g



б) коэффициент мощности *cos φрез*равен единице



в) ток в неразветвлённой части цепи

*I = UYрез = Ug*

будет иметь наименьшее значение. Индуктивная составляющая этого тока будет равна ёмкости составляющей, что видно и в следующих выражениях

*bL= bC; UbL= UbC;* т.е. *IL= IC*

г) реактивные мощности *QL*и *QC* будут также равны

*IL = I C : U IL = U IC*,т.е*QL =QC*

Следовательно, в общей части цепи реактивной мощности нет, а полная мощность будет равна активной мощности



Реактивная мощность и реактивный ток будут только в контуре *LC*. Так как сила тока в неразветвлённой части цепи имеет наименьшее значение при резонансе, то потери мощности в подводящих проводах будут наименьшими. При активной постоянной мощности, потребляемой катушкой, активная мощность, потребляемая конденсатором, практически равна нулю.

Это явление используется на практике для уменьшении потерь в проводах при передаче электрической энергии от электрической станции к потребителю, кроме того, явление резонанса токов используется в электротехнике для электрических фильтров, в радиотехнике для получения колебательных контуров.

10. Порядок выполнения работы.

1) Собрать схему Рис.6

2) Изменяя ёмкость конденсаторов, определить момент резонансов. Изменение ёмкости конденсаторов производить через 2 мкФ, а в области резонанса – через 1 мкФ. Записать показания всех приборов в таблицу 4а.1.

3) Построить графики изменения токов, . При изменении ёмкости конденсаторов по графикам определить ёмкость конденсаторов и токи в момент резонанса и данные записать в таблицу 4а.2.

4) Построить векторные диаграммы: а) для момента резонанса и б) общую диаграмму для различных значений тока  в соответствии с таблицей 4а.1.

5) Определить проводимости в момент резонанса токов и записать их значения в таблицу 6.1.



***Рисунок-4а.1***

Таблица 4а.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№* | *И з м е р е н и я* | | | | | *Из вектор.*  *диаграммы.* |
| *С*  *мкФ* | *U*  *В* | *I*  *А* | *А* | *А* |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| ….. |  |  |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |  |  |

Таблица 4а.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| По графикам | | | | Вычисления | |
| *C* | *I* | *IC* | *IК* | *bL* | *bC* |
| *мкф* | *а* | *а* | *а* | *1/ом* | *1/ом* |
|  |  |  |  |  |  |

11.Пояснения к оформлению отчета.

1)Построение графиков.

Зависимости  *I = 1(C): IК =2 (C): IC=3(C)* стоятся на одном графике. Минимальное значение тока I соответствует моменту резонанса токов. Этот ток будет чисто активным током, т.е.,*Imin=Ia* Значение токов в момент резонанса записать в таблицу 4а.2.

2) построение векторных диаграмм.

а) для момента резонанса токов.

Из произвольной точки 0 (рис.4а.1) отложить вектор направления горизонтально. Из той же точки по направлению вектора напряжения отложить вектор тока I, т.к. сдвиг фаз между ними при резонансе равен нулю. По первому закону Кирхгофа имеем *I = IК + IC* и поэтому дальнейшее построение ведётся следующим образом. Радиусом, равным вектору тока катушки *IК*, сделать засечку из точки О, а из конца вектора *IС* сделать вектора тока *I* сделать засечку радиусом, равным вектору тока*IС*. Точку пересечения засечек соединить с началом и концом вектора тока*I*. Вектор тока конденсаторов *IС* перенести в точку 0, а вектор тока катушки *IК* разложить на активный ток *Iа*, практически равный общему току*I*, и индуктивный ток*IL*. Из этой же диаграммы определить *cos φрез* катушки.

IC1

IC2

IC3

IC4

IC

IC5

IC6

IC7

IC8

IC9

IF

I1

I2

I3

I4

I

I5

I6

I7

I8

I9

U

0

ϕ4

ϕ3

ϕ2

ϕ1

ϕК

ϕ9

ϕ8

ϕ7

ϕ6

ϕ5

***Рис. 4а.2***

IC

0

IК

IL

U

ϕК

IL

I=Ia

IC

***Рис. 4а.3***

б) для остальных замеров.

Отложить из точки 0 (Рис.4а.3) вектор напряжения горизонтально. Затем под углом , известным из предыдущей диаграммы (Рис.4а.2), отложить вектор тока катушки. От конца вектора тока катушки откладывать векторы токов *IС*, взятые из таблицы 4а.1. Геометрическая сумма этих токов даст значения тока в неразветвлённой части цепи.

в)Определение *cos φ*.

Измерив угол между вектором напряжения и вектором тока в неразветвлённой части цепи, можно определить *cos φ* сети. Можно определить *cos φ* и следующим образом. Измерить активную составляющую тока в неразветвлённой части цепи и разделить её на полный ток *I*. Этот способ даёт более точные результаты.

г)определение проводимостей.

Индуктивная проводимость катушки*bL= YК sinϕК*

где *YF=1/zF*- полная проводимость катушки,

zК- полное сопротивление катушки, равное



Подставляя эти значения, получим расчётную формулу для индуктивной проводимости



Емкостная проводимость конденсаторов



**12.Задание на работу**.

Собрать электрическую схему по рис.4а.1. Включить цепь, установить заданное преподавателем напряжение. Изменяя величину ёмкости в цепи записать показания приборов для семи- девяти различных значений, в том числе и для резонанса токов. Допустив, что ёмкость в цепи без потерь, рассчитать ёмкостную проводимость ветви; по результатам измерений для момента резонанса найти активное сопротивление катушки индуктивности; вычислить полное сопротивление ветви с индуктивностью, затем рассчитать индуктивное сопротивление катушки. Рассчитать активную и индуктивную проводимости ветви с катушкой, найти активную и индуктивную составляющие тока для этой ветви, вычислить для всех рассчитанных значений косинус сдвига фаз между векторами тока и напряжения на входе:  По результатам эксперимента и расчётов построить резонансные кривые зависимостей *IL;IC; IA; I; φ*  в функции от ёмкостной проводимости *BC*. построить векторные диаграммы токов для трёх различных режимов исследуемой цепи:



1. **Домашняя подготовка к работе.**

3.1. Изучить явления резонанс токов в электрических цепях.

3.2. Освоить расчеты активных, индуктивных, ёмкостных сопротивлений и проводимостей в цепях переменного тока, расчёты активной и индуктивной составляющих тока.

3.3. Научиться анализировать явления резонанса при помощи векторных диаграмм и резонансных кривых.

3.4. Уяснить принцип компенсации реактивной мощности при помощи конденсаторов.

1. **Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Питание на стенд подаётся через автомат питания АП с индикацией о включении сигнальной лампы «Сеть». Сборка необходимых для экспериментальных исследований электрических схем осуществляется при помощи соединительной шинки из 20 штепселей- шнуров и 19 тумблеров. Установка заданного преподавателем напряжения, подаваемую на исследуемую схему, производится при помощи лабораторного автотрансформатора «Латр». Резонанс в исследуемых на стенде цепях получают изменением ёмкости при помощи переключателей С грубо и С точно, выведенных на лицевую панель, при этом коммутацией переключателя С точно осуществляется изменение величины ёмкости в пределах между двумя величинами ёмкости, устанавливаемыми соседними положениями переключателя С грубо.

Тумблер ТА  служит для переключения пределов измерения амперметра А2. В связи с этим амперметр А2 необходимо включать в цепь для измерения общего тока потребляемого цепью, т.к. в случае резонанса напряжений этот ток максимален, а в случае резонанса токов он минимален.

**15. Требования к отчёту.**

В отчёте должны быть отражены постановка задачи и исследованные электрические схемы. Результаты измерений представляются в виде таблиц. Ход расчетов должен быть отражен как в виде подставленных в формулы численных значений. Резонансные кривые для каждого из резонансов целесообразно построить совмещёнными. Векторные диаграммы должны в масштабе соответствовать результатам измерений. Отчёт должен содержать аналитические выводы по результатам проведённых экспериментов и о практической значимости исследованных явлений.

