

U 73

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMINI
RIVOJLANTIRISH INSTITUTI

N. M. USMONXO'JAYEV, B. N. YOQUBOV

ELEKTR TA'MINOTI USKUNALARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

113873

ПРОФСОЮЗНАЯ
БИБЛИОТЕКА
— ОРК-3 —

TOSHKENT
«TURON-IQBOL»
2007

Taqrizchilar: **T. M. Qodirov** — texnika fanlari doktori, professor;
E. U. Ibragimov, M. Q. Bobojonov, O. E. Asudov —
texnika fanlari nomzodlari, dotsentlar.

31.29

U 73

N. M. Usmonxo‘jayev, B. N. Yoqubov.

Elektr ta‘minoti uskunolari: Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv
qo‘llanma. T.: O‘MKHTM, «Turon-Iqbol» nashriyoti, 2007. — 240 bet.

BBK 31.29-5ya722

Elektr ta‘minoti uskunolari: O‘quv qo‘llanma «Elektr ta‘minotining elektr uskunolari» fani dasturiga muvofiq yozilgan bo‘lib, uning mazmuni dasturga qo‘yilgan barcha talablarga to‘liq javob beradi.

O‘quv qo‘llanmada umumsanoat miqyosidagi elektr ta‘minoti to‘g‘risidagi umumiy ma‘lumotlar, ularning tarkibiy tuzilishlari va asosiy elektr jihozlari hamda ularning texnik vositalari bayon etilgan.

O‘quv qo‘llanma elektroenergetika ta‘minotiga tegishli barcha kasb-hunar kollejlariining o‘quvchilari va elektr ta‘minoti jihozlariga xizmat ko‘rsatuvchi muhandis-texnik xodimlar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan elektrotexnikaga oid barcha oliy o‘quv yurtlarining bakalavrlari hamda umumsanoat texnik xodimlari ham foydalanishlari mumkin.

SO'ZBOSHI

Zamonaviy fan va texnikaning istiqboli turli ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalarida elektr energiyasini qo'llash bilan uzviy bog'langan. Sanoat korxonalarida energetika, radiotexnika, avtomatika va hisoblash texnikasi, elektron qurilmalari, qishloq va suv xo'jaligi, qurilish, transport va boshqa sohalarning rivojlanishini elektr energiyasiz tasavvur ham qilib bo'lmaydi. Shu bois texnikaga oid barcha o'quv yurtlarida o'quv rejasiga elektr ta'minoti fani ham kiritilgan. Ushbu qo'llanmada turli elektrotexnika mutaxassisliklarning dasturiga kiradigan qismlar ham e'tiborga olindi.

Qo'llanma o'n bobdan iborat bo'lib, har bir bobning boshida tegishli mavzuning qisqacha elektrotexnika qonunlari va hodisalari bayoni berilgan.

Kitob hozirgi zamon energetikasi va elektrotexnikasiga asoslangan, ularning texnik yechimlari esa sanoatning turli sohalarida keng qo'llanilayotgan asboblardan, mashina va uskunalardan, yarim o'tkazgichli uskunalarning oxirgi yutuqlarini qo'llashga asoslangan holda yozildi. Shuningdek, boblar mavzularining rivoji «soddadan murakkablikka» tamoyili asosida bayon qilindi.

Soni, salmog'i o'sib borayotgan elektr iste'molchilarini energiya bilan ta'minlash uchun mamlakatimiz energetikasini jadal sur'atlar bilan rivojlantirish zarur. Shu sababli elektr ta'minoti element va uskunalari zamonaviy texnik yechimlar bilan boyitish, ular ishlarini yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga erishgan holda olib borish — hozirgi kunning eng dolzarb masalalaridan hisoblanadi.

Keyingi vaqtlarda kasb-hunar kollejlari dasturlariga jiddiy o'zgarishlar kiritildi. O'rta maxsus va oliy o'quv yurtlarida elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiya yo'nalishlari kurslarini o'qitish uslubiyatida yangi pedagogik texnologiyalar joriy etilyapti. Taqdim qilinayotgan o'quv qo'llanmada ularni hisobga olishga harakat qilindi.

Texnika rivoji keskin odimlar bilan qadam tashlayotgan bir vaqtda elektr xo'jaligi xodimlari malakasini muntazam ravishda oshirib turish shart.

Taqdim etilayotgan kasb-hunar kollejlari uchun ushbu qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining hamda O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazining elektroenergetika yo'nalishlari bo'yicha umumkasbiy va maxsus fanlardan «Elektrostansiyalar va nimstansiyalarining elektr qismi» va «Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash» sohalari bo'yicha mualliflarning ilmiy pedagogik, ishlab chiqarish tajribalarini hisobga olgan holda, shuningdek, Toshkent loyihalash institutlarining elektr ta'minoti xizmatiga tavsiya va ko'rsatmalarini inobatga olgan holda yozildi.

Qo'llanmada umumsanoat miqyosida elektr ta'minoti uskunalari to'g'risidagi ma'lumotlar, ularning tarkibiy tuzilishi va asosiy elektr jihozlari hamda ularning elektrotexnik vositalari kasb-hunar kollejlari o'quvchilari uchun tushunarli va sodda sxemalar bilan keltirilgan hamda ravon tilda bayon etilgan.

Qo'llanmaning so'zboshi va 1, 2, 3, 4, 5-boblari texnika fanlari doktori, professor Nig'mat Mahmudovich Usmonxo'jayev, 6, 7, 8, 9, 10-boblari esa, texnika fanlari nomzodi, dotsent Baxtiyor Ne'matovich Yoqubov tomonidan yozilgan.

O'z maslahatlari va tavsiyalari bilan kitob sifatini oshirishda qimmatli fikrlar bergan, texnika fanlari doktori, professor T. M. Qodirov, texnika fanlari nomzodi, dotsent E. U. Ibragimovga mualliflar o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

Qo'llanma to'g'risidagi fikr-mulohazalarini tahririyatga yuboruvchi kitobxonlarga mualliflar avvaldan o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

1-BOB. ELEKTR QURILMALARI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. ELEKTR TIZIMI VA TARMOQLARI TUZILISHI

Elektr energiyasini manbadan iste'molchiga uzatish uchun energetik tizimlardan foydalaniladi. Bu tizim o'z ichiga bir qancha elektr stansiyalarni qamrab olishi mumkin. Elektr energiyasi qabul qiluvchilar, iste'molchilar guruhlari elektr ta'minoti tizimlaridan energiya oladilar va hamkorlikda energetik tizimning ajralmas qismini tashkil etadilar.

Qurilma jihozlari qoidalari (QJQ) ga, asosan, elektr tarmog'iga taalluqli qoida va ifodalar haqida to'xtalib o'tamiz.

Energetik tizim (ET) elektr stansiyalari, elektr va issiqlik tarmoqlari, elektr va issiqlik energiyalari iste'molchilarini o'zida mujassamlashtirgan xo'jalik bo'lib, elektr va issiqlik energiyalarini muntazam ishlab chiqarishni o'zgartirish, taqsimlashni ma'lum ko'rinishda boshqaruvchi tizimdir.

Energetik tizimlar xalq xo'jaligi uchun elektr va issiqlik energiyalarini yetkazib beruvchilar hisoblanadi. Elektr stansiyalar, elektr tarmoqlari (elektr uzatish liniyalari, nimstansiyalar), elektr energiyasini o'zgartirgichlar va elektr energiyasini iste'mol qiluvchilar energetik tizimning elektr qismini tashkil qiladi. Bu qismning vazifasi quyidagilardan iborat:

- iste'molchilarning elektr energiyasi va quvvatga bo'lgan ehtiyojini qondirish (bunda tarmoqda hosil bo'luvchi isroflar va xususiy ehtiyoj uchun sarflanadigan energiyani hisobga olgan holda);

- iste'molchilarning iqtisodiy talablarini qondirishni ta'minlash va elektr ta'minoti puxtaligini oshirish;

- belgilangan normalarga, asosan, elektr energiyasini yaxshilash;

- elektr energiyasi tannarxini pasaytirish.

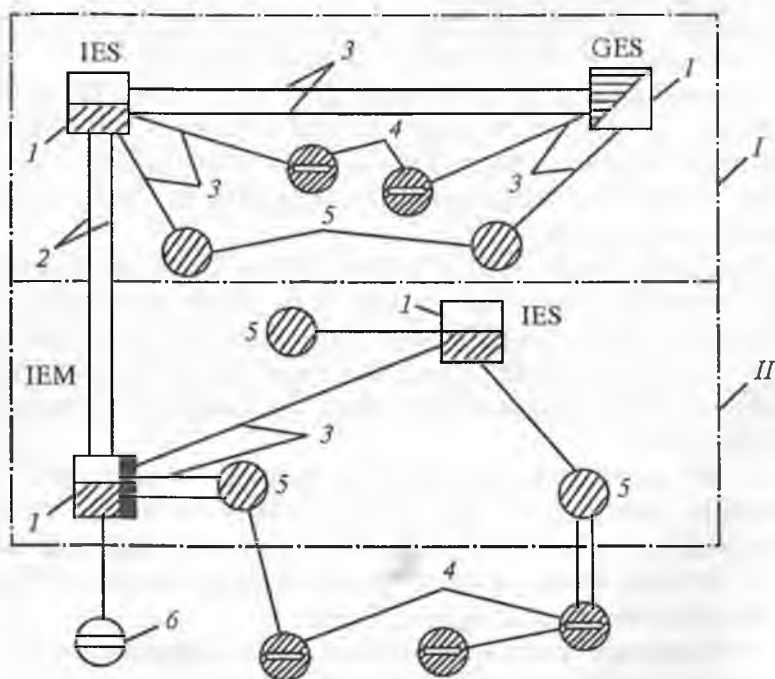
1.1-rasmda kuchli energetik tizimning bir bo'lagi ifodalangan. Uning asosini yirik elektrostansiyalar (TETS, GES, TES) tashkil etadi.

Elektr stansiyalari elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Ularning kuchlanishi generator turiga qarab 6—20 kV bo'ladi. Bu kuchlanish

kuch transformatori yordamida yuqori kuchlanishga aylantiriladi. Tuman tarmoqlarida kichik quvvat talab qiluvchi iste'molchilar uchun kuchlanish qiymatlari 10, 35, 110 kV bo'lsa va kattaroq quvvatlar talab etilsa, kuchlanish qiymati 110—220 kV ga teng. Tizimlararo bog'lanish esa masofalar katta bo'lganda 220, 330, 500, 750, 1150 kV (o'zgaruvchan tok uchun) va 1500 kV ga (o'zgarmas tok uchun) teng.

Tortgich nimstansiya (TN) va tuman nimstansiyalari, 1.1-rasm-da ko'rsatilganidek ikkita energetik tizimdan ta'minlanishi mumkin. Bunda qo'shimcha havo (QH) yoki kabel liniyalari (KL) bo'lishi kerak. Bunday sxema tortgich nimstansiyalarining puxtalik bo'yicha barcha talablarini bajara oladi.

Elektr tizim — energetik tizimning bir bo'lagi hisoblanadi va unda issiqlik tarmog'i va issiqlik iste'molchisi bo'lmaydi. Elektr tizim mu-



1.1-rasm. Energetik tizim:

1 — elektr stansiyalar; 2 — tizimlarni bog'lovchi elektr uzatish liniyalari; 3 — tizimning ichki bog'lovchi uzatish liniyalari; 4 — nimstansiyalar; 5 — tuman nimstansiyalari; 6 — loyihalananayotgan tortish nimstansiyalari.

ayyan hudud iste'molchilarini markazlashgan tarzda elektr energiyasi bilan ta'minlaydi.

Elektr stansiya — elektr energiyasi yoki elektr va issiqlik energiyalari ishlab chiqaruvchi qurilma.

Elektr tarmoq — ma'lum bir hududda elektr uzatish va elektr taqsimlagichlarni o'zida mujassamlashtirgan elektr qurilmalardir, taqsimlagich nimstansiyalar va ularni o'zaro birlashtiruvchi havo va kabel liniyalaridan iborat.

Kuchlanishning nominal qiymatiga qarab hamda QJK ga, asosan, fazalararo kuchlanish 1 kV ga qadar va 1 kV dan yuqori bo'lgan guruhlariga bo'linadi. Birinchi guruh, aksariyat kichik qiymatga ega tarmoq deyilsa, ikkinchi guruh, yuqori kuchlanishli tarmoqni tashkil qiladi.

Elektr qurilma — bu shunday qurilmaki, unda elektr energiya ishlab chiqarilishi, taqsimlanishi yoki iste'mol qilinishi mumkin.

Elektr energiyasini qabul qilish, o'zgartirish va uzatish elektr nimstansiyasida ro'y beradi. Bu qurilma, asosan, transformatorlar yoki energiya o'zgartgichlar, taqsimlovchilar, boshqaruvchi, himoyalovchi, o'lchovchi va yordamchi elementlardan tashkil topgan.

Havo yoki kabel liniyalari orqali elektr uzatish qurilmalari tok o'tkazgich elementlari, ular izolatsiyasi, tutib turuvchi konstruksiyalar va boshqalardan tashkil topgan.

Elektr ta'minlash (GOST 19431—84) — iste'molchini elektr energiyasi bilan ta'minlab turishdir. Iste'molchi sifatida elektr qabul qilgichlar yoxud ma'lum bir hududda joylashgan va texnologik jihatdan bir-birlari bilan uzviy bog'langan elektr qabul qilgichlar guruhiga aytiladi. QJK ga, asosan, elektr qabul qilgich — bu qurilma bo'lib, unda elektr energiyasi boshqa energiya turlariga aylanadi.

Qabul qilgich va taqsimlagich uchun xalq xo'jaligi korxonalarida elektr ta'minlash tizimlari tuziladi. Ular ham nimstansiya, elektr tarmog'i va mahalliy elektr energiyasi manbayidan iborat. Hozirgi vaqtda markazlashgan elektr ta'minlagichlardan foydalaniladi. Bunda iste'molchilar energiya bilan ta'minlovchi tashkilotlar (masalan, energotizim) ga ulanadi va tashkilot abonentlariga aylanadi.

Elektrik yuklama ayrim tok qabul qiluvchilar yoki korxonaning bir qancha iste'molchilari guruhidan iborat.

Elektr ta'minoti tizimi va elektr qabul qiluvchilar birgalikda korxonaning **elektr xo'jaligini** tashkil etadi. Elektr xo'jaligi murakkab va yuqori javobgarlikni talab etuvchi xo'jalik hisoblanib, uni boshqarish

texnik ekspluatatsiya va xavfsizlik texnikasiga amal qilgan holda olib boriladi.

Komplektli transformator nimstansiyasi (KTN) ichki yoki tashqi jihozlar sifatida bo'lib, uch fazali sanoat chastotali o'zgaruvchan tokni qabul qilish va taqsimlashga xizmat qiladi. KTN ichiga kommutatsion apparatlar, himoya, avtomatika va telemexanika hamda o'lchov asboblari va qo'shimcha qurilmalar joylashtirilgan shkaflardan iborat. Komplekt taqsimlovchi qurilmalar ikki turdan iborat: 6—10 kV KRU va KSO. Ular bir-biridan tubdan farqlanadi.

Elektr qurilmaning ishlash tartibi va vazifasini uning elektr sxemasi belgilaydi.