**16.Вопросы для самопроверки.**

1. В какой электрической цепи может возникнуть резонанс напряжения?
2. Каковы условия возникновения резонанса напряжений?
3. Какие явления наблюдаются при резонансе напряжений?
4. Чем опасен резонанс напряжений?
5. Как построить векторную диаграмму при резонансе напряжений?
6. Изменением, каких величин можно достигнуть резонанса напряжений?
7. В какой электрической цепи может возникнуть резонанс токов?
8. При каком условии возникает резонанс токов?
9. Какие явления наблюдаются в электрической цепи при резонансе токов?
10. Как определить графически момент наступления резонанса токов?
11. Как построить векторную диаграмму для резонанса токов?
12. Как определить коэффициент мощности из векторной диаграммы?
13. Где используется явление резонанса токов?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЁХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГОТОКА ПРИСОЕДИНЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗВЕЗДОЙ И ТРЕУГОЛЬНИКОМ.**

1. Цель работы.

1. Изучить работу трёхфазной цепи при включении приёмников энергии звездой в различных режимах:

а) для равномерной активной нагрузки,

б) для неравномерной активной нагрузки,

в) при обрыве нулевого провода для случая неравномерной активной нагрузки.

1. Научиться измерять фазные и линейные напряжения и практически проверить соответствия между ними.
2. Изучить работу трёхфазной цепи при включении приёмников энергиитреугольником в различных режимах:

а) для равномерной активной нагрузки,

б) для неравномерной активной нагрузки,

в) при отключении одной фазы приёмников,

г) при отключении двух фаз приёмников,

д)при обрыве линейного провода.

1. Научиться измерять фазные и линейные токи и практически проверить соотношение между ними.

2. Пояснения к работе.

Соединением звездой называется такое, когда все концы фаз приёмников энергии соединены в одну точку, называемую нейтральной или нулевой точкой.

Фазными напряжениями называются напряжения между началами и концами фаз генератора или приёмника, или напряжения между каждым из линейных проводов и нулевым проводом.

Обозначение: *UA, UB, UC* или *UФ*

Линейными напряжениями называются напряжения между линейными проводами или началами фаз.

Обозначение: *UAB, UBC, UCA* или *UЛ*

Линейными токами называются токи, проходящие по линейным проводам.

Обозначение: *IA, IB, IC* или *IЛ*

Фазными токами называют токи, проходящие по каждой фазе приёмников или генераторов.

Обозначение: *IA, IB , IC* или *IФ*

Симметричной системой ЭДС, напряжений или токов называется такая система, в которой ЭДС, напряжения или токи всех фаз равны по величине и сдвинуты по фазе друг относительно друга на 120º.

Равномерной нагрузкой называется такой режим работы трёхфазной цепи, когда сопротивления приёмников энергии во вех фазах одинаковы.

В данном случае в качестве приёмников энергии в каждую фазу включается ламповый и проволочный реостаты, т.е. активная нагрузка.

При соединении звездой линейные и фазные токи равны:

*IЛ = IФ*

При активной нагрузке ток и напряжение совпадают по фазе. Поэтому векторы  совпадают по направлению.

При равномерной нагрузке трёх фаз, соединённых звездой, фазные токи



а также фазные напряжения



сдвинуты по фазе друг относительно друга на 120º.

Линейные напряжения по величине в **раз больше фазных, т.е.*UЛ =UФ*  и опережают фазные на углы 30º.

Линейные и фазные напряжения при соединении звездой связаны следующими соотношениями:



для равномерной нагрузки имеет место равенство:



При наличии нулевого провода и неравномерной нагрузке фаз по нулевому проводу будет проходить ток , а напряжения на фазах приёмников остаются неизменными. Если же произойдёт обрыв нулевого провода, то фазные токи при неравномерной нагрузке фаз изменяется и установится таким, что – бы их сумма была равна нулю. Вследствие этого напряжения на отдельных фазах будут различными – на наиболее нагруженной фазе с меньшим сопротивлением напряжение уменьшится, а на других фазах увеличится по сравнению с номинальным значением фазного напряжения.

**3.Задание на работу.**

Установить соотношение между линейными и фазными напряжениями источника при соединениях в звезду

1. Собрать электрические схемы по рис.5.1 предварительно замерив напряжения каждой фазы. Произвести замер линейных напряжений в схемах.

**

**Рис.5.1.Схемы соединения источников**

2. Найти соотношение фазных и линейных напряжений в исследованных схемах, построить векторные диаграммы.

3. Исследовать трёхфазную цепь при соединении нагрузки в звезду.

4. Установить симметричную нагрузку и измерить силу токов и напряжения в цепи.

Разомкнуть нейтральный провод, убедиться, что это не вносит никаких изменений в работу цепи.

6. Выяснить как при симметричной нагрузке нейтральный провод влияет на токи и напряжения при обрыве линейного провода в одной из фаз.

7. При одинаковых сопротивлениях двух фаз исследовать влияние изменения сопротивления третьей фазы при замкнутом и разомкнутом нейтральном проводе.

8. По результатам экспериментов рассчитать отношение линейных напряжений на нагрузке к фазным, рассчитать активную мощность каждой фазы и всего потребителя. Построить топографические диаграммы токов и напряжений.

9. Результаты всех измерений занести в таблицу 5.1.

10.Для всех случаев нагрузки построить векторные диаграммы линейных и фазных напряжений и токов и произвести вычисления величин, указанных в таблице 5.1.

11.Сделать выводы по выполненной работе:

а) каково соотношение фазных и линейных напряжений при соединении приёмников энергии звездой,

б) каково влияние нулевого провода при соединении звездой в случае неравномерной нагрузки.

**4.Поcтроение векторных диаграмм.**

а) равномерная нагрузка (рис.5.2)

От произвольной точки О отложить векторы *UA, UB, UC*под углом 120º друг относительно друга. Получаем звезду векторов фазных напряжений. Соединив концы векторов фазных напряжений, получим треугольник векторов линейных напряжений составленный векторами *UAB, UBC, UCA*

Для построения векторной диаграммы токов отложить от той же точки векторы *IA, IB, IC* по направлению векторов фазных напряжений. Определить геометрическую сумму токов 

б) Неравномерная нагрузка (рис.5.3)

Построение векторной диаграммы для этого случая производится так же как и для равномерной нагрузки. Но теперь 

Ток нулевого провода определить графически и сравнить со значением, полученным при измерении.

в) обрыв нулевого провода при неравномерной нагрузке (Рис.5.3).

В этом случае угол сдвига фаз между фазными напряжениями не равен 120º, а геометрическая сумма токов и следовательно, можно построить треугольник токов по трём точкам методом засечек. Для построения векторной диаграммы напряжений от произвольной точки О отложить векторы фазных напряжений

*UA, UB, UC*параллельно векторам токов *IA, IB, IC* . Соединив концы векторов фазных напряжений, получим треугольник векторов линейных напряжений, который должен быть таким же, как и в первых двух случаях.

**5.Домашняя подготовка к работе.**

1. Сделать вывод о преимуществах трёхфазных систем.
2. Разобраться с расчетами трёхфазных цепей символическим методом.
3. Научиться строить векторные и топографические диаграммы трёхфазных цепей.

**6.Указания к выполнению работы в лаборатории.**

UAB

UCA

UAB

UA

UC

UB

IB

IC

IB

IC

IA

1200

1200

0

***Рис. 5.2***

I0

UBC

≠1200

***Рис.5.3***

UCA

UAB

UA

UC

UB

IA

IB

IC

Питание на стенд подаётся через автомат питания АП с индикацией о включении лампой «Сеть». Включение ЭДС источников производится с помощью тумблеров ЕI, Е2, Е3. Индикация о включённых источниках производиться соответствующими сигнальными лампами.