Elektr sxemalar **prinsipial, montaj** sxemalarga bo'linadi hamda birlamchi va ikkilamchi ulamalar orqali ifodalanadi.

1.2. ELEKTR QURILMALARINING TOK TIZIMLARI VA NOMINAL KUCHLANISHLARI

Elektr qurilmalar ularning sifatini ifodalovchi bir qancha parametrlar orqali farqlanadi: masalan, nominal kuchlanish, nominal tok va boshqa nominal parametrlar ishlab chiqaruvchi zavod tomonidan aniqlangan bo'lib, kataloglar, uskuna va jihozlar taxtachasida ko'rsatilgan bo'ladi. Qurilma loyihalalanayotganda va jihozlarni tanlashda kuchlanish va toklarning hisobiy qiymatlari nominal qiymatlar bilan qiyoslanadi. Bunday qiyoslash tanlangan jihozlar normal ishlashiga ishonch hosil qilish uchun o'tkaziladi.

Nominal kuchlanish — bu standart kuchlanishlar qatoridan olinib, bazaviy kuchlanishni tashkil qiladi. Nominal kuchlanish tarmoq va elektr jihozlar izolatsiyalari darajasini aniqlaydi. Tizimning har xil nuqtalarida kuchlanish nominal qiymatidagidan farqlanishi mumkin.

Elektr energiyasi manbayi nominal kuchlanish qiymatlari 1 kV li tarmoqlar uchun 1.1-jadvalda keltirilgan qiymatlarga mos stasionar kuchli tokli va tortish tarmoqlariga ega elektr qurilmalarda esa, 1.2-jadvalda keltirilgan qiymatlarga mos kelishi lozim.

Eng ko'p qo'llaniladigan kuchlanish qiymati 380/220 V ga teng. Bunga sabab 380/200 V kuchlanishli kuch qurilmalari bilan birga yoritish vositalarini bir vaqtda ta'minlash mumkin.

Agar kuchlanish 1 kV dan ortiq bo'lishi kerak bo'lsa, elektr qurilma quvvati va elektr ta'minoti sxemasini hisobga olgan holda tanlanadi. 6 va 10 kV li kuchlanishlar aksariyat kichik quvvatli korxonalar (1—

5 MVt) va elektr ta'minoti ichki taqsimlovchilarida qo'llaniladi. Binobarin, 10 kV li kuchlanishni ko'proq qo'llash tavsiya etiladi.

1.1-jadval

**1 kV GACHA KUCLANISHLAR NOMINAL QIYMATLARI
(GOST 21128—83) (1.4)**

| TOK | Nominal kuchlanish | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| | Manbalar va o'zgartgichlar | Zanjirlar va iste'molchilar |
| O'zgarmas | 6; 12; 28; 5; 48; 62; 115; 230; 460 | 6; 12; 27; 48; 60; 110; 220; 400 |
| O'zgaruvchan: bir fazali | 6; 12; 28; 5; 48; 62; 115; 230; 42; 62; 230; 400; 690 | 6; 12; 27; 40; 60; 110; 220 |
| uch fazali | | 40; 60; 220; 380; 660 |

3 kV kuchlanishli tarmoqlar, asosan, elektr stansiyalarining xususiy xarajatlari uchun ishlatiladi. Bunga sabab, 3 kV li tarmoqni qo'llash 6 yoki 10 kV li tarmoqni qo'llashga qaraganda iqtisodiy samaraliroq ekan. 15, 20, 24, 27 kV kuchlanishli energiyalar katta va kuchli elektrostansiyalarda ishlab chiqariladi. 35, 110, 220 kV li kuchlanishlar ta'minlovchi taqsimlagichlarda, shaharlar va ulkan sanoat korxonalarida taqsimlagich nimstansiyalarida ishlatiladi. 220 kV va undan yuqori qiymatli kuchlanishlar elektr tizimlarini o'zaro bog'lovchi liniyalarda va elektr stansiyadan unga nisbatan uzoq masofalar (75 MVt dan ortiq) ni ta'minlovchi elektr uzatish simlarida qo'llaniladi.

600 voltli o'zgarmas tok tortish elektr tarmoqlarida, tramvay, trolleybuslarda qo'llaniladi. Metropoliten elektr jihozlarida 825 voltli tarmoq qabul qilingan. 3 kV li o'zgarmas tok va 25,2x25 kV o'zgaruvchan tok kuchlanishlari, asosan, tortish elektr tarmoqlarida — elektrlashtirilgan magistral temir yo'llarda qo'llaniladi. Sanoat transporti uchun mo'ljallangan kuchlanish 600, 1500 va 3000 volt o'zgarmas tokda va 25 yoki 2x25 kV li o'zgaruvchan tokda amalga oshirilgan.

**1.3. ELEKTR ENERGIYA SIFATI VA ELEKTR
TA'MINOTI PUXTALIGIGA TALABLAR**

Elektr qabul qiluvchilarning normal ishlashlarini ta'minlash uchun u qabul qilayotgan elektr energiya sifatini yaxshilash talab etiladi.

Umumxizmat elektr tarmoqlarida elektr energiya sifati andaza — standart GOST 13109—87 dagi ko'rsatmalarga javob bermog'i darkor, ya'ni:

a) kuchlanish qiymat o'zgarishi nominal qiymatdan sekundiga 1% gacha tezlik bilan o'zgarganda quyidagicha aniqlanadi:

$$qU = \frac{U - U_N}{U_N} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

bu yerda: U — tarmoqning qurilayotgan nuqtasidagi kuchlanishi.

Past kuchlanishli tarmoqlarda kuchlanish qiymatining normal og'ishi $\pm 5\%$ bo'lishi, maksimal ruxsat etilgan og'ishi (kuchlanishi 20 kV bo'lganda) $\pm 10\%$ bo'lishi kerak;

b) kuchlanish qiymati o'zgarish tezligi sekundiga 1% dan oshganda quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$pU = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \cdot 100\%. \quad (1.2)$$

Yoritish vositalari ulanadigan elektr tarmoqlarida kuchlanish o'zgarish miqdori quyidagi qiymatlardan yuqori bo'lmasligi kerak: ko'rish me'yori katta yorug'lik miqdori talab etadigan xonalarda cho'g'lanma lampalar qo'llanganda — 0,018%; shu lampalar boshqa xonalarda qo'llanganda 0,034%, luminitse lampalar qo'llanganda — 0,079%.

Agar $K \leq 5\%$ bo'lsa, kuchlanish shakli amaliy sinusoida deb qabul qilinadi.

d) chastota qiymatining og'ishi (10 daqiqaga qadar, %):

$$qf = \frac{f - f_N}{f_N} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

bu yerda: f — chastotaning joriy qiymati;

f_N — chastotaning nominal qiymati.

GOST 13109—87 ga, asosan, chastotaning normal ruxsat etilgan og'ishi $\pm 0,4$ Gs dan oshmasligi kerak. Elektr tarmoqlarining avariya dan keyingi holatlarida chastota og'ishi 0,5 dan 1 Gs gacha ruxsat etiladi, faqat bir yil davomida bu og'ish 90 soatdan oshmasligi kerak.

Yuklama keng ravishda o'zgarganda, elektr energiya sifatini saqlab qolish, ayniqsa, elektr energiya iste'molchisi parametrlari nohizig'iy o'zgarganda va kuch zanjirlarining ulanib-uzilishi yuqori ko'rsatkichlarda bo'lganda, murakkab masala hisoblanadi.

Bu borada elektr ta'minotiga quyidagi asosiy talablar qo'yiladi: uzluksiz ta'minot va iqtisodiy maqsadni amalga oshirish; elektr energiyasi sifat texnologik va elektromagnitli sarflarni hisobga olgan holda texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan baholanadi.

Elektr ta'minotining muntazamligi istalgan vaqtda ular rejimlari bilan aniqlanadi. Uning puxtaligi elektr energiyasi uzilib qolgan holatining og'ir-yengil ko'chishiga qarab belgilanadi. Elektr qurilmalari qoidalari bo'yicha 1-toifali iste'molchilarga quyidagilar kiradi: 825 V li tortish tarmog'i, eskalatorlar, suv tortgich nasos qurilmalari, stansiya va tonnellar yoritgichlari, yong'inni o'chiruvchi va signalizatsiya qurilmalari, avtomatik nazorat punktlari. Maxsus puxtalikka ega bo'ladigan iste'molchilarga quyidagilar kiradi: elektr ta'minoti telemexanika qurilmalari tizimi, poyezdlar avtomatikasi va telemexanikasi, aloqa vositalari, stansiya ishini boshqaruvchi qurilmalar tizimi, avariya bo'lganda ishlovchi yoritgichlar, yo'lovchilar va xizmatchilarni evakuatsiya qilish yer osti yo'laklari yoritgichlari.

Birinchi toifadagi obyektlarning elektr iste'moli bir-biriga bog'liq bo'lmagan ikkita manbadan amalga oshiriladi. Bular sifatida alohida ta'minotchiga ega bo'lgan taqsimlagich shinalar xizmat qiladi. Bu shinalarga kuchlanishi 6 yoki 10 kV li bitta yoki bir nechta elektr stansiyalari yoki tuman nimstansiyasidan energiya kelishi mumkin. Tortish yuklamasiga ishlovchi nimstansiyalar bitta, lekin ikki mustaqil RU 6—10 kV shinalarga ega bo'lgan, hammavaqt ishga tayyor turuvchi qurilmalardan iborat. Nimstansiyalarning kirish qismi ta'minlagich energiya tizimiga ulangan.

1.4. ELEKTR ISTE'MOLCHILARI VA ELEKTR TARMOQLARINING ISH REJIMLARI

GOST 183—74 ga, asosan, elektr iste'molchilar sakkiz nominal turga bo'linadi. Bular ichida uchtasi asosiydir, chunki ular hozirgi zamon korxonalarini uskunalarini tashkil qiladi. Shunga ko'ra, shu uch toifa ustida to'xtalib o'tamiz.

1. Uzluksiz nominal rejim. Bu rejimda ishlaganda ish vaqti shunchalik kattaki, jihozlar harorati atrof-muhit haroratiga nisbatan o'sa borib, o'z qiymati bo'yicha o'rnatilgan harorat τ_{ust} ga borib yetadi.

1.2-rasmda yuklanish R , quvvat isrofi ΔP va qizish harorati τ ning elektr iste'molchi uch rejimda ishlagandagi tavsiflari keltirilgan. Birinchi rejim holatida iste'molchini tok manbayiga ulanganda uning harorati o'sa boshlaydi. Shu bilan bir vaqtda sovish holati ham ro'y beradi. Ma'lum bir vaqtga kelib issiqlik tengligi holati ro'y beradi. Bunda iste'molchi va tarmoq haroratlari qiymatlari muhim qiymatga ega bo'ladi — bu holat o'rnatilgan rejim deb ataladi. Odatda, o'rnatilgan rejim deb yuklama o'zgarmay qolganda 1 soat davomida harorat o'sishi 1°C dan oshmaydigan holga aytiladi.

Odatda, elektr qurilma va jihozlar tanlanganda, haqiqiy harorat τ_{ust} atrof-muhit harorati θ_{Os} dan ortiq bo'lmasligi kerak. Shunga ko'ra elektr qurilma pasportida quvvatning nominal o'rnatilgan qiymati ko'rsatilgan bo'ladi. Bu quvvat bilan ishlagandagi qizish izolatsiyaning saqlanishiga to'siq bo'la olmaydi. Texnik ekspluatatsiya qoidalari (TEQ) da simlardan o'tadigan qiymatlar keltirilgan.

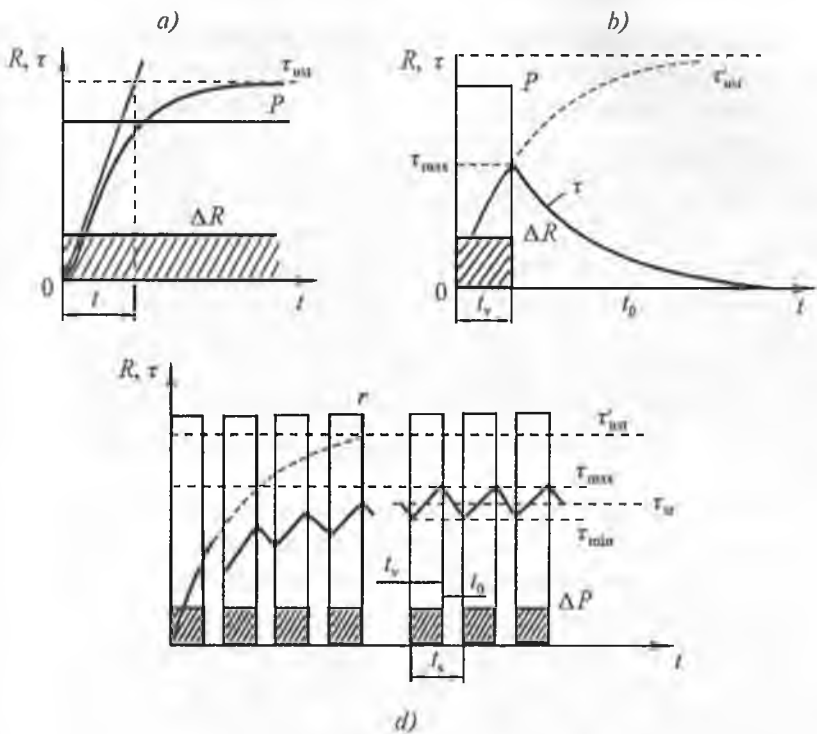
1.2-a rasmda uzluksiz — doimiy rejimda ishlaganda elektr qurilma harorati $3 \cdot T$ davomida o'rnatilgan qiymatgacha o'sishi ko'rsatilgan. Bunda T — vaqt doimiysi (s) bo'lib, elektr qurilma va o'tkazgich simning tashqi muhitga issiqlik o'tkazmasdan tok bilan ta'minlanib turgan holatidagi haroratni o'rnatilgan harorat τ_{ust} gacha o'sish davrini ko'rsatadi.

Uzluksiz — doimiy rejimda, ko'pincha nasos, kompressor, ventilatorlar, uzluksiz ishlovchi transport mexanizmlari elektr yuritmalari ishlaydi.

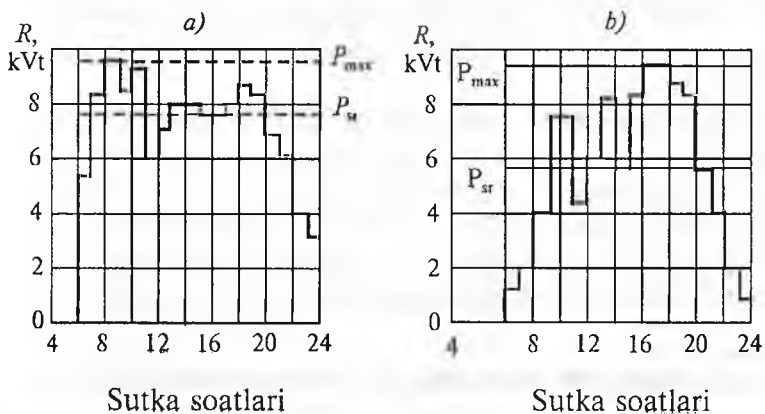
2. Qisqa nominal rejim (1.2-b rasm). Bunda nominal yuklama bilan ishlovchi davr motorni tarmoqdan uzish davri bilan almashib turadi. Binobarin, ishlash davri kichik bo'lganligi uchun harorat o'rnatilgan haroratgacha borib yetmaydi va pauza davri shunchalik kattaki, harorat atrof haroratigacha sovishga ulguradi.

3. Qisqa — takrorlanuvchi rejim (1.2-d rasm). Bunda ish rejimi pauza bilan almashib turadi. Binobarin, ish va pauza vaqtlari kichik bo'ladi va elektr qurilma hamda o'tkazgichlar ish davrida to'la qizishga, pauza davrida esa to'la sovishga ulgurmaydi.

Qisqa takrorlanuvchi rejim ulanish doimiyiligi (UD) deb ataluvchi atama bilan belgilanadi. UD, asosan, ish vaqti t_v ning to'la ish vaqti t_v va pauza vaqti t_p yig'indisiga nisbati orqali aniqlanadi, ya'ni



1.2-rasm. Elektr iste'molchilari ishlarining asosiy rejim grafiklari.



1.3-rasm. Nimstansiyaning haftaning ishchi kunlariga taalluqli sutka soatlari bo'yicha namunaviy yuklama grafiği:

a — uch agregatli nimstansiya ($R_{sr} = 0,6 \cdot R_{max}$);

b — bir agregatli nimstansiya ($R_{sr} = 0,5 \cdot R_{max}$).

$$UD = \frac{t_v}{t_v + t_p} = \frac{t_v}{t_s} \quad (1.4)$$

Odatda, bitta sikl t_s 10 daqiqaga teng. Agar $t_s > 10$ bo'lsa, uzluksiz doimiy rejimga aylanadi. Hozirgi vaqtga qadar elektrotexnik sanoat UD si 15, 25, 40, 60% ga teng bo'lgan motorlar ishlab chiqaradi.

Elektr tarmog'ining ish rejimi liniyaning tok bo'yicha yuklanishi, tok chastotasi, ta'minlovchi va iste'molchilar kuchlanish darajalari, o'tkazgichlarning yerga nisbatan kuchlanish qiymatlari, tarmoq zanjiri neytralining yer bilan birlashish turi, ko'p fazali tizimdagi simmetriya holati, kuchlanish shaklining sinusoidaga yaqinligi, ishchi o'tkazgichlarning o'zaro va yerga nisbatan izolatsiyalari orqali belgilanadi.

Bulardan tashqari, yana boshqa ish rejimlari ham mavjud bo'lib, ular normal, ta'mirlash va avariya so'nggi holatlar uchun aniqlanadi, binobarin normal holat uzluksiz rejimga, avariya holati — qisqa rejimga kiradi.

Normal rejim deganda shunday rejim tushuniladiki, bunda yuqorida zikr etilgan qiymatlar har qanday og'ishlarda ham hisobiy (loyihaviy) yoki nominal (normallangan) qiymatlardan ortmaydi.

Ta'mirlash rejimi deb, rejali profilaktika va kapital ta'mirlash davridagi ish rejimiga aytiladi. Ko'pincha, bunday ishlarga elektr qurilmalar yuklamalari kamayganda ruxsat etiladi. Ta'mirlash davrida elektr tarmog'ining bir bo'lagi tarmoqdan uziladi. Shuning uchun tarmoqning boshqa bo'laklari yuklama bo'yicha zo'riqib ishlashi mumkin.

Avariya rejimida tarmoq elementlari o'ta katta qiymatli tok va boshqa qiymatlar bilan ishlaydi. Bunday holatlar tarmoqning shikastlanishi (odatda, izolatsiyaning ishdan chiqishi, o'tkazgich simning uzilishi va boshqalar) oqibatida vujudga keladi va o'tkinchi ko'rinishga ega bo'ladi. Shunga ko'ra elektr apparatlari va o'tkazgichlari dinamik va termik jihatdan puxta bo'lishi darkor.

1.5. ELEKTR QURILMALARI YUKLAMA GRAFIKLARI

Elektr qabul qiluvchilar va iste'molchilari ish rejimlari, asosan, yuklama grafiklari bilan, boshqacha qilib aytganda, aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarning vaqt birligi ichida o'zgarishi bilan tavsiflanadi. Har kunlik, haftalik va har xil davrli (qishki, yozgi, kuzgi, bahorgi) grafik

turlari mavjud, shuningdek, yillik grafiklar ham tuziladi. O'tkazgichlarning asta-sekinlik bilan qizishi sababli sanoat, temir yo'l va boshqa elektr qurilmalari elektr yuklama grafiklari, bu qiymatlar 15—60 daqiqa davomidagi o'rtacha qiymat qilib kiritiladi. Bu qiymatlar aktiv-reaktiv elektr energiyalarini o'lchagich asbob bilan o'lchanadi. Shunga ko'ra bunday grafiklar har xil bosqichlar ko'rinishida ifodalanadi.

Agar elektr energiyasi avtomatik o'lchov tizimi yordamida o'lchanib, EHM xotirasiga har bir soat (yoki kam vaqtda) yozib turilsa, aktiv-reaktiv quvvatlarning istalgan vaqtdagi holatini aniqlash mumkin bo'ladi. Bunday asboblardan bo'lmagan taqdirda, amalda qabul qilinayotgan reaktiv quvvat Q_v oddiy reaktiv energiya o'lchovi hisoblagich (schyotchik) yordamida ham amalga oshirilishi mumkin.

Reaktiv energiyani topish formulasi:

$$Q_v = k_1 \frac{W_{Q1}}{t_1 D}, \quad (1.5)$$

bu yerda: W_{Q1} — o'lchanayotgan vaqtdagi reaktiv energiya;
 D — o'lchanayotgan vaqt davri [sut];
 t_1 — hisoblagichning sutka davomida ishlagan vaqti;
 k_1 — t_1 vaqtdagi quvvat o'rtacha qiymatini 30 daqiqali maksimumga keltirish koeffitsiyenti.

Elektrlashtirilgan temir yo'l va shahar transportining tortish nimstansiyalari uchun 30 daqiqalik maksimum aniqlanmaydi, chunki bu hollarda yuklama tasodifiy tavsiflarga ega bo'ladi.

Q_v qiymati hamma vaqt (1.5) dan aniqlanadi. P_v esa quyidagicha topiladi:

$$P_v = 1,3 \frac{W_p}{24 \cdot D}, \quad (1.6)$$

bu yerda: W_p — D sutka davomida sarflanayotgan aktiv energiya.

U oddiy elektr o'lchagich orqali topiladi.

Elektr stansiyalari uchun yuklama grafigi ishlab chiqarilayotgan va uzatilayotgan quvvatning vaqt birligiga (sutkaning soatlarida yoki yilning oylarida) nisbati ko'rinishida bo'ladi. Uzatish liniyalari uchun bu munosabat uzatilgan quvvat, nimstansiyalar uchun esa, qabul qilib va uzatilgan quvvat orqali aniqlanadi.

Xalq xo'jaligining har bir korxonasi o'zining tavsifiy yuklama grafigiga ega. U texnologik jarayon orqali aniqlangan bo'lib, hech

qachon o'zgarimasdan qolmaydi, chunki korxonada texnologik jarayoni muntazam takomillashish xususiyatiga ega.

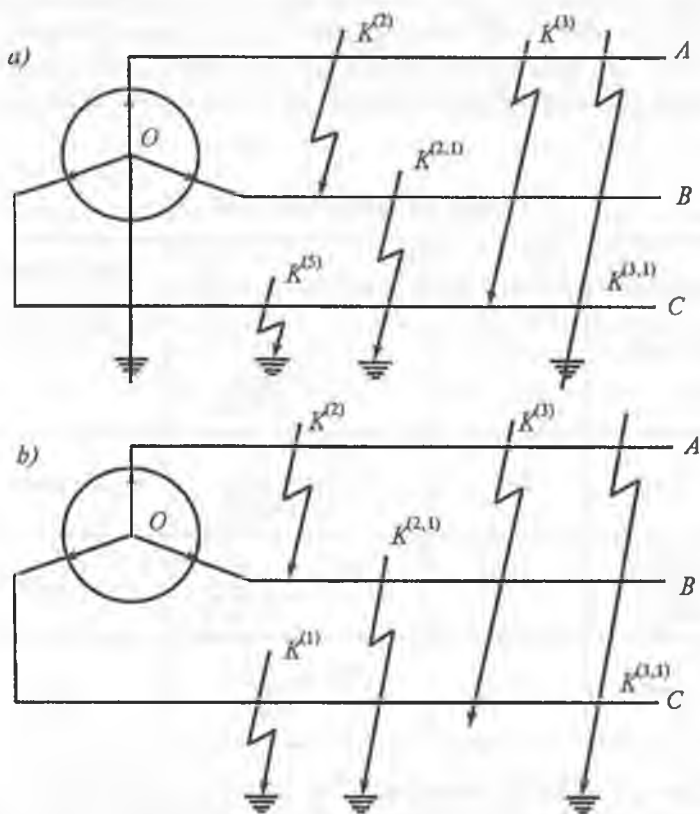
Yuklama grafigining notekisligi elektr qurilma ish rejimini yomonlashtiradi, grafikdagi yuklamaning eng katta qiymatini qoplash uchun esa yangi tarmoq va agregatlar qurishni, oqibatda, kapital xarajatlarni qo'shimcha ravishda ko'paytirishni talab etadi.

Sutka davomida yuklama grafigini tekislash, uning katta qiymatini pasaytirish maqsadida iste'molchilardan tashkil topgan regulatorlardan foydalaniladi. Bular katta energiya iste'mol qiluvchi avtomatlashtirilgan elektrotexnologik qurilmalar bo'lib, energiya tizimining eng kichik qiymatli yuklama bilan ishlaydigan davrida ishga tushib, tizimning eng katta qiymatli yuklama bilan ishlagan davrida esa zanjirdan uziladi.

2-BOB. ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARIDA QISQA TUTASHISH

2.1. TUTASHISH VA QISQA TUTASHISH TURLARI. JARAYONNING UMUMIY TAVSIFI

Elektr stansiyalari va elektr tarmoqlaridan foydalanish jarayonida har xil turdagi tutashish va qisqa tutashish (*QT*) lar ro'y berib, elektr qurilmalari yoki energiya tizimi ishlarining normal holatdan chiqishlariga sababchi bo'ladi.



2.1-rasm. Neytrali yerga ulangan (a) va yerga ulanmagan (b) tarmoqlardagi asosiy tutashishlar

113873

GOST 26522—85 bo'yicha *qisqa tutashish* deb, elektr zanjirining ikki nuqtasining atayin yoki tasodifan birlashishiga aytiladi. Bunda tarmoqning normal ishi buzilib, zanjirdan o'tayotgan tokning qiymati kattalashadi va miqdor jihatidan bir necha bor oshib ketadi. *Tutashish* deganda faza tok o'tkazuvchi qismlarining tasodifan bir-biri bilan yoki yer bilan birlashib qolishiga aytiladi. Amalda bunday birlashuvlar yoy orqali yoki to'g'ridan to'g'ri (o'tish qarshilgisiz) ro'y beradi (ikkinchi hol «metall birlashuvi» deb ham yuritiladi).

Energiya tizimi tarmoqlari neytrallarining rejimi holatiga qarab har xil tutashishlar ro'y berishi mumkin. Ularning tasniflari va shartli belgilari 2.1-jadvalda va ular izohi 2.1-rasmda keltirilgan.

Neytrali yer bilan birlashtirilgan tizimlarda uch fazali (simmetrik) va ikki fazali (nosimmetrik) qisqa tutashishlar paydo bo'lishi mumkin. Ikki fazali tutashishlar bir nuqtada yoki har xil nuqtalarda bo'ladi. Neytrali yerga ulangan tizimlarda simmetrik (uch fazali) va nosimmetrik (ikki fazali) bir nuqtada yer orqali qisqa tutashish, ikki fazali har xil nuqtalarda yer orqali qisqa tutashish [2.1] hollari bo'lishi mumkin.

2.1-jadval

QISQA TUTASHISH TURLARI

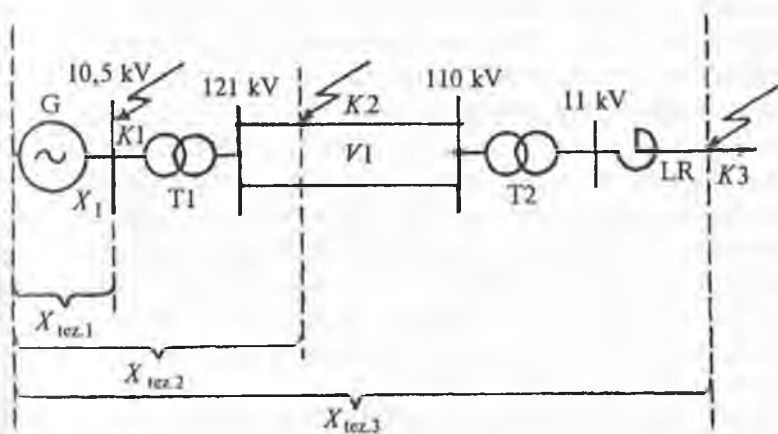
| Tutashish turlari | Shartli belgi | Hisoblash formulasi | Shu turdagi qisqa tutashish paydo bo'lishi |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Uch fazali | K ⁽³⁾ | $I^{(3)} = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z_k}$ | 1—7 |
| Ikki fazali | K ⁽²⁾ | $I^{(2)} = \frac{U_l}{\sqrt{2}Z_k}$ | 2—13 |
| Ikki fazali bir nuqtada | K ^(2.1) | $I^{(2.1)} = \frac{U_l}{\sqrt{2}Z_k}$ | 5—10 |
| Bir fazali | K ⁽¹⁾ | $I^{(1)} = \frac{U_l}{\sqrt{3}X_k}$ | 60—92 |

Tajribadan ma'lumki, aksariyat QT lar bitta fazaning yer bilan tutashishi oqibatida vujudga keladi. Uch fazali QT lar eng xavfli avariya hisoblansada, u kam sodir bo'ladi. Bir fazali tutashishni bir fazali yerga tutashish bilan aralashtirish kerak emas. Sig'im tavsifiga (neytrali yerga ulangan

holda) yoki aktiv tavsifli (katta qarshilik orqali neytrali yerga tutashtirilgan holda) yer orqali qisqa tutashuv bir fazali toki unchalik katta qiymatga ega emas. Shu sababli ushbu bobda unga e'tibor bermaymiz. Induktiv tavsifli bir fazali qisqa tutashuv toklari katta qiymatlarga ega bo'lsa-da, uchi fazali qisqa tutashuv toki qiymatiga yetolmaydi.

Generatoridan ta'minlanuvchi elektr tarmoqlarda qisqa tutashuv jarayonlari qisqa tutashuv ro'yi bergan joyning uzoqligiga bog'liq bo'ladi, boshqacha aytganda, generatorga nisbatan qisqa tutashuv joyigacha bo'lgan tarmoq qarshiligiga bog'liq bo'ladi. Shunga ko'ra, umalda uzoq va yaqin masofali qisqa tutashuvlar mavjud. Yaqin masofadagi qisqa tutashuv jarayonlari generatorida bo'ladigan o'tkinchi jarayonlar bilan aniqlanadi. Masofa uzoqlashgan sari qisqa tutashuv generatorga kamroq ta'sir ko'rsatadi. Generator magnit tizimidagi o'tkinchi jarayonlar kamayadi va bu davrda generatorning elektr yurituvchi kuchi nisbatan kam o'zgaradi.