Линии связи представлены клеммами.

Размыкание нейтрального провода производиться тумблером ТN .

Нагрузка в каждой из фаз может через соответствующие тумблера Т4-Т21 набираться в виде R, L, C элементов, при этом активные сопротивления могут варьироваться количеством включённых в цепь ламп накаливания.

Все измерения производятся с помощью пяти вольтметров и семи амперметров, смонтированных на вертикальной панели стенда и включённых в соответствии с мнемосхемой.

Необходимые электрические соединения при сборке электрических схем производятся с помощью штепсельных штырьков с проводниками и гнёзд на мнемосхеме.

**7.Требования к отчёту.**

Обязательно представление в отчёте всех исследованных электрических схем.

Результаты опытов необходимо представить в виде таблиц и векторных диаграмм.

По лабораторной работе сделать заключение относительно:

1. соотношение между линейными и фазными напряжениями на источнике и нагрузке, при этом для нагрузки сделать вывод о влиянии её несимметрии.
2. соотношений между фазными и линейными токами нагрузки;
3. целесообразности нейтрального провода при обрыве линейного провода;
4. роли нейтрального провода при обрыве линейного провода;
5. причин неполного совпадения опытных результатов с теоретическими;
6. о практической ценности сопровождения аналитических расчетов векторными диаграммами.

**Таблицу 5.1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид нагрузки | Измерения | | | | | | | | | | | | | Вычисления | | | |
| IA | IB | IC | I0 | UA | UB | UC | UAB | UBC | UCA | PA | PB | PC | Pо | UAB UA | UBC UB | UCAUC |
| a | a | a | a | v | v | v | v | v | v | вт | вт | вт | вт |
| Равномерная |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Неравномерная |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Обрыв нулевого привода |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЁХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГОТОКА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТРЕУГОЛЬНИКОМ.**

**8. Пояснения к работе.**

Соединением треугольником называется такое, когда конец первой фазы приёмника энергии соединяется с началом второй фазы, конец второй фазы – с началом третьей и конец третьей – с началом первой фазы, т.е. приёмники энергии включаются на линейные напряжения без нулевого провода.

При соединении треугольником линейные напряжения равны фазным, т.е.

*UЛ = UФ*

При равномерной нагрузке фазные и симметричной системе напряжений линейные токи в  раз больше фазных, т.е.

*IЛ = IФ*

При равномерной нагрузке фазные и линейные токи сдвинуты друг относительно друга на 120º, причём линейные токи отстают по фазе от фазных токов на 30º.

При неравномерной нагрузке соотношение между фазными и линейными токами изменяется, т.е.

*IЛ≠.IФ .*

а линейные токи не будут иметь сдвига по фазе друг относительно друга в 120º.

При отключении одной или двух фаз приёмников энергии соответствующие фазные токи будут равны нулю.

При обрыве линейного провода схема треугольника превращается в одно фазную разветвлённую цепь. В такой цепи две фазы приёмников энергии, которые были связаны с оборвавшимся проводом, оказываются соединёнными последовательно и включенными вместе с третьей фазой параллельно на линейное напряжение между оставшимися в работе проводами.

Соотношение между фазными и линейными точками на основании первого закона Кирхгофа определяется следующими векторными выражениями:



В данной работе в качестве приёмников энергии в каждую фазу включаются ламповый и проволочный реостаты, т.е. активная нагрузка.

**9.Задание на работу.**

1. Установить соотношение между линейными и фазными напряжениями источника при соединениях в треугольник.
2. Собрать электрические схемы по **рис.5а.1**, предварительно замерив напряжения каждой фазы. Произвести замер линейных напряжений в схемах.



**Рис.5а.1.Схемы соединения источников**

1. Найти соотношение фазных и линейных напряжений в исследованных схемах, построить векторные диаграммы.
2. Исследовать трёхфазную цепь при соединении нагрузки в треугольник.
3. Собрать электрическую схему по **рис.5а.1.**
4. Установить симметричную нагрузку и измерить токи и напряжения.
5. При одинаковых сопротивлениях нагрузки в двух фазах исследовать влияние изменения сопротивления в третьей фазе на работу цепи.
6. Отключить одну фазу приёмников энергии (снять перемычку в фазе). Измерить те же величины при оставшихся в работе приёмниках энергии.
7. Отключить две фазы приёмников энергии (снять перемычку в двух фазах). Измерить те же величины при оставшихся работе одной фазе.
8. Произвести обрыв линейного провода (снять перемычку на линейном проводе). Измерить те же величины при оставшихся работе цепи по двум проводам. Выяснить влияние обрыва линейного провода в одной из фаз.
9. По результатам опытов рассчитать отношение линейного тока к фазному.
10. Рассчитать мощность каждой фазы, всего потребителя.
11. Построить векторные диаграммы напряжений и токов нагрузки.
12. Установить неравномерную нагрузку путём включения разного количества ламп и изменения положения движков реостатов. Измерить те же величины .
13. Результаты всех измерений занести в таблицу 5а.1.
14. Для всех случаев нагрузки построить векторные диаграммы и произвести вычисления величин, указанных в таблице 5а.1.
15. Сделать выводы по работе:

а) Каково соотношение между фазными и линейными токами при соединении треугольником при равномерной и неравномерной нагрузке,

б)Каковы будут напряжения на фазах приёмников, если перегорит предохранитель в одном из линейных проводов или произойдёт обрыв линейного провода.

**10. Поcтроение векторных диаграмм.**

а) Равномерная нагрузка (Рис.5а.2)

Согласно второму закону Кирхгофа геометрическая сумма напряжений в контуре треугольника равна нулю, т.к. в контуре треугольника нет источника э.д.с.:



Следовательно, векторы фазных напряжений всегда образуют замкнутый равносторонний треугольник, который и строится по данным опыта. В этом треугольнике

*UA= UABUB = UBCUC = UCA*

Затем необходимо отложить векторы фазных токов *IAB = IBC = ICA*от начал соответствующих векторов фазных напряжений. Векторы этих токов совпадают по направлению с векторами фазных напряжений, т.к. нагрузка активная.

**Таблице 5а.1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид нагрузки | Измерения | | | | | | | | | | | | Вычисления | | | |
| IAB | IBC | ICA | IA | IB | IC | UAB | UBC | UCA | PAB | PBC | PCA | Pо | IA IAB | IB IBC | ICICA |
| a | a | a | a | a | a | v | v | v | вт | вт | вт | вт |
| Равномерная |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Откл.одной фазы |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Откл.двухфазы |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Обрыв линей  провода |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

A

B

C

IC

IA

IB

ICA

IAB

IBC

-ICA

-IAB

-IBC

UCA

UBC

UAB

***Рис. 5а.2.***

A

B

C

IC

IA

IB

ICA

IAB

IBC

-ICA

-IAB

-IBC

UCA

UBC

UAB

***Рис. 5а.3.***

A

B

C

IC=ICA

IA=-ICA

UCA

UBC

UAB

***Рис. 5а.5***

***Рис. 5а.4***

A

IC

ICA

-IBC

A

B

C

IA=-ICA

UCA

UBC

UAB

IB=IBC

После этого построить векторы линейных токов, исходя из приведённых выше в пояснениях к данной работе геометрических соотношений, составленных на основании первого закона Кирхгофа, которые для удобства построения диаграммы можно переписать следующим образом:



Таким образом, построение векторов линейных токов сводится к геометрическому сложению векторов фазных токов. При этом очевидно, что стоящие в этих выражениях со знаком минус вектора фазных токов по величине равны соответствующим положительным фазным токам, а по направлению прямо противоположны им.

б) Неравномерная нагрузка (рис.5а.3).

Векторная диаграмма для этого случая строится так же, как и для случая равномерной нагрузки, только величины векторов фазных и линейных токов будут различны.

в) Отключение одной фазы (рис.5а.4).