2.2-rasmdan ayon bo'ladiki, generator eng katta boshlang'ich tokni manba yaqinida, ya'ni $K1$ nuqtasida, boshqacha aytganda tizim qarshiligi X_{tez1} manba qarshiligi X_1 ga teng bo'lganda berar ekan. Bu chegaraviy qiymat bo'lib, qisqa tutashuv toki faqat generator parametrlariga bog'liq bo'lib qoladi. Bu holda qisqa tutashuv tokining apparatlar va tok o'tkazuvchi elementlarga ta'sirini aniqlash uchun generator EYUK va induktiv qarshiligi o'zgarish qonuniyatlarini hisobga olish talab etiladi, chunki bu qiymatlar qisqa tutashuv davrida uning davriy tuzuvchisini vaqt birligida qisqa o'zgarishiga olib keladi. $K2$ nuqtasida sodir bo'lgan qisqa tutashuv davrida tizim qarshiligi X_{tez2}



2.2-rasm. Qisqa tutashuv yaqin yoki uzoq masofada ro'yi berishini belgilovchi sxema.

generator qarshiligi X bilan qiymat bo'yicha yaqinlasha boradi. Qisqa tutashish toki ta'sirini generator EYUK va induktiv qarshiligining o'zgarish qonuniyatlarini inobatga olgan holda olib boriladi. Ular o'zgarishi QT tokining davriy tuzuvchisiga bo'lgan ta'siri anchagina kuchsiz. Agar tizim qarshiligi X_{tez} generator qarshiligiga nisbatan katta bo'lsa, generatorning tizimga uzatayotgan toki kichik qiymatga ega bo'ladi. Bunda generatorning induktiv qarshiligi vaqt birligi ichida o'zgarmas deb qabul qilinishi mumkin. Boshqacha aytganda, QT tokining davriy tuzuvchisi, asosan, tizim qarshiligi bilan aniqlanadi.

Izolatsiyasi shikastlangan elektr zanjirlarida ham qisqa tutashish ro'y beradi. Bunga asosiy sabablar har xil: izolatsiyaning «qarishi»; o'ta kuchlanish (ayniqsa, yerga ulangan yoki rezonans — yerga ulangan neytralli tarmoqlarda); mexanik shikastlanish (ayniqsa, kabel o'tkazilgan trassalarda yer qazish ishlarini olib borganda; izolatorlar sinishi, tayanchlar ag'anashi; xizmat qiluvchi xodimlar tomonidan foydalanish qonun va qoidalarining buzilishi (bu hol juda ko'p sodir bo'lib, barcha avariylarning 50—70% ini tashkil etadi).

Ba'zi bir qisqa tutashishlar uzluksiz bo'lib, ular kommutatsiya apparatlaridan tok o'tmagan hollarda ham davom etaveradi. Bularga ko'proq mexanik shikastlanish, izolatsiyaning «qarishi» va namlanishi oqibatida ro'y beradigan QT lar kiradi.

Uzluqli qisqa tutashuvlar uchun shart-sharoitlar tufayli o'z-o'zidan pauza vaqtda yo'qolishi uning afzalligi hisoblanadi. Masalan, chaqmoq orqali izolatorning qisqa tutashuvi chaqmoq to'xtagach yana uning normal holga o'tib ishlayverishini aytib o'tish kifoya.

Qisqa tutashish oqibati har xil bo'ladi, hozirgi zamon elektr tizimlarida QT toki o'n va yuz ming amperlarni tashkil qilishi mumkin (normal nominal tokka nisbatan). Bu toklar o'tkazgichlar va kontaktlarda elektr energiya isrofini ko'paytirib, har xil qizish holatlariga olib keladi. Bunday qizishlar izolatsiyaning nurashiga, kontaktlarning yopishib qolishiga, shinalar mexanik puxtaligining kamayishiga sababchi bo'ladi. Shikastlangan fazalardan katta qiymatdagi QT tokining o'tishi tizimda yong'in chiqishiga, kabel va boshqa tarmoqlarda avariyaning yanada rivojiga sababchi bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra o'tkazgich va apparatlar berilgan vaqt ichida qisqa tutashish tokini ko'tara olishi kerak, boshqacha aytganda, termik jihatdan puxta bo'lishlari darkor.

Qisqa tutashish toklari ta'sirida o'tkazgichlar oralig'ida elektr dinamikali kuchlar hosil bo'ladi. Ular ta'sirida tok o'tkazgich izolatsiyalari mexanik jihatdan parchalanishi mumkin. Tok

o'tkazuvchi qismlar, apparatlar va elektr mashinalari konstruktiv jihatdan loyihalananayotgan vaqtda ularni ana shu kuchlarga bardosh bera oladigan qilib yaratishni taqozo etadi.

QT elektr zanjirlariga to'g'ridan to'g'ri ta'sir etishdan tashqari yana elektr ta'minlanuvchilar ishiga ham ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu, birinchi navbatda, kuchlanishning pasayishi bilan bog'liq. Bu esa QT ro'y bergan joy bilan yuklama ulangan joylar farqiga bog'liq bo'ladi.

Elektr jihozlari va qurilmalarini to'g'ri loyihalash, tanlash, montaj va ta'mirlash ishlarini yuqori darajada olib borish, elektr qurilmalaridan to'g'ri foydalanish — bularning hammasi QT asoratlarini kamaytirish yo'lidagi muhim ishlar hisoblanadi. Shuningdek, profilaktika ishlarini to'g'ri tashkil qilish va olib borish qisqa tutashish hollarining oldini olishda muhim vositalar hisoblanadi.

Qisqa tutashishni kamaytirish va cheklash omillari hamda elektr jihozlarning ishlash puxtaligini oshirish usullari 2.7-paragrafda bayon qilinadi. QT tokini kamaytirish omillarini amalga oshirish uchun qisqa tutashish tokini topish va uning vaqt ichida o'zgarish tavsifini aniqlash zarur. Qisqa tutashish tokining ahamiyatiga qarab, uning qiymatini zarur aniqlik bilan topish usullari mavjud.

Bir qancha elektr stansiyalari va nimstansiyalardan tashkil topgan energiya tizimning turli elementlari tavsiflarini hisobga olgan holda qisqa tutashish tokini hisoblash anchagina mushkul masala. Amalda, ko'pincha, bu toklarni yuqori aniqlik bilan topish shart emas. Shuning uchun istalgan vaqtda qisqa tutashish tokini aniqlash uchun taxminiy usullarni qo'llash mumkin. Bunda qo'shimcha soddalashtirishlar qo'llanilib, QT tokining biroz oshirilgan qiymati aniqlanadi (aniqlik 10% dan oshmaydi). QT tokining eng aniq qiymatini aniqlash muvosiylar parallel ishlaganda uning muqim ishlashini aniqlash va tele himoyasining murakkab turlarini loyihalashda kerak bo'ladi.

Bir va ikki fazali QT toklarini aniqlashda, simmetrik tuzilishlar usulidan foydalaniladi. Bu usullarga keng to'xtalmasdan shuni aytishimiz mumkinki, QT tokining o'rnatilgan qiymati quyidagi umumlashgan formuladan aniqlanadi:

$$I_{QT}^{(n)} = m^{(n)} I_{k1}^{(n)}, \quad (2.1)$$

bu yerda: n — shikastlangan fazalar soni; $m^{(n)}$ — mutanosiblik ko'rsatkichi. U QT turiga (2.2-jadval) bog'liq; $I_{k1}^{(n)}$ — to'g'ri tashkil etuvchi ketma-ketlik toki.

Quvvati cheksiz deb qabul qilingan energiya tizimlari uchun to'g'ri tashkil etuvchi ketma-ketlik tokini hisoblash formulasi quyidagicha:

$$I_{kl}^{(n)} = \frac{E}{X_{kl} + X_{rux.et.}^{(n)}} = \frac{E}{X_{tez}^{(n)}}, \quad (2.2)$$

bu yerda: E — energiya tizimining faza EYUK i; X_{kl} — qarshiliklar yig'indisi bo'lib, QT nuqtadan energiya tizimi shinasigacha bo'lgan qarshiliklarni o'z ichiga oladi; $X_{rux.et.}^{(n)}$ — to'g'ri ketma-ketlik sxemasiga kiritilayotgan qo'shimcha qarshilik bo'lib, uning qiymati QT turiga qarab 2.2-jadvaldan olinadi.

2.2-jadval

QT TURIGA QARAB $X_{rux.et.}^{(n)}$ VA $m^{(n)}$ QIYMATLAR

| QT | n | $m^{(n)}$ | $X_{rux.et.}^{(n)}$ |
|-------------|-----|-----------|-----------------------|
| Uch fazali | 3 | 1 | 0 |
| Ikki fazali | 2 | 3 | X_{2tez} |
| Bir fazali | 1 | 3 | $X_{2tez} + X_{0tez}$ |

(2.2) formula tahlilidan ko'rinadiki, eng og'ir QT uch fazali bo'lganda ro'y berar ekan. Chunki bunda tokning qiymati eng katta bo'lar ekan. Shunga ko'ra elektr apparatlarini hisoblash va tanlashda shu uch fazali QT ga mo'ljallab bajariladi. Tizim loyihasini yoki elektr ta'minoti elementlarini hisoblashda, QT tokini hisoblash bir qancha maqsadlarni ko'zda tutadi:

— o'tkazgich va apparatlar termik va dinamik turg'unlik holatini aniqlash va tekshirish uchun QT tokining eng katta qiymatini aniqlash, shuningdek, shu tok qiymatini kamaytirish usulini tanlash yoki uning vaqtini cheklash;

— QT tokining minimal qiymatini aniqlab, unga nisbatan himoyaning sezgirlikini belgilash va shu orqali tizimni va uning parametrlarini to'g'ri tanlash hamda himoya vaqtining maksimal qiymatini topish.

2.2. UCH FAZALI QISQA TUTASHISHDAGI O'TKINCHI JARAYONLAR. ASOSIY HISOB QIYMATLARI

Qisqa tutashish o'tkinchi jarayonlarning paydo bo'lishiga sababchi bo'ladi. Bunda tok va kuchlanish qiymatlari va ular tavsifi vaqt bo'yicha o'zgaradi. O'tkinchi jarayonlar elektr manbai va zanjir qarshiliklarining o'zaro munosabatlariga bog'liq bo'lib qoladi.

Quyida eng sodda va eng ko'p uchraydigan elektr tizimidan ta'minlanuvchi tortish nimstansiyasini ko'rib o'tamiz (2.3-rasm).

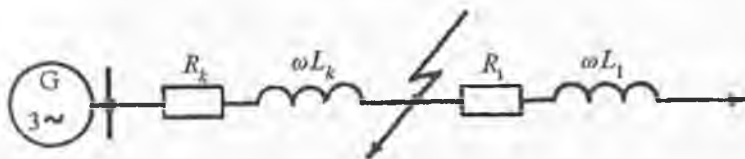
Bu sxemada QT ro'y berganda ham tarmoq kuchlanishi qiymati o'zgarmay qoladi (nazariy jihatdan olganda bu hol elektr tizimi quvvati nimstansiya quvvatiga nisbatan cheksizga teng bo'lganda ro'y beradi). Uch fazali QT da 2.4-rasmda keltirilgan sxema go'yo ikki qismga bo'linadi.

Ikkala qismdagi o'tkinchi jarayonlar bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda kechadi. Birinchi o'ng tarafdagi qismda sxema KG shuntlangani uchun qisqa tutashish toki induktiv qarshilik L_1 da g'amlangan magnit energiya issiqlik energiyasiga aylanib, aktiv qarshilik R_1 yo'qolguncha o'tib turadi. Bu qismdagi tok normal rejimdagi tokka nisbatan oshmaydi va asta-sekin nol qiymatgacha ko'na boshlaydi. Shunga ko'ra bu tok elektr qurilma va jihozlar uchun xavfli bo'lmaydi.

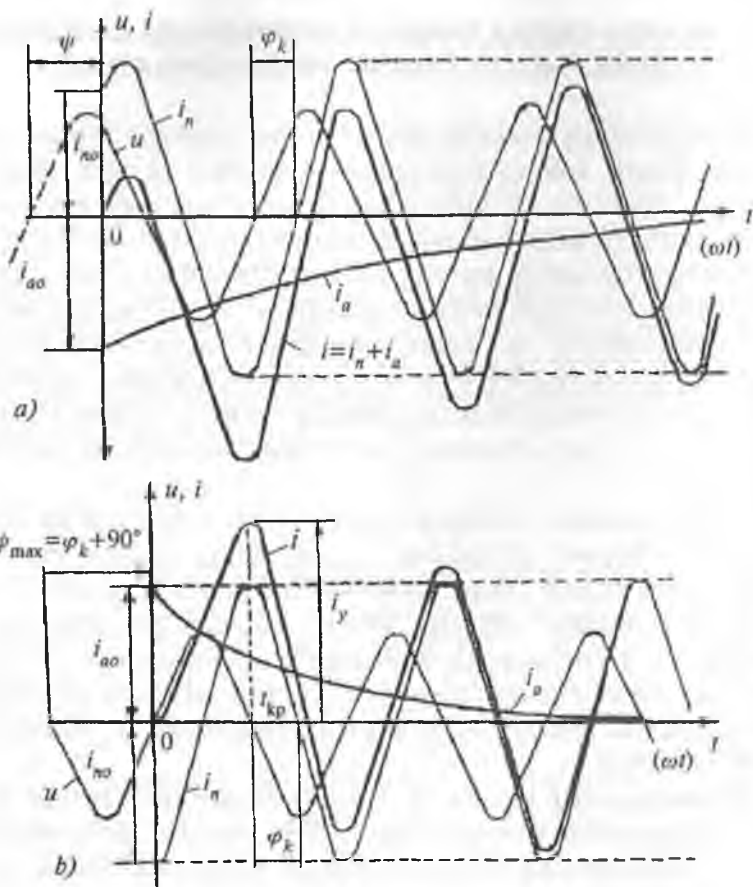
Sxemaning chap tomoni (2.3-rasm) da paydo bo'ladigan o'tkinchi jarayon aktiv-induktiv qarshilikka ega bo'lgan zanjirlarda bo'ladigan jarayon kabi birinchi darajali differensial tenglama bilan ifodalanadi, ya'ni:

$$R_k i + L_k \frac{di}{dt} = \sqrt{2} U_n \sin(\omega t + \psi), \quad (2.3)$$

bu yerda: U_n — generator kuchlanishining nominal qiymati; L_k, R_k — QT zanjirining induktiv va aktiv qarshiligi; ψ — kuchlanishning boshlang'ich fazasi; i — o'zgaruvchan tokning oniy qiymati.



2.3-rasm. Bir liniyalik ko'rinishda ifodalangan kuchlanishi o'zgarmas shinadan ta'minlanuvchi uch fazali simmetrik zanjir.



2.4-rasm. Qisqa tutashish tokining o'tkinchi jarayondagi davriy i_n va nodavriy i_a tashkil qiluvchilari hamda ularning to'la toki i :

a — umumiy holat; b — QT toki qiymatining eng katta amplitudaga ega bo'lgan, ya'ni $i_{\max} = i_y$ holati.