При отключении одной фазы, например, фазы АВ ток в этой фазе *IАВ=0*

Построение векторной диаграммы производится так же, как и в предыдущих случаях, но только векторы линейных токов определяются из соотношений



г) Отключение двух фаз (Рис.5а.5)

При отключении двух фаз, например, фазы АВ фазы ВС, токи этих фаз

*IAB = 0 IBC = 0*

А векторы линейных токов определяются из следующих выражений



д) Обрыв линейного провода (рис.5а.6).

Рассмотрим обрыв линейного провода В.

В этом случае в трёх фазной цепи сохранится только одно линейное напряжение между оставшимися в работе проводами, т.е. *UCA,* которое надо отложить на векторной диаграмме так же, как оно откладывалось на всех предыдущих диаграммах. Этот случай аналогичен рассмотренному выше отключению двух фаз (п.г.) с той разницей, что здесь между проводами будут включены две параллельные ветви (фазы *АВ* и *ВС*, соединённые последовательно и фаза *СА*). Как и при отключении двух фаз, при обрыве линейного провода получаем одно фазную цепь переменного тока. При обрыве линейного провода *В* ток в нём будет равен нулю, т.е.

IBC=IAB

ICA

IA=IC

UBC

A

C

***Рис.5а.6***

*IB = 0*

Из выражений, определяющих соотношения между фазными и линейными токами, приведённых выше в пояснениях к данной работе, можно показать, что

*IA= -ICАIAB = IBC*

Векторы токов на векторной диаграмме отложить по направлению вектора напряжения *UCA*, т.к. нагрузка активная.

**11. Домашняя подготовка к работе.**

Построить теоретический материал по учебнику 6.3-6.9. или 7.1;7.2.

Сделать вывод о преимуществах трёхфазных систем.

Разобраться с расчетами трёхфазных цепей символическим методом.

Научиться строить векторные и топографические диаграммы трёхфазных цепей.

**12.Указания к выполнению работы в лаборатории.**

Питание на стенд подаётся через автомат питания АП с индикацией о включении лампой «Сеть». Включение ЭДС источников производится с помощью тумблеров ЕI, Е2, Е3. Индикация о включённых источниках производиться соответствующими сигнальными лампами.

Линии связи представлены клеммами.

Размыкание нейтрального провода производиться тумблером ТN .

Нагрузка в каждой из фаз может через соответствующие тумблера Т4-Т21 набираться в виде R, L, C элементов, при этом активные сопротивления могут варьироваться количеством включённых в цепь ламп накаливания.

Все измерения производятся с помощью пяти вольтметров и семи амперметров, смонтированных на вертикальной панели стенда и включённых в соответствии с мнемосхемой.

Необходимые электрические соединения при сборке электрических схем производятся с помощью штепсельных штырьков с проводниками и гнёзд на мнемосхеме.

**13.Требования к отчёту.**

Обязательно представление в отчёте всех исследованных электрических схем.

Результаты опытов необходимо представить в виде таблиц и векторных диаграмм.

По лабораторной работе сделать заключение относительно:

1. соотношение между линейными и фазными напряжениями на источнике и нагрузке, при этом для нагрузки сделать вывод о влиянии её несимметрии.
2. соотношений между фазными и линейными токами нагрузки;
3. целесообразности нейтрального провода при обрыве линейного провода;
4. роли нейтрального провода при обрыве линейного провода;
5. причин неполного совпадения опытных результатов с теоретическими;
6. о практической ценности сопровождения аналитических расчетов векторными диаграммами.

**14. Вопросы для самопроверки.**

1. Какое соединение называется звездой?
2. Изобразить простейшие способы соединения трёхфазного источника с трёхфазной нагрузкой.
3. Какие соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями при соединениях нагрузки в звезду?
4. Какого соотношение между токами в линейных и нейтральном проводах?
5. Какую роль выполняет нейтральный провод при несимметричной нагрузке?
6. Как можно рассчитать напряжение на нейтрали?
7. Как рассчитываются мощности?
8. От чего зависит угол сдвига между фазными напряжением и током?
9. Изобразить векторную диаграмму напряжений и токов для симметричных нагрузок, соединённых в звезду .
10. Что называется соединением треугольником?
11. Каковы соотношения между линейными и фазными напряжениями, а также между линейными и фазными токами при соединении треугольником и равномерной нагрузке фаз?
12. Как на векторной диаграмме определяются линейные токи?.
13. Какие соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями при соединениях нагрузки в треугольник?
14. Как рассчитываются мощности?
15. От чего зависит угол сдвига между фазными напряжением и током?
16. Изобразить векторную диаграмму напряжений и токов для симметричных нагрузок, соединённых в треугольник.
17. Как влияет обрыв линейного провода на работу трёхфазного потребителя, соединенного в треугольник?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6**

**ОДНОФАЗНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДАХ.**

* 1. **Цель работы:**

1. Изучение работы схемы однополупериодного выпрямления.

2. Изучение работы схемы двухполупериодного выпрямления по однофазной мостовой схемы.

3. Исследование работы сглаживающих фильтров выпрямителей.

4. Снятие внешней характеристики выпрямителей.

2. Пояснение работы

Выпрямительные устройства служат для преобразования переменного тока в постоянный ток. И состоят из трансформатора, предназначенного для преобразования напряжения по величине и для гальванической развязки выпрямителей от питающей сети (рис.6.1), блока вентилей (диодов), предназначенного для преобразования переменного тока в постоянный; фильтра, предназначенного для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения.

-

(+)

Rн

i2=iн

VD

UН

U2

+

(-)

U1

VD

Тр

**Рис.6.1. Схема ооднополупериодного выпрямителя**

Временные диаграммы, поясняющие работу выпрямителя, изображены на рис. 6.2. Если считать вольтамперметр характеристики диода идеальными, то будут справедливы следующие рассуждения.

В течении положительного полу периода (интервал ) напряжения, снимаемого со вторичной обмотки трансформатора (полярность на рисунке указана без скобок), диод открыт и по цепи протекает ток *i2 = iн*. Напряжение на нагрузке *Uн* при этом практически равно *U2.*

При отрицательном полу периоде (интервал ) напряжения вентиль VD закрыт и ток в цепи отсутствует, так как относительно анода вентиля приложено отрицательное напряжение *U*.

Тогда среднее значение выпрямленного напряжения можно представить как

Uн =dωt=sinωtdωt==0.45 U2 **(1)**

Следовательно, действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора должно быть *U2=2.22 Uн*

Действующее значение тока во вторичной обмотке трансформатора

I2 =  == Iн =1.57 Iн (2)

Тогда мощность, снимаемая со вторичной обмотке трансформатора, должна быть не менее

** (3)**

где *Рн=UнIн*мощность постоянных составляющих выпрямленных напряжения *Uн* и тока *Iн ; ηтр* – к.п.д. трансформатора.

Максимальное обратное напряжение на вентиле будет

*Uобр.т = U2m= U2*

Iн





I2m

π

2π

3π

O

U2m

u2 i2

3π

2π

π

uн iн

uн

iн

UН

**Рис.6.2.Временные диаграммы работы однополупериодного выпрямителя**

Коэффициент пульсаций по первой гармонике на выходе такого выпрямителя будет

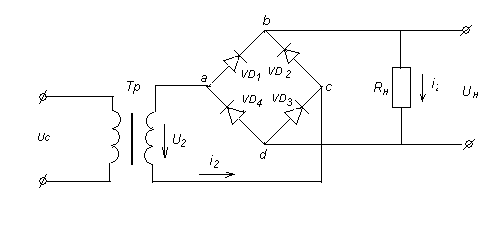
*Кn***= =** (4)

где *Um(1)=–*амплитуда первой гармоники. К достоинствам однополу-периодного выпрямителя следует отнести простоту схемы и наличие в схеме только одного диода.

Недостатками являются большая величина пульсации выпрямленного напряжения и необходимость использования трансформаторов с мощностью, значительно превышающей мощность отдаваемую на постоянном токе.

* 1. ***Двухполупериодная мостовая схема выпрямителя.***

Электрическая схема выпрямителя приведена на рис. 6.3.

**Рис.6.3. Схемадвухполупериодного мостового выпрямителя**

Временные диаграммы, поясняющие его работу изображено на рис.6.4

Вторичная обмотка трансформатора присоединена в диагональ моста, состоящего из вентилей, нагрузка подключения в другую диагональ моста: между точкой соединения катодов двух вентилей *(+ Uн)* и точкой соединения анодов двух других вентилей *(- Uн).*

При положительном полупериоде (интервал ) напряжения *U2* вторичной обмотке трансформатора к диодам VД1 и VД3 напряжение прикладывается в прямом направлении (полярность на рисунке без скобок), следовательно, ток протекает через вентиль VД1, Rн, VД3. В это время к вентилям VД2 и VД4 приложено напряжение обратной полярности и следовательно, ток через них не течет.

В течение следующего полупериода (интервал ) к диодам VД2 и VД4 приложено прямое напряжение, а к диодам VД1 и VД3 обратное. Следовательно, ток протекает по цепи: VД2, Rн, VД4.

ua2,4ia1,4

ua2,4

ia2,4

ua1,3ia1,3

Iн

iн

uн

Uн

uн iн



I2m

π

2π

3π

O

U2m

u2 i2

π

3π

2π

ua2,4

π

3π

2π

**Рис.6.4.Временные диаграммы работы двухполупериодного выпрямителя**

Таким образом, в оба полупериода ток через нагрузку протекает в одном направлении, что и проиллюстрировано на временной диаграмме рис.6.4

Среднее выпрямленное напряжение на нагрузке тогда в соответствии с выражением (I) будет

*Uн = 0,9 U2* (5)

Действующее значение напряжения вторичной обмотки *U2=1,11 Uн*

Действующее значение тока во вторичной обмотке *I2 = 1,11 Iн*

Расчетная мощность вторичной обмотки

P2= = = PН **(6)**

Максимальное обратное напряжение на вентиле

*Uобр.m = U2m = U2*

Коэффициент пульсаций по первой гармонике

 **(7)**

К достоинством мостового двухполупериодного выпрямителя в сравнении с однополупериодными следует отнести понижение мощности, снимаемой со вторичной обмотки трансформатора, и уменьшение пульсаций.

К недостаткам относится наличие в схеме четырех вентилей.

Uвх

С

Uн

R

Rн

Uвх

С

Uн

L

Rн

Uвх

С2

Uн

L

Rн

С1

Uвх

С1

Uн

R

Rн

С2

a)

в)

г)

б)

**Рис.6.5.Электрические схемы сглаживающих фильтров**

* 1. **Сглаживание фильтры.**

Сглаживающие фильтры применяются для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжение до уровня, который требуется при нормальной работе потребителя.

Уровень содержания переменных составляющих в выпрямленном напряжение определяется коэффициентом пульсаций, который в практике определяется по I-ой гармонике

 (8)

где Um(1) = амплитуды I –й гармоники; *Uн* – среднее выпрямленное напряжение.

Различают коэффициенты пульсаций на выходе выпрямителя *Кβ*и на выходе фильтра *Кφ*

Мерой качества фильтре является его коэффициент сглаживания

*Kc* =  (9)

Ослабление фильтром переменной составляющей напряжения характеризуется коэффициентом фильтрации

*K = * (10)

где U βm (1) и Uφm(1) – соответственно,амплитуды первых гармоник напряжений на выходах выпрямителя и фильтра.

Фильтры одновременно с ослаблением переменных составляющих напряжения уменьшает его постоянную составляющую. Это уменьшение характеризуется коэффициентом передачи постоянной составляющей со входа фильтра на его выход.

** =  (**11)

С учетом коэффициентов К и λ коэффициент сглаживания, характеризующий эффективность и качество фильтра, представляется как:

**Kc = λ** (12)

Основными элементами сглаживающих фильтров является катушки индуктивности и конденсаторы. Различают Г – образные и П–образные RС и LС – фильтры (рис 5). Г – образные LС – фильтры обеспечивают сравнительно высокий коэффициент сглаживания, поэтому они находят применение в выпрямительных устройствах.

Часто вместо LC – фильтры используются RC – фильтр. В таком фильтре вместо индуктивности L включен резистор R (рис 5,6,г), что уменьшает габариты, вес и стоимость фильтра. Но коэффициент сглаживания этого фильтра меньше, чем LC – фильтра. Это объясняется как меньшим ослаблением пульсации из-за отсутствия индуктивности, так и уменьшением постоянной составляющей напряжения на нагрузке за счет падения напряжения на резистор R. Коэффициент сглаживания П– об разног фильтра выше, чем у Г – образного за счет наличия дополнительного конденсатора. Для получения наименьших коэффициентов пульсаций применяют многозвенные фильтры, в которых последовательно включены несколько Г–образных фильтров. Общий коэффициент сглаживанию при этом равен произведению коэффициентов сглаживания Г- образных фильтров.

* 1. ***Внешняя характеристика выпрямителя***.

Внешняя характеристика выпрямителя представляет собой графическую зависимость среднего значения выпрямленного напряжения от среднего значения тока нагрузки.

При активной или активно-индуктивной нагрузке какую характеристику описывает выражение

UY=UY {{ - (Σ∆UD+I2RT+IY RA) (14)

где *Uнхх* – среднее значение выпрямленного напряжения на холостом ходу, *I2Rт*- среднее значение падения напряжения в обмотке трансформатора, *ΣUв*– среднее значение падения напряжения в вентилях, *IнRф* – среднее значение падения напряжения на фильтре.

Увеличение тока нагрузки *Iн* приводит к увеличению падения напряжения на элементы схемы, а, следовательно, уменьшению напряжения на нагрузке. Так как сопротивление вентилей зависит от тока, то и внешняя характеристика выпрямителя является нелинейной. Очевидно также, что наличие фильтра и его тип существенно влияют на внешнюю характеристику выпрямительного устройства.

По наклону внешней характеристики можно судить о выходном (внутреннем) сопротивлении выпрямителя. Чем меньше наклон характеристики, тем меньше выходное сопротивление выпрямителя.

* 1. **Задание на работу.**

1. Снять осциллограммы токов и напряжений после трансформатора и на нагрузке для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.

2. По результатам измерений определить коэффициенты пульсаций выпрямителей без фильтров, а также с Г- образными RC, LC, и П – образными CRC, CLC, фильтрами.

3. Снять и построить внешние характеристики однополупериодного и двухполупериодного выпрямительных устройств без фильтров и с различными схемами фильтров:

* 1. **Указания по выполнению работ на лабораторной установке.**

Описание лабораторной установки.

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки изображена на лицевой панели стенда. Выбор однополупериодной или двухполупериодной схемы для исследований осуществляется при помощи тумблера В1.

Сборка фильтров по различным схемам осуществляется при помощи тумблеров: В3, В4 В5 В6  .

Снятие осциллограмм выходных токов и напряжений производится подключением осциллографа соответственно к гнездам Г1, Г2  и Г7, Г8.

Снятие осциллограмм выходных напряжений и токов производятся с гнезд Г5, Г6,  Г8.

Изменение тока нагрузки осуществляется при помощи регулятора тока I*d*. Выходной ток и напряжение контролируется соответствующими миллиамперметром и вольтметром, включенными в цепь нагрузки.

Визуальное наблюдение и зарисовка кривых напряжений и токов производится при помощи осциллографа типа CI –19Б.

**7. Порядок выполнения работы.**

4.2.1.Ознакомиться с целью работы, описанием установки, измерительными приборами, подключить к сети ~220. В осциллограф и произвести а случае необходимости его подстройку.

4.2.2. Включить тумблером В1 одну из исследуемых схем выпрямления.

4.2.3. Подать питание на стенд при помощи автомата АП и тумблера В2 Проконтролировать подачу питания по сигнальным лампам Л1 и Л2.