(2.3) tenglamani klassik usul bilan yechish mumkin. Buning uchun uning o'ng tarafini nolga tenglab, hosil bo'lgan bir jinsli tenglamaning umumiy yechimini topamiz. So'ngra bir jinsli bo'lmagan mutanosib tenglamaning xususiy yechimini aniqlaymiz. Shunday qilib, o'tkinchi jarayon umumiy holda QT tokining erkin aperiodik tashkil etuvchisi i_a va davriy tashkil etuvchisi i_n lardan iborat bo'lar ekan. Ikkala tokning jamlanishidan to'la tok i hosil bo'ladi. Rasmdan ko'rinadiki, davriy tashkil etuvchi 1_p va doimiy tok i zanjir toki chastotasi bo'ylab o'zgaradi.

Faza tokining oniy va harakatlanuvchi qiymatlarini 2.4-*a* rasm uchun quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_n = \frac{U_n}{\sqrt{R_k^2 + (\omega L_k)^2}} = \frac{U_k}{Z_k}, \quad (2.4)$$

$$\varphi_k = \arctg\left(\frac{\omega L_k}{R_k}\right) = \arctg \frac{X_k}{R_k}. \quad (2.5)$$

$$i_n = \sqrt{2} I_n \sin(\omega t + \psi - \varphi_k). \quad (2.6)$$

QT tokning davriy tashkil etuvchisi i_n , asosan, o'rnatilgan rejimga taalluqli bo'lib, manbaning kuchlanish harakati bilan aniqlanadi. Real elektr zanjirlarda, ya'ni $X_k \theta R_k$ bo'lganda, burchak siljishi ψ_k 45° dan 90° gacha o'zgaradi.

2.4-*a* rasmdan ko'rinadiki, $t = 0$, ya'ni vaqtning boshlang'ich qismida $i_{ao} = 0$. Bunda yig'indi to'liq tok nolga teng, boshqacha qilib aytganda, kommutatsiyaning birinchi qonuni amalda saqlanadi.

(2.3) ifodaga ko'ra tokning erkin tashkil etuvchisi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$i_a = i_{ao} e^{-\frac{t}{\tau_a}},$$

bu yerda: t_a — aktiv tashkil etuvchining vaqt doimiysi, uning qiymati

$$\tau_a = \frac{L_k}{R_k} = \frac{X_k}{\omega R_k}$$

ga teng.

QT tokining erkin tashkil etuvchisi vaqt ichida o'z ishorasini o'zgartirmaydi va QT tokining *aperiodik* tashkil etuvchisi deb ataladi. Aperiodik tashkil etuvchining so'nish tezligi vaqt doimiysi τ_a ga bog'liq. 1 kV dan ortiq kuchlanishga ega elektr tarmoqlarida vaqt doimiyligining qiymati 0,5 daqiqa atrofida bo'ladi. Shunga ko'ra aperiodik tashkil etuvchining «umri» 0,2 daqiqani, boshqacha qilib aytganda, 10 davrni tashkil etadi. Aktiv qarshiligi yuqori (odatda, kuchlanishi 1 kV dan kam) tarmoqlarda aperiodik tashkil etuvchining «umri» juda qisqa bo'ladi.

Boshlang'ich sharti $t = 0$ bo'lganda, (2.7) tenglamadan $i_a = i_{ao}$ ekanligini ko'ramiz. Shunga ko'ra $i_{ao} = -i_{no}$ va (2.8) ni inobatga olib holda quyidagini olamiz:

$$i_{ao} = -i_{no} = -\sqrt{2} I_n \sin(\psi - \varphi_k). \quad (2.8)$$

Buni (2.7) ga qo'ysak,

$$i_a = \sqrt{2}I_n \sin(\psi - \varphi_K) e^{-\frac{t}{\tau_0}}. \quad (2.9)$$

Istalgan vaqt t ichidagi QT tokini (2.9) va (2.6) qiymatlarini qo'shish orqali olamiz, ya'ni

$$i = i_n + i_a = \sqrt{2}I_n \left[\sin(\omega t + \psi - \varphi_K) - \sin(\psi - \varphi_K) e^{-\frac{t}{\tau_0}} \right] \quad (2.10)$$

Shuni ta'kidlash kerakki, tarmoqdan yagona tok — QT ning to'la toki o'tadi. QT tokining davriy va nodavriy tashkil etuvchilari — bu matematik jihatdan o'tkinchi jarayonni formalizatsiyalash, xolos.

2.4-a rasmdan ko'rinadiki, to'liq tok i vaqt t da amplitudasi davriy tashkil etuvchi amplitudasidan katta bo'ladi. Kuchlanish grafigi $U(t)$ ga QT ning birinchi onida (boshlang'ich faza ψ da) tok grafigi istalgan ko'rinishda berilishi mumkin. Boshlang'ich faza ψ ning qiymatini o'zgartirish yo'li bilan uning maksimal qiymati ψ_{\max} ni topish mumkin, unda to'liq tok amplitudasi eng katta qiymatga ega bo'ladi. Bunda $\psi_{\max} = \psi_k \pm 90^\circ$ va

$$I_{ao} = I_{no} = \sqrt{2}I_n \quad (2.11)$$

Aperiodik tashkil etuvchi maksimum bo'lgan to'la tokning grafigi 2.4-b rasmda keltirilgan. Undan ko'rinadiki, to'liq tokning eng katta amplitudali qiymati QT boshlangandan so'ng yarim davr (0,01 daqiqa) o'tgach sodir bo'lar ekan. Bu tok *zarbiy* tok deb yuritilib, i_y belgisi bilan ifodalanadi.

(2.10) tenglamasidan di/dt hosila olib va uni nolga tenglasak, *kritik vaqt* t_{kr} ni topamiz (2.4-b rasm), zarbiy tok $t_k = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2\pi f} = \frac{1}{2f}$ da hosil bo'ladi.

U holda (2.10) formuladan:

$$i_y = \sqrt{2}I_n \left[\sin(\pi + \psi - \varphi_K) - \sin(\psi - \varphi_K) e^{-\frac{\pi}{\omega t_0}} \right] \quad (2.12)$$

(2.12)dan ko'rinadiki, sof aktiv qarshilikli zanjirda ($\omega L \leq R$, $\varphi \approx 0$, $\tau \approx 0$) zarbiy tok amalda davriy (o'rnatilgan) tok amplitudasidan oshmaydi (bunda $\psi \equiv \pi/2$):

$$I_m = \sqrt{2}I_H / 2.$$

Eng og'ir sharoit induktiv zanjirda, ya'ni $\omega L \leq R$ va $\psi \approx \pi/2$ bo'lganda sodir bo'ladi. Zarbaviy tokning maksimal qiymati kuchlanish grafigi nol qiymatdan ($\psi = 0$) o'tayotganda hosil bo'ladi. Unda:

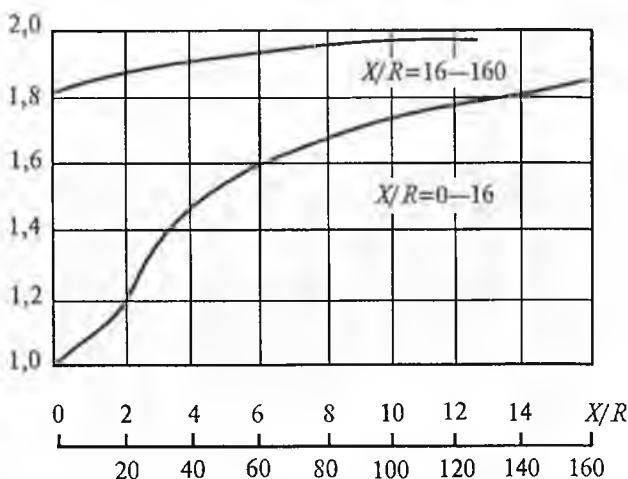
$$i_u \sqrt{2}I_n = \left(1 + e^{-\frac{\pi}{\omega\tau_a}}\right), \quad (2.13)$$

bu yerda: k_u — zarbaviy koeffitsiyent, u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$k_u = \frac{i_u}{\sqrt{2}I_n} = \left(1 + e^{-\frac{\pi}{\omega\tau_a}}\right) = \left(1 + e^{-\frac{0,01}{\tau_a}}\right). \quad (2.14)$$

k_u zarbaviy tokning QT dagi davriy tok amplitudasidan qancha katta ekanligini ko'rsatadi.

Zarbaviy koeffitsiyent k_u ning toki nodavriy tashkil etuvchisining so'nish darajasiga bog'liq (bu tashkil etuvchi zanjirning elektromagnit vaqt doimiysi τ ga bog'liq). Zarbaviy koeffitsiyentning qisqa tutashgan zanjiri $\frac{X}{R}$ qiymatiga bog'liqligi 2.5-rasmda keltirilgan. $3\tau_a$ qiymatda QT tokning nodavriy tashkil etuvchisi so'nar ekan (bu esa birlamchi qiymatining 5 foizini tashkil etadi).



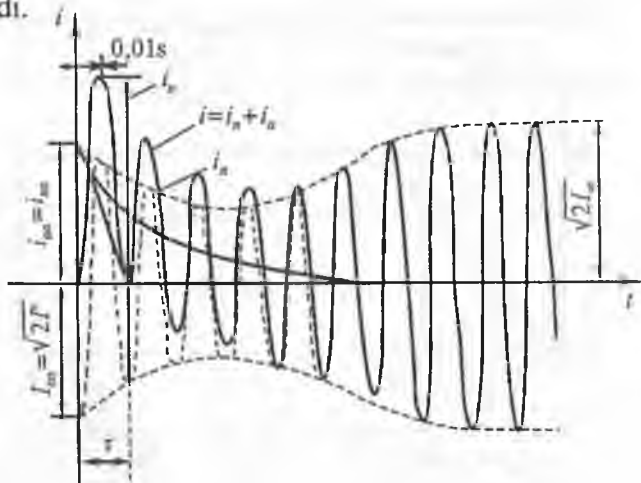
2.5-rasm. Zarbaviy koeffitsiyent k_u ning $\frac{X}{R}$ qiymatiga bog'liqligi.

Zarbaviy koeffitsiyent qiymati 2 (reaktiv elektr zanjiri) dan to 1 (sof aktiv zanjir) gacha o'zgaradi. Kuchlanishi 1kV dan yuqori bo'lgan elektr qurilmalarida $\tau_a \approx 0,05$ daqiqa $k_u = 1,8$ ni va $i_u = 2,55I_n$ ni tashkil etadi. Shuning uchun aktiv qarshilikli zanjirlarda bu qarshilikni hisobga olmasa ham bo'ladi (bundan uzun va kichik ko'ndalang kesimli kabel liniyalari mustasno).

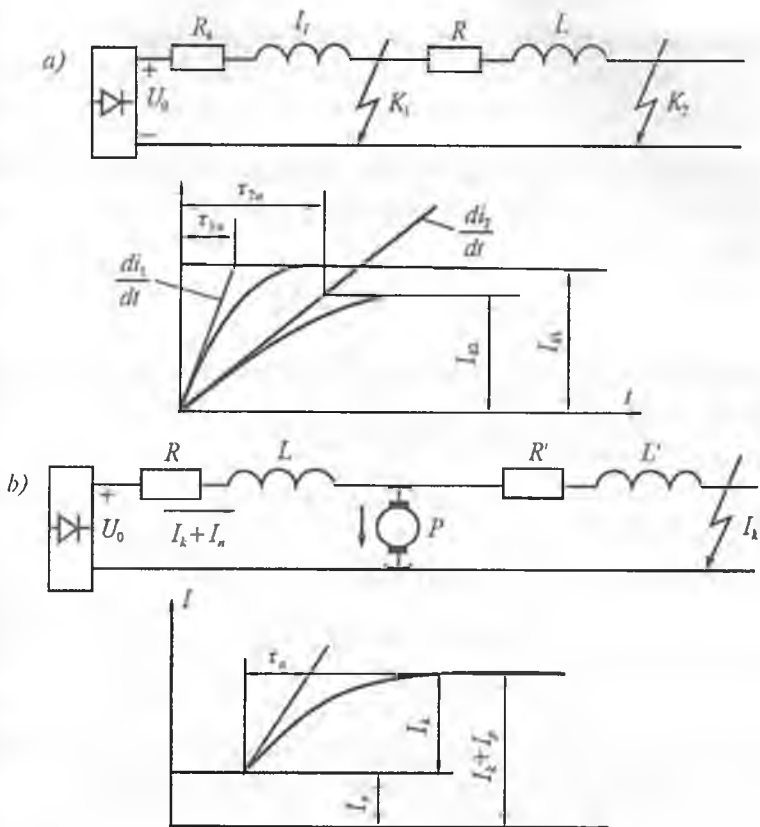
QT toki nodavriy tashkil etuvchisi so'nish vaqtining taxminiy qiymatlari uchun jadvallarda keltirilgan [2.5].

O'tkinchi jarayonda yaqin masofada ro'y bergan qisqa tutashish boshqacharoq kechadi, ayniqsa, yuklama yo'q bo'lganda hamda cheklangan quvvatli va uyg'otish tizimi rostlanuvchi qurilma bilan jihozlangan generatordan ta'minlanganda. Uyg'otish tizimining avtomatik ravishda boshqarilishining asosiy vazifasi — generatorning kuchlanishi qiymatini hamma holatlarda ham o'zgarmasdan ushlab turish. Shunga ko'ra generator tokining davriy tashkil etuvchisining amplitudasi o'tkinchi jarayonda o'zgarmay qoladi (2.6-rasm).

Bunga asosiy sabab qisqa tutashishning boshlang'ich davrida generatorning EYUK regulator ishining kech qolishi tufayli stator reaksiyasi magnitsizlanish xususiyatiga ega bo'ladi. So'ngra rotor uyg'otish tokining o'sishi (generator EYUK ning pasayishi tufayli) generator EYUK ni asta-sekin o'sishga olib keladi, bu esa oqibatda QT tokining ko'payishiga sababchi bo'ladi. O'rnatilgan holat 3—5 daqiqadan so'ng yuzaga keladi. Bu vaqtga kelib zamonaviy himoya jihozlari zanjirni uzib qo'yadi.



2.6-rasm. Amplitudasi $i_{\max} = i_u$ bo'lgan hamda QT uzoq bo'lmagan holdagi tok i ning davriy i_n va nodavriy i_u tashkil etuvchilari grafiklari.



2.7-rasm. Tortish tarmog'i yuklamasiz ishlaganda (a) va yuklama bilan (b) ishlagandagi QT toklarining grafiklari.

To'liq tokning amplitudasi (QT dagi zarbaviy tok) QT kuchlanishining boshlang'ich fazasida ro'y berganda maksimal qiymatga ega bo'ladi va uning davriy tashkil etuvchisi birdaniga amplituda qiymatigacha o'sadi (2.7-rasm). Bu holatda $i_{a0} = i_{n0}$ tokning davriy tashkil etuvchisi nisbatan sekinlik bilan o'zgargani uchun, uni quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$i_{n=0,01} = \sqrt{2}, \quad (2.15)$$

bu yerda: I — qisqa tutashish davri $t = 0$ bo'lganda tokli davriy tashkil etuvchisining harakatdagi qiymati. Uni ko'pincha o'ta o'tkazuvchan tok deb yuritiladi.

Yaqin masofada ro'y bergan QT da zarbaviy tok

$$i_u = \sqrt{2} I'' k_u. \quad (2.16)$$

Agar qisqa tutashish generator yaqinida ro'y bersa, zarbaviy koeffitsiyent $K_u = 1,9$ ga teng deb qabul qilinadi.

Unda

$$i_u = \sqrt{2} 1,9 I'' = 2,7 I''. \quad (2.17)$$

Zarbaviy tok bilan bir qatorda QT ni hisoblashda to'liq tokning maksimal harakatlanuvchi qiymati ham katta ahamiyat kasb etadi. Uning qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$I_u = \sqrt{I_n^2 + I_{at=0,01}^2}. \quad (2.18)$$

Ba'zi bir matematik o'zgartirishlardan so'ng

$$I_u = I'' \sqrt{1 + 2(k_u - 1)^2}. \quad (2.19)$$

2.3-jadval

QT TOKI NODAVRIY TASHKIL ETUVCHISINING SO'NISH VAQT DOIMIYLIGI VA ZARBAVIY KOEFFITSIYENTI

| Elektr tizimi shoxobchasi | τ daqiqa | K_u |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Havo liniyalari orqali cheksiz quvvatli elektr stansiyalar yig'ma shinalariga ulanish: 330—220 kV 150—110 kV 35 kV | 0,04—0,03 0,03—0,02 0,02 | 1,78—1,72 1,72—1,61 1,6 |
| Transformator orqali yig'ma shinalarga ulanish: 80 MBA va yuqori 32—80 MBA | 0,06—0,15 0,05—0,1 | 1,85—1,93 1,82—1,9 |
| 6 va 10 kV li shinalarga transformator va nominal tokli reaktorlar orqali ulanish: 1000 A va yuqori 630 A gacha | 0,23 0,1 | 1,95 1,9 |
| Tuman taqsimlovchi tarmoqlariga 6—10 kV | 0,03—0,01 | 1,72—1,37 |
| Tortish nimstansiyalar xususiy hojatlari zanjirlariga | 0,01—0,07 | 1,37—1,15 |

QT generator yaqinida ro'y berganda $K_u = 1,9$, $I_u = 1,61I''$, aktiv qarshiligi hisobga olinmaganda (katta quvvatli tizimlarda) $K_u = 1 \cdot 6$, $I_u = 1,52 - I$. Zarbaviy koeffitsiyent qiymati 1 dan to 2 gacha o'zgaranda, $I_u = I''$ dan $I_u = \sqrt{3} I''$ gacha o'zgaradi.

Uzoq masofada ro'y bergan uch va ikki fazali o'ta o'tkazuvchan toklar orasidagi munosabatlarni ifodalaymiz:

$$\frac{I^{(3)}}{I^{(2)}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15$$

yoki

$$I^{(2)} = 0,871 I^{(3)}. \quad (2.20)$$

Bu munosabat QT xoh, generatorning shinalari, xoh liniyaning uzoq masofasida ro'y berganda ham o'z kuchida qoladi. (2.20) dan ko'rinadiki, uch fazali zanjirdagi o'ta o'tkazuvchan tok ikki fazalidagidan katta bo'lar ekan.

OT o'rnatilgan tok qiymatlari ikki $I_\infty^{11(2)}$ va $I_\infty^{11(3)}$ fazali ko'rinishlarda stator reaksiyalarining ushbu turlari munosabati bilan aniqlanadi. Generatorga yaqin joydagi QT uchun:

$$\frac{I_\infty^{(3)}}{I_\infty^{(2)}} = \frac{1}{1,15} = 0,87. \quad (2.21)$$

Olis masofada ro'y bergan QT uchun $I^{(3)} = I_\infty^{(3)}$ va $I^{(2)} = I_\infty^{(2)}$. Demak,

$$\frac{I_\infty^{(3)}}{I_\infty^{(2)}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15. \quad (2.22)$$

Zarbaviy toklar uchun (2.20) ga asosan:

$$\frac{I_u^{(3)}}{I_u^{(2)}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15. \quad (2.23)$$

Shunday qilib, olis masofadagi QT uchun uch fazadagi zarbaviy tok ikki fazadagi zarbaviy tokdan katta ekan. Demak, neytrali ajratilgan tarmoqlarda tokning elektr dinamik va termik ta'sirlari (bir xil vaqt ichida) hisob-kitoblari uchun uch fazali tokni qabul qilish maqsadga muvofiqdir.

Neytrali yerga ulangan tarmoqlarda olis masofadagi QT bo'lganda, bir fazali QT tokini inobatga olish kerak. Tizimning bir fazali QT ining berilgan nuqtasigacha bo'lgan masofa qarshiligi uch fazaliga qaraganda katta bo'ladi. Foydalanish davomida neytralning bir qismini yerga ulash yo'li bilan bir fazali QT toklari kamaytiriladi. Demak, neytrali yerga ulangan tarmoqlarda olis masofada sodir bo'lgan QT toklarini hisoblashda uch fazaliga amal qilinadi.

O'ta o'tkazgichli tok olis bo'lmagan masofadagi ikki fazali QT uchun:

$$I^{(2)} = \frac{E^*}{2(X_r + X_l)}; \quad (2.24)$$

uch fazali uchun esa,

$$I^{(3)} = \frac{E^*}{\sqrt{3}(X_r + X_l)}; \quad (2.25)$$

bu yerda: E^* — generatorning o'ta o'tkazuvchan EYUK (fazalar oralig'idagi qiymati);

X_L — generator fazasi qarshiligi;

X_l — generatordan QT nuqtasigacha bo'lgan masofadagi faza qarshiligi.

$I^{(2)}$ va $I^{(3)}$ larni taqqoslashdan $I^{(3)} > I^{(2)}$ ekani kelib chiqadi. Bunda $K_u^{(2)} \approx K_u^{(3)}$ ekanligini hisobga olsak, $i_u^{(3)} > I_u^{(2)}$. Demak, uzoq bo'lmagan masofadagi QT ro'y berganda, elektr dinamik jihatdan hisob uchun generator yonida bo'lgan QT ning uch fazali toki qiymatini olish kerak ekan.

Asosiy element iste'molchilari nimstansiyalari quvvati cheksiz bo'lgan manbalarga ulanganini inobatga olsak, olis masofada ro'y beradigan QT uchun generator kuchlanishi o'zgarmay qoladi deb hisoblashimiz mumkin. Uch fazali QT tok uchun quyidagi soddalashgan formulani keltiramiz:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{U_2}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + (\omega L_k)^2}}, \quad (2.26)$$

bu yerda: U_l — tarmoqning samarali liniya kuchlanishi. $X_k \geq 3R_k$ sharti bajarilganda, zanjirdagi aktiv qarshilikni hisobga olmasligimiz mumkin:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_l}{\sqrt{3}X_k}, \quad (2.27)$$

$$I_u = 2,55I^{(3)}. \quad (2.27^a)$$

QT ni hisoblash turlarining ayrim ko‘rinishlari 2.4-jadvalda keltirilgan.

2.4-jadval

QISQA TUTASHISH TURLARI

| Tutashish turlari | Shartli belgi | Hisoblash formulasi | Shu turdagi qisqa tutashish paydo bo‘lish ehtimolligi, % |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Uch fazali | K ⁽³⁾ | $I^{(3)} = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z_k}$ | 1—7 |
| Ikki fazali | K ⁽²⁾ | $I^{(2)} = \frac{U_l}{2Z_k}$ | 2—13 |
| Ikki fazali bir nuqtada | K ^(2.1) | $I^{(2.1)} = \frac{U_l}{2Z_k}$ | 5—10 |
| Bir fazali | K ⁽¹⁾ | $I^{(1)} = \frac{U_l}{\sqrt{2}X_k}$ | 60—92 |

QT da ruxsat etiladigan zarbaviy tok va to‘la tokning harakatlanuvchi qiymatlari elektr stansiyalar va tortuvchi nimstansiyalar elektr illozlarining dinamik turg‘un ishlashi ko‘rsatkichlarini tashkil etadi.

Elektr qurilmalarida bo‘ladigan o‘tkinchi jarayonlar xususiyatlarini aytib o‘tamiz. Elektr ta‘minoti tizimi, asosan, kabel orqali amalga oshirilgan. Ma‘lumki, kabel tizimi elektr zanjir sifatida ko‘proq sig‘im xususiyatiga ega va shuning uchun yerga nisbatan tutashganda, undan bir necha yuzlab amper tok o‘tadi. Shunga ko‘ra barcha birlamchi elektr ta‘minotlarida qoplovchi induktiv qurilmalar o‘rnatilgan va ular zanjirga ulangan ta‘minlovchilar parametrlariga qarab avtomatik ravishda o‘z induktivliklarini o‘zgartirib turadilar. Shu sababli

yerga o'tuvchi ulanish toki 20 ampergacha o'zgaradi, xolos. Biroq ba'zan yerga o'tuvchi kichik toklar ham aylanuvchi yo'ylar hosil qilishi mumkin, lekin ular qiymati kichik bo'lgani uchun yuqori harorat hosil bo'lmaydi. Agar yoy cho'zilgan bo'lsa, uning atrofida ionlashgan muhit hosil bo'ladi. Bu esa fazalararo qisqa tutashishga sababchi bo'ladi. Natijada, neytrali yerga ulangan tarmoqlarda bir fazali QT ning o'tkinchi jarayoni tufayli o'ta kuchlanishlar hosil bo'ladi va uning qiymati $2,6U_f$ gacha yetadi. Eng katta o'ta kuchlanishlar neytrali yerga ulanmagan tarmoqlarda hosil bo'lib, unda bir fazali qisqa tutashish yerga nisbatan ikkilanma qisqa tutashishga o'tib ketishi mumkin. Uning qiymati quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$U_{\max} = \sqrt{3}U_f(1 + \gamma) \approx 3,1 \cdot U_f \dots 3,6U_f,$$

bu yerda: γ — qoplovchi qurilmaning noto'g'ri ishini belgilovchi koeffitsiyent. Uning qiymati 0,8—0,85 ga teng.

Yuqori kuchlanish tarafidagi o'ta kuchlanishlar o'z navbatida kichik kuchlanish tarafida ham o'ta kuchlanishlar hosil bo'lishiga sababchi bo'ladi. Bu o'ta kuchlanishlar sig'imi orqali uzatilayotgan energiya bilan bir qatorda elektromagnit induksiya orqali ham hosil bo'ladi. Past kuchlanish tarafidagi o'ta kuchlanishning yuqori kuchlanish tarafidagi o'ta kuchlanishga nisbati transformatorlarning konstruktiv xususiyatlariga, birinchi navbatda, chulg'amlar joylashishiga, ularning ulanish sxemalariga bog'liq bo'ladi. Chulg'amlar uchburchak shaklida ulangan transformatorlarda o'ta kuchlanish kam qiymatli bo'ladi. Neytrali yerga ulangan tarmoqlardagi o'ta kuchlanish neytrali yerga ulanganlarga qaraganda kattaroq qiymatga ega.

O'ta kuchlanishning elektr jihozlariga ta'siri jihatidan baholaganda shuni aytish zarurki, neytrali yerga ulanmagan rezonansli va unga yaqin sozlangan o'ta kuchlanish qiymati $2,5—2,6U_f$ bo'lib, apparatlar uchun o'ta xavfli hisoblanmaydi. Biroq ba'zi bir turdagi elektr jihozlari yengil izolatsiyalangan bo'ladi. Masalan, quruq transformatorlarni tekshiruvchi kuchlanishi $2,5U_f\sqrt{2}$ ga teng. Qoplovchi qurilma ishdan chiqqan vaqtda o'ta kuchlanish $3,2U_f$ ga teng, boshqacha qilib aytganda, tekshiruv kuchlanishiga yaqinlashadi. Boshqa elektr jihozlarning elektr puxtalik zaxirasi $U_{\text{zax}} = 5—6U_f$. Shuni ham ta'kidlash zarurki, uzoq vaqt foydalanishdan so'ng izolatsiya ifloslanadi va namlanadi, natijada, keltirilgan zaxira qiymati pasayishi mumkin. Tonnellarga joylashtiriladigan qurilma va jihozlar umumsanoat sharoitiga qaraganda ko'proq kirlanishi tabiiy. Tonnellar isitilmaydigan xonalar guruhiga kirganligi

sababli ulardagi elektr apparatlari va qurilmalarining izolatsiyasi bo'lak va qismlari tez namlanish xususiyatiga ega.

2.3. KUCHLANISH 1 KV GACHA BO'LGAN QURILMALARDA QT TOKINI HISOBLASH

Berilgan qiymatlarga ko'ra QT toklarini hisoblashning bir qancha usullari mavjud. Odatda, ta'minlovchi manba cheksiz quvvatga ega hisoblanadi. Bu shart pastlatuvchi, qisqa tutashishni ta'minlayotgan transformatorning o'rnatilgan quvvati quyidagi shartni bajarganda vaqtida kuchga ega bo'ladi, ya'ni

$$S_T \leq 0,025_s, \quad (2.28)$$

bu yerda: S_T — ta'minlovchi tizim quvvati.

Shunga ko'ra transformator yuqori tarafidagi kuchlanish va pastki tarafidagi QT ning davriy tashkil etuvchisining amplitudasi qiymatlari o'zgarmay qoladi.

Elektr zanjirining barcha elementlari — aktiv va induktiv qarshiliklar kuch transformatorlari, kabel va havo liniyalari, 10—15 metr va undan uzun shinalar, ko'p chulg'amli tok transformatorlari avtomatik uzgich g'altaklari, rubilniklar, avtomatik uzgichlar o'tish kontaktlari, ayniqsa, nimstansiya komplekti transformatorlarining uz'yomlari va boshqalar ekvivalent almashuv sxemasiga kiritiladi.

Dastavval, qiymatlar o'z birliklarida sxemaga kiritilgan holda muob-kitob olib boriladi, chunki bu elementlar kataloglarda o'z qiymatlarida berilgan bo'ladi. Agar transformatsiya koeffitsiyenti berilmagan bo'lsa, kuchlanishlar 127, 230, 400, 525, 690 voltlarning o'rtacha qiymati qabul qilinadi. Barcha elementlar qarshiligi ana shu o'rtacha kuchlanish $U_{o'rt}$ ga keltiriladi.

Natijaviy aktiv r_{Σ} , induktiv x_{Σ} va to'la z_{Σ} qarshiliklar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} r_{\Sigma} &= r_t + r_{sh} + r_{tt} + r_{ab} + r_{kb} + r_k; \\ x_{\Sigma} &= x_t + x_{sh} + x_{tt} + x_{ab} + x_{kb} + x_s; \\ z_{\Sigma} &= \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}, \end{aligned} \quad (2.29)$$

bu yerda: r_t, x_t — pasaytiruvchi transformatorlarning aktiv va induktiv qarshiliklari; r_{sh}, x_{sh} — shina o'tkazgichning aktiv va induktiv

qarshiliklari; r_{tt} , x_{tt} — tok transformatori birlamchi chulg'aming aktiv va induktiv qarshiliklari; r_{ab} , x_{ab} — kabelning aktiv va induktiv qarshiliklari; x_s — o'rtacha kuchlanishga keltirilgan tashqi ta'minlovchi zanjirdan pasaytiruvchi transformatorgacha bo'lgan induktiv qarshiliklar yig'indisi. U quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$x_s = \frac{U_{o'n} v_n}{\sqrt{3} k_{v'n}} \left(\frac{U_{o'n} n_i}{U_{o'n} v_n} \right)^2 10^6, \quad (2.30)$$

QT toki davriy tashkil etuvchisining harakatidagi qiymati ($U_{o'n}$ qiymatni hisobga olgan holda):

$$I_k = \frac{U_{o'n}}{\sqrt{3} Z_{\Sigma}} = \frac{U_{o'n}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}}. \quad (2.31)$$

Agar ta'minlovchi manba quvvati pasaytiruvchi transformator quvvatidan 50 barobar katta bo'lsa, x_s qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladi.