4.2.4.С помощью осциллографа снять осциллограммы входного и выходного токов и напряжений выпрямителя.

4.2.5. Собрать Г–образные фильтры, а затем П–образные, произвести необходимые замеры для определения коэффициентов пульсаций для выпрямителя без фильтра и для четырех указанных в п.п. 3.2. типов фильтров.

4.2.6. Для выпрямителей без фильтров и с фильтрами в соответствие с задание по п.п. 3.3. снять внешние характеристики.

**8. Контрольные вопросы.**

1. Назначение выпрямительных устройств.

2. Блок – схема выпрямительного устройства.

3. Назначение каждого из элементов выпрямителя.

4. Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода.

5. Достоинства и недостатки различных схем выпрямителей.

6. Что характеризуется коэффициент пульсаций?

7. Что характеризует коэффициент сглаживания?

8. Понятие Г-образных и П-образных фильтров.

9. О чем можно судить по внешней характеристике выпрямителя?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И СХЕМ ИХ ВКЛЮЧЕНИЙ.**

1. **Цель работы:**

1. Исследование различных схем включения трансформатора;

2. Исследование статических характеристик трансформатора при различных схемах их включениях;

3. Изучение работы усилителей на одном транзисторе при различных схемах его включения.

Биполярные транзисторы представляют собой трехслойный полупроводниковые приборы, у которых, внешний слой имеют одинаковый тип проводимости ( *р-п-р* и *п-р-п*- тип)

Существуют три основных схем включения транзисторов: с общей базой с общим эмиттером, с общим коллектором (рис 7.1)

UЭ

UК

IЭ

IК

+

\_

\_

А)

IБ

UБ

UЭ

IЭ

+

+

\_

\_

Б)

IБ

UБ

UК

IК

+

+

\_

\_

В)

**Рис.7.1.Схемы включения транзисторов. а) с общей базой; б) с общим эмиттером; в) с общим коллектором.**

В схеме с общей базой (рис 7.1.а) выходным током являться ток эмиттера Iэ, а выходным ток коллектора Iк следовательно коэффициент передачи по току трансформатора, включенного по этой схеме будет

 (1)

При этом λ лежит в пределах 0,9 – 0,97. Выходными характеристиками транзисторов, включенных по схеме с общей базой будут зависимости *Iэ=f(Uэб)* при *Uкб= const*, а выходными *Iк = f (Uкб)* при *Iэ = const.*

При включении по схеме с общим эмиттером (рис. 7.1.б) выходным током является ток базы Iб, а выходным ток коллектора Iк следовательно коэффициент передачи по току будет

****(2)

Выходными и выходными характеристиками транзисторов при этом включении будут соответственно, зависимости*Iб=f (Uэб)* при*Uк= const* и *Ik=f(Uкэ)* при *Iб = const*.

Схема включения с общим коллектором (рис. 7.1.в) похожа на схему с общим эмиттером, так как в обеих схемах управляющим током является ток базы, а выходные токи (*Iэ* или *Iк*) различается, как известно, незначительно. Поэтому семейства входных характеристик мало отличаются для обоих друг от друга, а коэффициент передачи по току у схемы с общим коллектором будет

К =  (3)

т.е. усиление по току этой схемы практически одинаковое со схемой с общим эмиттером.

1kΩ

10kΩ

100Ω

1kΩ

1μF

1μF

2N2904A

1kΩ

1kΩ

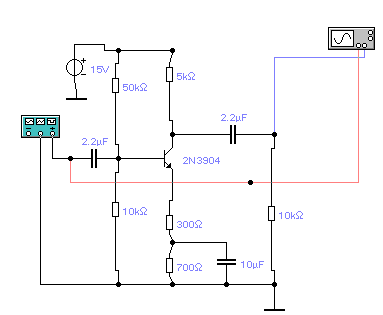
1kΩ

1μF

1μF

2N2904A

**Рис.7.2. Схема усилителей с общим эмиттером а) с эмиттерной термостабилизацией б) с коллекторной термостабилизацией;**



**Рис.7.3.Схема усилительного каскада с общим коллектором**

Одним из наиболее распространенных усилительных каскадов на биполярных транзисторах является каскад по схеме с общим эмиттером. В зависимости от варианта температурной стабилизации каскада различают две электрические схемы усилителей с общим эмиттером, представленные на рис 7.2.

Схема усилительного каскада с общим коллектором приведена на рис 7.3. В этом каскаде резистор, с которого снимается выходное напряжение, включен эмиттерную цепь. Поскольку а входное напряжение усилительных каскадов с общим коллектором практически не отличаются от входного по величине и фазе, то их называют эмиттерными повторителями. При этом входное сопротивление эмиттерного повторителя много больше входного сопротивления транзистора.

1. **Задание на работу.**

1. Исследование статических характеристик транзисторов при различных схемах их включения.

2. Собрать схему для исследования статических характеристик транзистора при его включении с общим эмиттером. Снять семейства входных и выходных характеристик. Снять проходную характеристику*Ik = f (Iб)*при *Ek = const*

3. Собрать схему для исследования статических характеристик транзистора при его включении с общим коллектором. Снять семейство входных и выходных характеристик . Снять проходную характеристику:*Iэ=f (Iб)*при *Ек = const*

4. Изучение работы усилительных каскадов при различных схемах включения транзистора.

5. Собрать усилитель по схеме с общим эмиттером с эмиттером температурой стабилизации, и для заданных преподавателем величин *Rк, Ек, Rн* определить экспериментальным путем величину входного тока, соответствующего максимальному выходному напряжению, соответствующему появлению видимых нелинейных искажений в кривой выходного напряжения.

6. Собрать схему усилительного каскада с общим коллектором и провести исследования, аналогичные заданию э.п.п. 5.

7. Вычислить коэффициенты усиления по току, мощности и напряжению для всех исследованных схем.

8. Рассчитать выходные и выходные сопротивления исследованных усилительных каскадов.

9. Провести сравнительный анализ полученных экспериментальных и расчетных данных.

1. **Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Электрическая схема стенда соответствует мнемосхеме , нанесенной на его передней панели. Входное напряжение на схеме измеряется при помощи вольтметра V с большим внутренним сопротивлением, расположенным а правой части лицевой панели стенда. Исследованию формы кривых входного и выходного напряжений осуществляется при помощи осциллографа, подключаемого к соответствующим гнездам мнемосхеме. Сборка необходимых для исследования схем производится при помощи тумблеров В1-В16. Регулировка входного напряжения производится при помощи потенциометра R1, а напряжения питания потенциометра R2. Питание на стенд подается после включения автомата питания АП и включения тумблера «сеть». Питание осциллографа производится от розетки ~220В стенда после включения автомата АП.

1. **Требования к отчету.**

Отчет должен содержать:

1. Принципиальные электрические схемы всех исследованных в работе схем;

2. Семейства входных и выходных характеристик для схемы включения с общим эмиттером и с общим коллектором;

1. **Контрольные вопросы.**
2. Основные схемы включения транзисторов.
3. Физические основы работы р-п-р и п-р-п полупроводниковых приборов при их подключении к источникам напряжения.
4. Понятия семейств входных и выходных характеристик и порядок работы с электрическими схемами при их снятии.
5. Назначение элементов схем усилительных каскадов с общим эмиттером и общим коллектором.
6. Понятия режима покоя и рабочей точки.
7. Способы температурной стабилизации усилительных каскадов.
8. Причины появления нелинейных искажений выходного напряжения.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И СХЕМ ИХ ВКЛЮЧЕНИЙ.**

1. **Цель работы** – изучение работы, исследование характеристик и определение основных параметров полевого транзистора с р-п- переходом.