QT davrida o'tkazgichlar ham qiziydi va ular qarshiliklarining qiymati ortib boradi, ya'ni

$$r' = r \left[1 + \frac{mt}{1+0,004\theta} \left(\frac{I_k}{q} \right)^2 \right], \quad (2.32)$$

bu yerda: r — θ_0 haroratdagi nuqtasigacha bo'lgan o'tkazgich qarshiligi; t — o'zgarmas koeffitsiyent (mis uchun $t = 22,5$, aluminiy uchun $t = 6$); t — QT vaqti; θ — o'tkazgich ko'ndalang kesimining yuzi.

QT tokining aniq qiymati quyidagidan topiladi:

$$I_k = \frac{U_{o'n}}{\sqrt{3} \sqrt{r'^2 + x_{\Sigma}^2}} \quad (2.33)$$

QT ning zarbaviy toki qiymati (2.33)dan topiladi:

$$I_u = \sqrt{2} k_u I_k.$$

So'nish koeffitsiyenti k_u ni 2.5-rasmdan x/r orqali yoki quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K_u = \left(1 + e^{-0,01/\tau_a}\right),$$

bu yerda: $\tau_a = \frac{x_\Sigma}{\omega r_\Sigma}$ tokining nodavriy tashkil etuvchisining simli vaqt doimiysi.

Nimstansiyalardagi kuchlanish 1000 V gacha bo'lgan elektr qurilmalariga xususiy ehtiyoj qurilmalari kiradi. Bunday zanjirlarda ham eng katta qiymatli uch fazali QT vujudga keladi. Fazalar qarshiligi har xil bo'lgan hollarda, hisobiy formulalarga qarshiligi kam fazalarni kiritish kerak.

Ehtiyoj zanjiri transformatori ikkilamchi chulg'ami fazasining aktiv qarshiligi η_T ni aktiv yuklovchi isroflar orqali yoki quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$r_k = \frac{P_k}{3I_{t.nom}^2}, \quad (2.34)$$

bu yerda: $I_{t.nom}$ — ikkilamchi chulg'amdagi faza tokining nominal qiymati. $I_{t.nom}$ ni $S_{t.nom}$ va $U_{o'n}$ orqali ifodalasak,

$$r_T = \frac{P_k U_{o'n}^2}{S_{t.nom}^2}, \quad (2.35)$$

bu yerda: $S_{t.nom}$ — transformatorning nominal quvvati.

Unda xususiy ehtiyoj transformatorining to'la qarshiligi:

$$z_T = \frac{U_k}{100} \frac{U_{o'n}^2}{S_{t.nom}}, \quad (2.36)$$

induktiv qarshilik esa,

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2}, \quad (2.37)$$

formula bilan ifodalanadi.

Induktiv qarshilik havo liniyalari uchun 0,3 Om/km, kabel liniyalari uchun 0,07 Om/km deb qabul qilingan. Miqdori kam bo'lganligi uchun, shinalar induktiv qarshiliklarini hisobga olmasa bo'ladi. Maksimal tok uzgichlari nominal toki 50 A gacha bo'lganda qarshiligi $q = 2 \text{ MOm}$ ni tashkil qilsa, toki 1000 A va undan ortiq bo'lganda esa bu qarshilikni hisobga olish shart bo'lmay qoladi. Boshqa elementlar (rubilnik kontaktlari, avtomatlari) qarshiliklari ma'lumotnomalardan olinadi. Amaliy hisob-kitoblarda bu qarshiliklar inobatga olinmasligi mumkin.

2.4. QISQA TUTASHISH TOKINING ELEKTR-DINAMIK TA'SIRI

Tok o'tkazuvchi har bir element tok o'tayotganda boshqa tok o'tkazayotgan elementdan mexanik ta'sir ko'radi. Ana shu hodisaga tokning elektr-dinamik ta'siri deyiladi. Bunda tokning yo'nalishiga perpendikular ravishda yo'nalgan kuch elementlarni deformatsiyalashga harakat qiladi.

Foydalanishning normal sharoitida elektr-dinamik kuchlar juda kam bo'ladi va hech qanday elementda deformatsiya yoki so'nish hodisalari ro'y bermaydi. Biroq qisqa tutashish davrida, ayniqsa, uning boshlarida, bu kuchlar katta qiymatlarga ega bo'lib, uning ta'sirida ba'zi bir elementlar emas, balki butun qurilma qattiq shikastlanishi mumkin. Bu holat qurilma elementlarining elektr-dinamik bardoshlilikining hisob-kitobi olib borilishini taqozo etadi. Hisoblarning yana bir mohiyati — apparatlar o'lchamlarini minimumga keltirish hamdir.

Elektr-dinamik kuchlarni ikki xil usul bilan hisoblash mumkin. Birinchi usul tokli o'tkazgichning Amper qoidasi bo'yicha magnit maydonidagi o'zaro ta'siriga asoslangan. Bu usulni o'tkazgichning istalgan nuqtasidagi induksiyani Bio-Savar qonuniga, asosan, aniqlashda qo'llash maqsadga muvofiq. Ikkinchi usul tokli o'tkazgich tizimida energetik balansni ishlatishga asoslangan.

Uzunligi 1 m bo'lgan va i tokini o'tkazayotgan o'tkazgich magnit maydoni kuchlanganligi N bo'lgan sharoitga tushganda Bio-Savar-Laplas qonuniga, asosan, elektr dinamik kuch F paydo bo'ladi.

$$F = H_{1l} \sin(H_1 e) 10^{-6}. \quad (2.38)$$

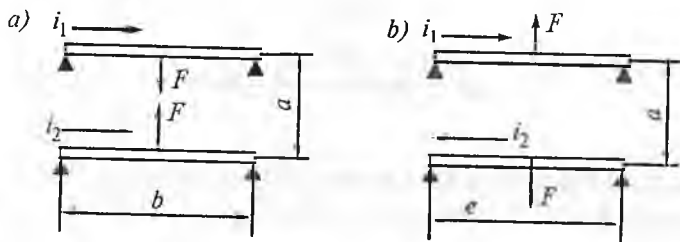
Parallel joylashgan ikki o'tkazgichdan bir tomonga qarab i_1 va i_2 toklari oqqanda, ular orasida chiziqli yuklama bo'yicha bir xil kuch ta'siri f paydo bo'ladi:

$$f = 2 \times 10^{-7} K_r \frac{i_1 i_2}{a}, \quad (2.39)$$

bu yerda: a — o'tkazgichlar orasidagi masofa; K_r — o'tkazgich ko'ndalang kesimi formulasiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent (kuchlanishi 6 kV va undan yuqori bo'lganda $K_r \approx 1$, doira va kvadrat hamda truba shakllaridagi sathlar uchun ham $K_r \approx 1$. Yassi shinalarda 1 kV kuchlanishlarda $K_r = 0,5-1,3$).

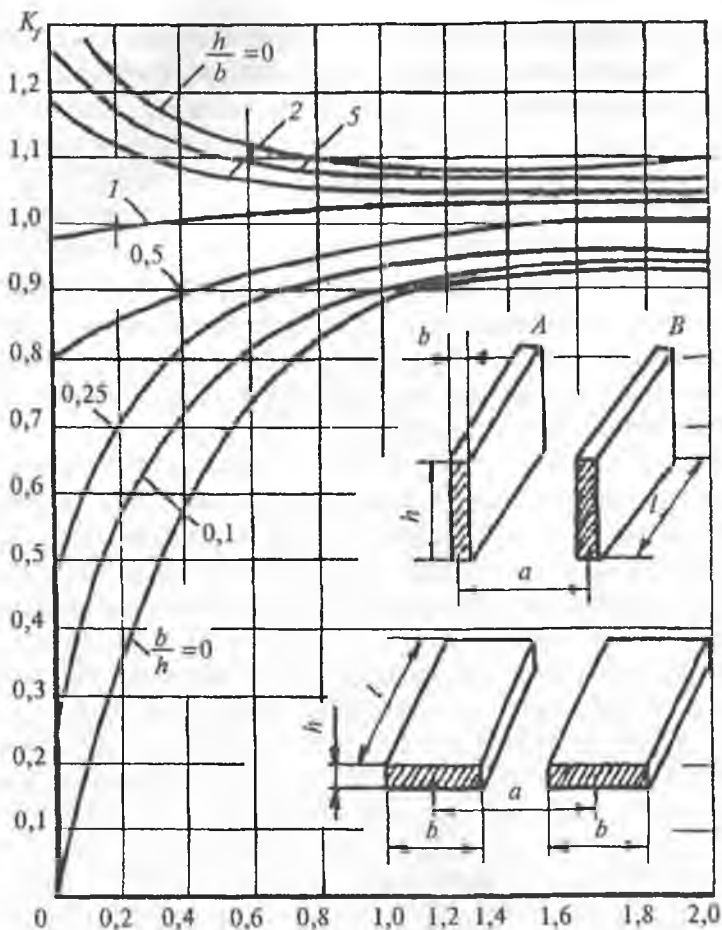
Shuni ta'kidlash zarurki, doira va aylana ko'rinishidagi o'tkazgichlardagi elektr-dinamik kuchlar unchalik ta'sir ko'rsatmaydi, chunki magnit kuch chiziqlari o'tkazgich atrofida aylana bo'yicha harakatlanadi va tok o'tkazgichning geometrik o'qi atrofida joylashgan bo'ladi. Aylana yuzali o'tkazgichlarda yuza effektining elektr-dinamik kuchlarga ta'siri bo'lmaydi. Toklar qarama-qarshi tomonga yo'nalganda esa elektr-dinamik kuchlarning ko'payishiga olib keladi, bir tomonga yo'nalganda — kamayishiga sababchi bo'ladi.

O'tkazgich ko'ndalang kesimi yuzi to'g'ri burchakli to'rtburchak bo'lganda elektr-dinamik kuchlar ana shu to'rtburchak o'lchamlariga bog'liqligi aniqlangan, chunki magnit kuch chiziqlari o'tkazgich atrofida aylana emas, oval ko'rinishida namoyon bo'ladi. Bu hodisa Duayt grafiklari (2.9-rasm) orqali hisobga olinadi va shakl koeffitsiyenti K_r topiladi. Shundan so'ng elektr-dinamik kuchlarni topish osonlashadi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Ikki tok o'tkazuvchi orasidagi o'zaro elektr-dinamik ta'sir:

- a — toklarning yo'nalishi bir xil bo'lganda;
- b — toklar qarama-qarshi tomonga yo'nalganda.



$$\frac{a-b}{h+b} \rightarrow$$

2.9-rasm. Shakl koeffitsiyenti K_y ning o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi o'lchamlariga bog'liqligi.

Shuni ta'kidlash kerakki, shinalar katta yuzalari bo'yicha o'rnatilsa, elektr-dinamik kuchlar ko'p, ko'ndalang qo'yilganda esa kam hosil bo'ladi.

Parallel joylashgan bir fazali tok o'tkazuvchi o'tkazgichlarda hosil bo'ladigan kuchlarni ko'rib o'tamiz.

Bir tomonga yo'nalgan o'zgaruvchan tok $i = I_m \sin \omega t$ o'tganda hosil bo'luvchi kuch:

$$f = KI_m \sin \omega t 10^{-7} = \frac{F}{2} (1 - \cos 2\omega t) 10^{-7}. \quad (2.40)$$

Bitta davrdagi kuchning o'rtacha qiymati

$$f_{o'rt} = \frac{1}{T} \int_0^T f dt = \frac{F_m}{2} 10^{-7} = k \frac{F_m}{2} 10^{-7} = k I^2 10^{-7} = c I^2. \quad (2.41)$$

bu yerda: F_m — tortishning maksimal qiymati;
 I — tokning harakatlanuvchi qiymati;
 $c = 10^{-7} \text{ K}$;
 K — kontur koeffitsiyenti.

Shunday qilib, elektr-dinamik kuch o'zgarmas qism ($F/2$) va o'zgaruvchan qism ($\frac{F}{2} \cos 2\omega t$) dan tashkil topgan ekan. Elektr-dinamik kuchning o'rtacha qiymati tok qiymatining kvadratiga to'g'ri munosib ravishda o'zgaradi. Bir fazali tokda elektr-dinamik kuch vaqt ichida o'z ishorasini o'zgartirmaydi (2.44). Tenglamadan ko'rinadiki, bir fazali tokda elektr-dinamik kuchning maksimal qiymati o'zgarmas tokdagiga qaraganda ikki barobar ko'p bo'lar ekan.

O'zgarmas tokka qaraganda QT o'zgaruvchan tokning maksimal qiymati (qizish tufayli qarshilik qiymatining o'zgarishini hisobga olmasak) uning o'rnatilgan qiymati $I_{o'm}$ ga teng. Shuningdek, o'zgaruvchan tok o'zgarmas tokka nisbatan QT davrida zarbaviy tok amplitudaviy qiymatidan ortishi mumkin:

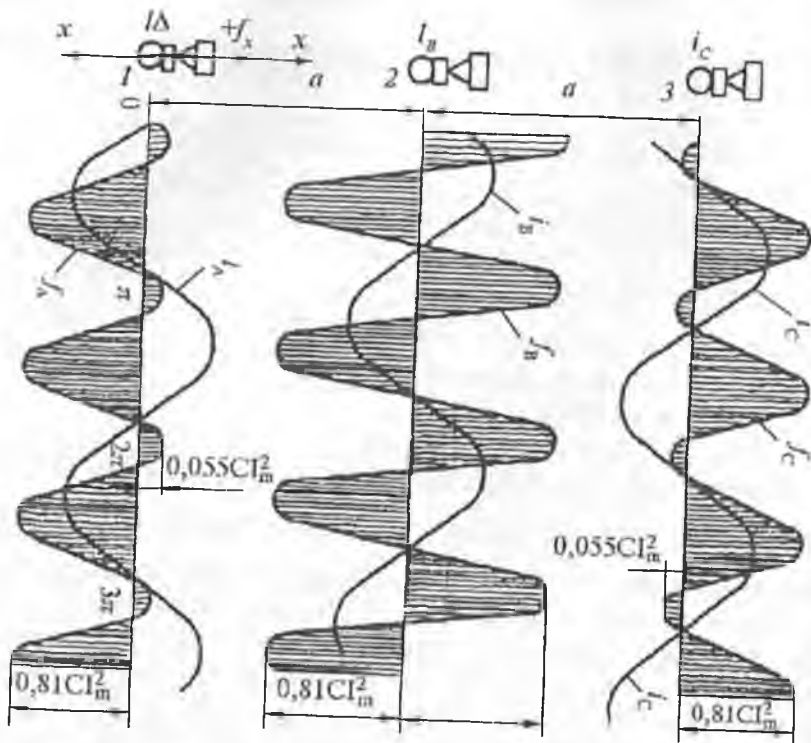
$$i_{u \max} = (1 - 1,8) I_m = k_u \sqrt{2I}. \quad (2.42)$$

Bu holda maksimal kuch (qurilmalar shu kuchga bardosh berishlari kerak) quyidagicha topiladi:

$$f_{u \max} = c I_{u \max}^2 = c (1,8\sqrt{2}I)^2 = 6,48c I^2. \quad (2.43)$$

Hesobqacha qilib aytganda, qiymatlari bir xil bo'lgan toklarda elektr-dinamik kuch o'zgaruvchan tokda o'zgarmas tokka qaraganda 6,5 marta ko'proq hosil bo'lar ekan.