Ток в канале проводимости полевого транзистора (выходной сигнал) регулируется потенциалом управления (входной сигнал), создающим вблизи этого канала электрическое поле. Ток в канале проводимости формируется зарядами одной полярности как п- , так и р- типа (отсюда другое название полевых транзисторов – униполярные приборы). При этом изоляция управляющего электрода осуществляется либо слоем диэлектрика, либо запертыми р-п переходами.

В настоящей работе исследуется кремневый полевой прибор с собственной проводимостью п-типа, затвор которого образован запертыми р-п переходами.

Схема для снятия характеристик полевого транзистора с затвором в виде р –п перехода приведена на рис 1

-

+

+

-

V

V

mA

З

И

С

R1

E1

R2

E2

**Рис.1. Схема исследавания полевого транзистора**

В схеме имеются два источника, позволяющие изменять направления на затворе и стоке полевого транзистора Потенциометры R1 и R2 позволяют регулировать напряжения на затворе и стоке.

1. **Задание на работу.**

Снятие и построение стоковых характеристик.

Стоковые характеристики представляют собой зависимости Iст = f (Uст) при Uэ = const и снимается для 4-5 значений напряжения затвора U э. На основании полученных экспериментальных данных, занесенных в таблицу наблюдений, строится семейство стоковых характеристик.

Снятие и построение стоко- затворной характеристики.

Стоко – затворные характеристики представляют собой зависимости Iст =f (U3) при Uст = const и снимается для одного значения напряжения стока, заданного преподавателем. При этом изменяются напряжения затвора от 0 (максимальное значение тока стока) до напряжения отсечки (ток стока равен нулю) через 0,1-0,2В. На основании таблицы наблюдений в прямоугольной системе координат строится стоко – затворная характеристика.

Определение параметров полевого транзистора.

По стоковой характеристики при U 3 = 0 определяется значения напряжения насыщения Uнас и тока насыщения I нас , а также по одной из стоковых характеристик (по указанию преподавателя определяется выходное дифференциальное сопротивление.)

По стоко-затворной характеристике определяется значение напряжения отсечки U0 и крутизна характеристики.

1. **Указания по выполнению работы в лаборатории.**

Экспериментальная электрическая схема рис 1. соответствует мнемосхеме, нанесенной на передней панели стенда. В качестве исследуемого полевого прибора используется транзистор типа КП302А . Обеспечение различных вариантов результатов экспериментов при одном и том же транзисторе достигается включением различных сопротивлений (по заданию преподавателя) в цепь стока или истока при помощи переключения П1 – П2 . Измерительные приборы включены в цепи затвора и стока в соответствии со схемой по рис 1 и мнемосхемой и представляют собой приборы магнитоэлектрической системы.

1. **Требования к отчету.**

Отчет должен содержать:

1. наименование и цель работы;
2. схему для снятия характеристик транзистора с краткой характеристикой входящих в нее элементов;
3. таблиц наблюдений;
4. семейство стоковых характеристик.
5. Стоко –затворную характеристику;
6. Таблицу значений параметров транзистора определенных по экспериментальным характеристикам;
7. Краткие выводы по работе.
8. **Указания по выполнению работ на вертуальном стенде.**

Порядок выполнения работы на вертуальном стенде

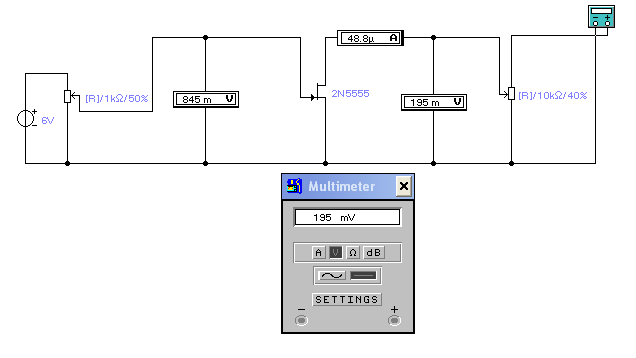
8.1 Лаборант задает в компьютер программный пакет “Elektronics Workbench” и студентам дает необходимые указание.

Собрать схему для исследования статических характеристик полевого транзистора.

8.1.1.Снятие и построение стоковых характеристик.

Стоковые характеристики представляют собой зависимости Iст = f (Uст) при Uэ = const и снимается для 4-5 значений напряжения затвора U э. На основании полученных экспериментальных данных, занесенных в таблицу наблюдений, строится семейство стоковых характеристик.

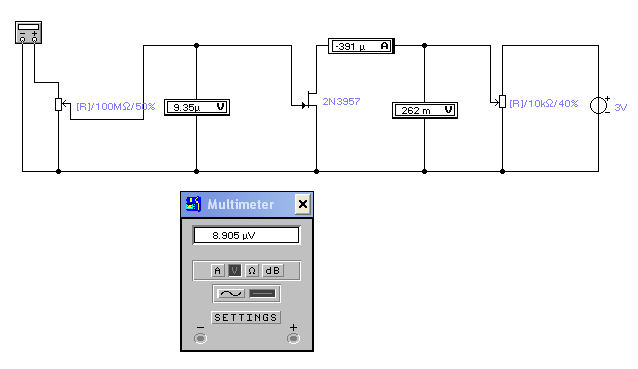
Примечание: В место входного сигнала можно пользоваться источником постоянного тока



Снятие и построение стоко-затворвых характеристик.

Стоко – затворные характеристики представляют собой зависимости Iст =f (U3) при Uст = const и снимается для одного значения напряжения стока, заданного преподавателем. При этом изменяются напряжения затвора от 0 (максимальное значение тока стока) до напряжения отсечки (ток стока равен нулю) через 0,1-0,2В. На основании таблицы наблюдений в прямоугольной системе координат строится стоко – затворная характеристика.

Примечание: Изменением значение сопротивление R2 ,снимаеться параметры Iст и Uз.



1. **Вопросы для самопроверки.**
2. Вид полевых приборов?
3. Достоинства полевых транзисторов?
4. Устройство и принцип работы полевого транзистора с затвором в виде р-п перехода?
5. начертить схему включения полевого транзистора с указанием полярностей источников напряжения.
6. Условные обозначения полевых транзисторов.
7. основные характеристики полевых транзисторов.
8. Чем объясняется высокое входное сопротивление полевого транзистора по сравнению с биполярными транзисторами?
9. Область применения полевых транзисторов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИП РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЕ**

1. **Цель работы.**
2. Экспериментальное исследование характеристики кремниевого стабилитрона.
3. Освоение работы схемы стабилизатора напряжения на основе стабилитрона и снятие основных характеристик.
4. Изучение принципа работы компенсационного стабилизатора и снятие его основных характеристик.
5. **Пояснения к работе.**

В настоящее время различают два способа обеспечения стабилизации напряжения или тока при питании электронных схем: параметрический и компенсационный.

В параметрических стабилизаторах используются стабилизирующие свойства характеристик нелинейных элементов. Наибольшее практическое применение для этой цели имеют кремневые стабилитроны.

Электрическая схема для исследования вольт – амперной характеристики кремневого стабилитрона приведена на рис 1.

мА

V

мА

Ru

Uo

Io

Rг

Iст

Uo

#### Ист

пит

.

.

**Рис.1.Схема исследования кремневого стабилитрона**

Принципиальная схема параметрического стабилизатора напряжения,в которой в качестве нелинейного элемента используется кремневый стабилитрон стабилитрон,схема приведена на рис.2.

мА

V

мА

Ru

Uo

Io

Rг

Iст

Uo

#### Ист

пит.

.

мА

V

Rю

Rю

Uю

Iю

Сю

В3

S

**Рис.2.Схема параметрического стабилизатора на стабилитроне**

Схема обеспечивает за счет нелинейности вольт – амперный характеристики стабилитрона стабилизацию постоянного напряжения на нагрузке R н подключенной параллельно стабилитрону, при воздействии различных дестабилизирующих факторов, основными из которых являются колебания сопротивления нагрузки и входного напряжения питания.

Схема стабилизатора компенсационного типа приведена на рис 3

Д1

Д2

R1

R2

T1

T2

T3

T4

R3

R4

R’д

R”д

Uст

+Uст

+Еп

**Рис.3.Принципиальная схема компенсационного стабилизатора**

Схема представляет собой транзисторный компенсационный стабилизатор с последовательно включенными регулирующим транзистором Т1, двухкаскадным на транзисторах Т4 и Т3 усилителем постоянного тока, источником опорного напряжения в виде стабилитрона Д2 в цепи эмиттера транзистора Т4 токостабилизирующим двухполюсником на транзистора Т 1 напряжение на базе которого стабилизировано с помощью стабилитрона Д1.

Делитель выходного напряжения на резисторах Rə1 и Rə2 потендиометре Uст, резистор R4 со стабилитроном Д2 образуют измерительный мост, на одну диагональ которого поступает высокодное напряжение стабилизатора Uн . Ко второй диагонали моста подключен переход эмиттер – база транзистора Т 4 . Мост работает как схема сравнения. При отключении напряжения на нагрузке от заданного, например, увеличении, увеличивается напряжение, снимаемое с потенциометра U ст делителя на Rə1 Rə2 , что приводит к приоткрытую транзистора Т4, а это приводит к увеличению тока, через него от токостабилизирующего источника на стабилитроне ДГ и транзисторе Т1 и , следовательно, к уменьшению тока в базу транзистора Т3 это приводит к при закрытие транзисторов Т3 и Т2 . Увеличения сопротивления транзистора Т2 приводит к увеличению падения напряжения на нем вызывает возврат напряжения на нагрузке к заданному значению. При уменьшении напряжения на нагрузке схема работает на приоткрытые транзистора Т2, следовательно, на уменьшение на нем падения напряжения, что приводит к повышению напряжения на нагрузке, т.е. восстановлению его до исходного значения.

Таким образом, в исследуемой схеме происходит непрерывная компенсация отклонения напряжения на нагрузке за счет изменения величины падения напряжения на нагрузке за счет изменения величины падения напряжения на регулирующем элементе (транзисторе Т2).

Работу схем стабилизации оценивают по величине коэффициента стабилизации.



Где - изменение входного напряжения приводящее к изменению напряжения на выходе на величину , Uвх Uн- номинальные напряжения, соответственно, на выходе стабилизатора и выходе.

1. **Задание на работу.**

Снять вольт –амперную характеристику кремневого стабилитрона при его обратном включении.

Собрав схему параметрического стабилизатора напряжения снять и построить статические характеристики стабилизатора Uст = f(Uвх) и Uст =f(Iн)

Собрать схему компенсационного стабилизатора. Снять и построить статические характеристики стабилизатора Uст = f (Uвх) и U ст = f (Iн)

По полученным по п.п. 3.2. и 3.3. характеристикам определить коэффициенты стабилизации исследованных схем стабилизаторов и сравнить их между собой.

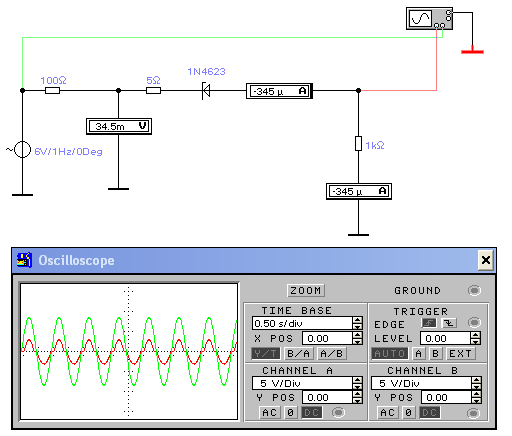
1. **Указания по выполнению работы на лабораторной установке.**

Работа выполняется на универсальном стенде полупроводниковых стабилизаторов. Сборка электрической схемы для исследований производится путем смены коммутационной платы с изображением исследуемой схемы на лицевой панели стенда. Питание стенда включается тумблером «сеть». Регулирование напряжения, подаваемого на исследуемую схему от источника питания, производится при помощи потенциометра U0 – нагрузка при помощи тумблера В3 . Регулирование напряжения стабилизации в небольших пределах для схемы компенсационного стабилизатора производится при помощи потенциометра Uст ручка которого выведена на лицевую панель стенда.

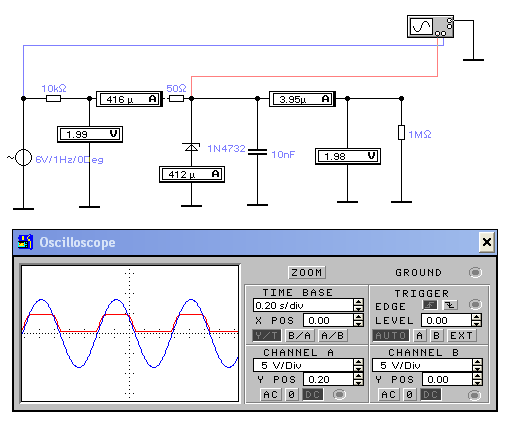
1. **Указания по выполнению работ на вертуальном стенде.**

9.1 Лаборант задает в компьютер программный пакет “Elektronics Workbench” и студентам дает необходимые указание. Собрать схему для исследования статических характеристик полевого транзистора.Изучение работы схем стабилизаторов напряжения

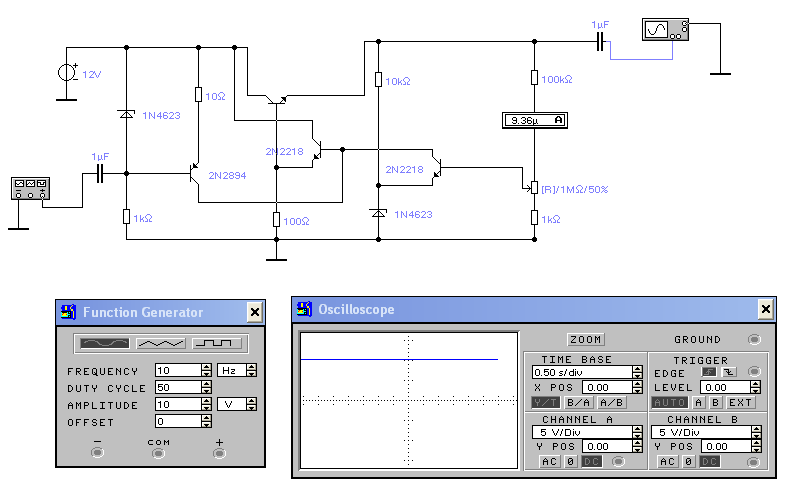
9.1.1Собрать схему и снять вольт –амперную характеристику кремневого стабилитрона при его обратном включении.Примечание: В место входного сигнала можно пользоваться источником постоянного тока.



9.1.2 Собрав схему параметрического стабилизатора напряжения снять и построить статические характеристики стабилизатора Uст = f(Uвх) и Uст =f(Iн)



9.1.3.Собрать схему компенсационного стабилизатора. Снять и построить статические характеристики стабилизатора Uст = f (Uвх) и U ст = f (Iн)



1. **Вопросы для самопроверки.**
2. Назначение и область применения кремниевых стабилитронов?
3. Пояснить работу стабилитрона по вольт-амперной характеристике.
4. Что называется параметрическим стабилизатором?
5. Что называется компенсационным стабилизатором?
6. Пояснить работу схемы параметрического стабилизатора.
7. Пояснить работу схемы компенсационного стабилизатора.
8. Каким параметрами оценивается качество стабилизаторов?.

**Литература.**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М: Высшая школа, 1978 г.
2. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах . –М: Энергия, 1970 г.
3. Нейман Л.Р. Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. М: Энергия, 1974 г.
4. Касаткин А. С. , Немцов М. В. Электротехника. – М: Энергоатомиздат, 1983г
5. Зайчик М. Ю. Сборник задач и упражнений по теоретической электротехнике, М «Энергия», 1973 г.