Uch fazali qurilmalarda elektr-dinamik ta'sirlar o'zining xususiyatiga ega. Bir xil tekislikda joylashgan A , B va C fazalar o'zining o'zaro bir-biriga ta'sirida hosil bo'ladigan elektr-dinamik kuchlarni tekshiramiz (2.10-rasm).



2.10-rasm. Uch fazali tizimdagi elektr-dinamik kuchlar.

O'tkazgichlar ko'ndalang kesimi doira shaklida bo'lib, chinni izolatorlarda tutqichlarga qattiq o'rnatilgan o'tkazgichlar orasidagi masofa ular uzunligidan kam. Ulardan o'tayotgan toklar geometrik o'qlardan o'tayapti. Musbat yo'nalish deb X o'qi yo'nalishini qabul qilamiz.

O'tkazgichlardagi oniy toklar:

$$i_A = I_m \sin \omega t, \quad i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right), \quad i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right).$$

Chetdagi va o'rtadagi o'tkazgichlar har xil sharoitlarda bo'ladi. Chet A va o'rta B fazalari orasida hosil bo'ladigan kuchlarni aniqlaymiz (2.10-rasm). Faraz qilaylik, bu fazalar oraliq'ida hosil bo'ladigan kuch f_{AB} va f_{AC} kuchlar yig'indisiga teng bo'lsin, ya'ni:

$$f_A = f_{AB} + f_{AC} = cI_m^2 \sin \omega t \left[\sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \right]. \quad (2.44)$$

Bir fazali tokdan farqli o'laroq uch fazali tokda kuch o'z ishorasini o'zgartiradi va ma'lum bir vaqtda tortishish va itarilishning maksimal qiymatlariga ega bo'ladi.

(2.44) tenglamani maksimumga tekshirib, itaruvchi kuchning maksimal qiymati formulasini olamiz:

$$f_{A.it. \max} = -0,81cI_m^2. \quad (2.45)$$

Tortuvchi kuchning maksimal qiymati esa

$$f_{A.I. \max} = -0,055cI_m^2. \quad (2.46)$$

B fazasiga ta'sir etuvchi kuchning oniy qiymati

$$f_B = f_{B1} + f_{BC} = cI_m^2 \sin \omega t \left[\sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \right] \times \left[\sin \omega t + \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \right]. \quad (2.47)$$

Olingan (2.47) formulani maksimumga tekshirish natijasida *B* fazadagi itaruvchi va tortuvchi elektr-dinamik kuchlar formulasi keltirib chiqariladi:

$$f_{B.it. \max} = f_{A.I. \max} = 0,87cI_m^2. \quad (2.48)$$

Xuddi shu kabi tadqiqotlarni *C* fazasiga nisbatan olib borish natijasida $f_{C.it. \max}$ va $f_{C.pr. \max}$ lar aniqlanadi:

$$f_{C.it. \max} = -f_{A.it. \max}; \quad f_{C.pr. \max} = -f_{A.I. \max}. \quad (2.49)$$

Uch fazali elektr tizimidagi elektr-dinamik kuchlarning vaqt birligida o'zgarishi 2.10-rasmda namoyish etilgan.

(2.45), (2.46) va (2.48) formulalarni taqqoslashdan kelib chiqadiki, kuch ta'sirida eng og'ir ahvolda o'rta faza bo'lar ekan. Shu tufayli parallel joylashgan uch fazali tizimlar mexanik bardoshlilikini aniqlashda liqat shu o'rta fazani tekshirish bilan qanoatlanish kifoya ekan.

Bir fazali tizimlarda nazariy jihatdan olganda tokning davriy bo'lmagan tashkil etuvchisi nolga teng bo'lsin. Uch fazali tizimlarda bu tashkil etuvchi bir vaqtning o'zida uchala fazada qisqa tutashish ro'y bersa bo'ladi, chunki uchala fazaning toklari bir vaqtning ichida nolga teng bo'lmaydi. Shunga ko'ra bu tashkil etuvchi tok qisqa tutashish nuqtasida elektr-dinamik kuchga ta'sir etadi. Bu holatda hosil bo'ladigan elektr-dinamik kuchning maksimal qiymati tokning davriy tashkil etuvchisi amplitudasining ulanish payti va vaqti bilan belgilanadi. Buni yechish ancha murakkab. Shunga ko'ra hisoblashning sodda usullaridan foydalaniladi.

Bu usulni qo'llaganda A fazasi o'tkazgichiga ta'sir etuvchi kuchning maksimal qiymati ma'lum formula bilan aniqlanadi:

$$f_{A.it.max} = 0,81s(k_u I_m)^2. \quad (2.50)$$

B fazasi o'tkazgichiga ta'sir etuvchi kuchning maksimal qiymati (2.48) orqali quyidagicha topiladi:

$$f_{B.it.max} = 0,81s(k_u I_m)^2. \quad (2.51)$$

B va C formulalarning toklari A fazasi tokiga nisbatan qarama-qarshi tomonga yo'nalganda, $t = 0$ holida $K_y I_m = i_y^{(3)}$ ekanligini inobatga olsak,

$$f^{(3)} = 0,87 ci_y^{(3)^2}. \quad (2.52)$$

Bu formuladan ikki fazali QT bo'lgandagi elektr-dinamik kuchlarni hisoblash uchun ham foydalanish mumkin. $I_u^{(3)}/i_y^{(2)} = 2/\sqrt{3}$ ekanligini hisobga olsak, uch va ikki fazali QT lardagi nisbat $f^{(3)}/f^{(2)} = 1,5$ bo'ladi. Shunga ko'ra elektr-dinamik kuchlar ta'sirini uch fazali tizimda olib borish kifoya bo'ladi.

Ikki fazali QT ro'y berganda uchinchi — shikastlanmagan fazaning ta'siri juda kam va shinalar orasidagi itaruvchi kuch zarbaviy tokning kvadratiga to'g'ri mutanosib, chunki fazalardagi toklar qiymati bir biriga teng va ular orasidagi burchak 180° ni tashkil qiladi.

Uch fazali QT da hosil bo'ladigan kuch ikki fazali QT dagiga qaraganda 15% ko'p. Mexanik kuchlarning istalgan fazaga ta'siri ana shu fazalarning o'zaro joylashishiga va fazalardan oqayotgan toklarning qiymati va yo'nalishlariga bog'liq.

2.10-rasmda 1—3 izolatorlariga ta'sir etuvchi kuchlar siqishga va tortishga yo'nalganlar; *A* fazasidagi tortuvchi va siquvchi kuchlarning maksimal qiymatlari o'zaro teng, binobarin, *C* fazasiga ta'sir etuvchi kuchlar esa tortish xususiyatiga ega. Chinni izolatorlarga ta'sir etuvchi kuchlarning tortuvchi ko'rinishi siquvchi ko'rinishiga nisbatan xavfliroq, chunki chinning tortishishga ishlashi uncha puxta emas. Agar 2.10-rasmdagi izolatorlar vertikal ravishda joylashtirilsa, ular ancha yengil sharoitga o'tib ishlaydi, chunki deformatsiya egilish bilan almashadi.

Elektr-dinamik kuchlarning mexanik ta'sirini kamaytirish maqsadida, tok o'tkazuvchi barcha elementlar kerakli elektr-dinamik bardoshlilikka ega bo'lishi kerak. Elektr-dinamik bardoshlik deganda apparat va o'tkazgichlarning QT davrida hosil bo'ladigan mexanik kuchlarga deformatsiyasiz chiday olishi tushuniladi.

Elektr apparatlarini ishlab chiqaradigan zavod va korxonalar o'z mahsulotlari uchun kafolatlangan QT toki qiymatini keltiradilar. Ko'pincha jihozlar elektr-dinamik bardoshlilik tokining oniy qiymati i_{din} (yoki i_{max} yoki $i_{pr\ sk}$) berilgan bo'ladi. Apparatlar tanlanganda ishlab chiqaruvchi zavod kafolatlangan tok qiymati hisobiy tok qiymati bilan taqqoslanadi.

$$i_{din(max.,pr.chkv)} \geq i_y^{(3)}$$

bo'lgandagina apparat to'g'ri tanlangan bo'ladi.

Qattiq shinalar (KRU va komplekt shinalari bundan mustasno) bardoshlilik o'tkazgich materialining mexanik kuchlanganligi bilan aniqlanadi. Bardoshlilik mezoni sifatida quyidagi tengsizlik qabul qilingan:

$$\sigma_{rux.et.} \geq \sigma_{hisob}$$

bu yerda: $\sigma_{rux.et.}$ va σ_{hisob} — o'tkazgich materiali mexanik kuchlanganlikning ruxsat etilgan va hisobiy qiymatlari.

PUE bo'yicha eruvchi saqlagichlarga ega bo'lgan 60 A gacha apparatlar va o'tkazgichlar hamda alohida kameralarga joylashgan apparatlar va transformatorlar shinalari elektr-dinamik bardoshlilikka tekshirilmaydi. Egiluvchan o'tkazgichlarda ham mexanik kuchlanganliklar hisoblanishi shart emas. Lekin zarbaviy toki 50 kA va undan ortiq bo'lganda, o'tkazgichlar qaytish tokiga tekshiriladi, PUE da yana mexanik kuchlanganlik hisobini talab etmaydigan bir qancha o'tkazgich va apparatlar sanab o'tilgan va keltirilgan.

2.5. QISQA TUTASHISH TOKINING TERMIK TA'SIRI

Odatda, QT daqiqa bo'lagi davrida davom etadi, ayrimlarda esa bir necha daqiqa bo'lishi ham mumkin. O'tkazgichning QT toki bilan qizishi o'tkinchi jarayoni shu bilan tavsiflanadiki, qizish davomi qizish doimiyligidan kichik bo'ladi (bu qizish vaqt doimiyligi 5—30 daqiqalarga teng). Qisqa tutashish «hukmronlik» qiladigan vaqtda zanjir toki normal holdagiga qaraganda 10—20 marotaba ortib ketishi, o'tkazgichlar harorati esa, normal holdagidan 2—3 marta ortishi mumkin. Demak, issiqlik o'tkazuvchanlik minimumi uch barobar-gacha ortadi. Issiqlik o'tkazish o'tkazgichda ajraladigan issiqlikning 1—3% ini tashkil etganligi tufayli bo'layotgan jarayon adiabatik ravishda bo'ladi (boshqacha aytganda, tashqi issiqlik uzatilmaydi).

O'tkazgichlar haroratining qisqa muddatda ko'tarilishi metallning magnitsizlantirilishiga va erishiga, izolatsiyaning mo'rtlashishiga, kontaktlarning nurashiga va tok o'tkazuvchi elementlarning ishdan chiqishiga sababchi bo'ladi. Apparat va o'tkazgichlarning qisqa tutashish davridagi issiqlik ta'siriga bardosh bera olishi va o'z normal ishini yana davom ettira olish xususiyatiga *termik bardoshlilik* deb ataladi. Oxirgi harorat (u metallning mexanik puxtaligi bilan cheklanadi), apparatlar qismlarining deformatsiyasi va izolatsiyaning issiqlikka bardoshlilik termik bardoshlikning mezonlari hisoblanadi.

Issiqlik hisob-kitobining vazifasi — issiqlik manbayi quvvatini va issiqlik (harorat) maydonini aniqlash. Dastlabki bosqichda elektr apparatlarida issiqlik manbalarini aniqlab, uning quvvatini kamaytirish bo'yicha tavsiya ishlab chiqish hamda apparatga materiallar sarfini kamaytirgan holda harorat maksimal qiymatini ruxsat etilgan darajagacha tushirishdir [1.28].

Issiqlik hisob-kitobining yana bir masalasi — QT davrida o'tkazgich haroratini aniqlash va uni shu turdagi o'tkazgichlar qisqa muddatda maksimal ruxsat etilgan harorat bilan ishlagan davridagiga qiyoslash. PUE da apparat va o'tkazgichlar uchun ruxsat etilgan haroratlarning tajribadan olingan qiymatlari 2.5-jadvalda keltirilgan. 2.5-jadvaldan ko'rinadiki, ruxsat etilgan harorat qiymatlari normal ishlaganda hosil bo'ladigan harorattan yuqori bo'lar ekan, chunki metallning mexanik xususiyati o'zgarishi va izolatsiya yemirilishi faqat harorat bilan emas, balki isitish vaqtiga ham bog'liq bo'ladi.

**O‘TKAZGICH VA APPARATLARNING RUXSAT ETILGAN
OXIRGI HARORATLARI**

| O‘tkazgich nomi va apparat qismlari | | Oxirgi harorat, °C |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Izolatsiyalanmagan | Misli va jezli | 300 |
| | Aluminli | 200 |
| Apparat bilan bevosita ulanmagan po‘lat ulagichlar | | 400 |
| Apparat bilan bevosita ulangan po‘lat ulagichlar | | 300 |
| Shimdirilgan qog‘oz izolatsiyali kuch | 10 kV gacha | 200 |
| | 20—220 kV | 125 |
| Kuch kabellari, mis va alumin qoplama va izolatsiyali o‘tkazgichlar | Polivinilxloridli | 150 |
| | Polietilenli | 120 |
| Misli izolatsiyalanmagan tortiluvchi | 20 dan kam | 250 |
| | 20 va undan ko‘p | 200 |
| Aluminli izolatsiyalanmagan | 10 dan kam | 200 |
| | 10 va undan ko‘p | 160 |
| Aluminli, qisma po‘lat aluminli o‘tkazgich | | 200 |

2.5-jadvaldan ko‘rinadiki, QT davridagi oxirgi harorat 120—300°C atrolida bo‘lar ekan, vaholanki, normal holdagi ruxsat etiladigan harorat 60—80°C dan ortmaydi.

Izolatsiyalanmagan mis o‘tkazgichlar uchun maksimal harorat 400°C, alumin o‘tkazgichlar uchun 200°C qabul qilingan. Shimdirilgan qog‘oz izolatsiyali kabellar 10 kV kuchlanishda ruxsat etilgan harorat 200°C qabul qilingan. O‘tkazgich termik bardoshlilikini sodda usul bilan tahlil qilish mumkin. Bunda berilgan ko‘ndalang kesimli o‘tkazgich bu ko‘rsatkichlar bilan emas, balki o‘tkazgichning berilgan B funksiyasi bo‘yicha termik bardoshlilikka javob beruvchi shu ko‘ndalang kesimining minimal qiymati aniqlanadi. Bu masalani yechish maqsadida quyidagi formula chiqariladi:

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{KB_k}{f_{k \max} - f_n}}, \quad (2.51)$$

Taxminiy hisob-kitoblarda (2.51) ni boshqacha ko‘rinishida yozish mumkin:

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{B_k}{C}}, \quad (2.52)$$

bu yerda: $C = \sqrt{\frac{(f_k \max - f_n)}{k}}$ va K funksiyasining qiymati 2.6-jadvaldan olinadi.

Agar $S \geq S_{\min}$ bo‘lsa, tanlangan o‘tkazgich termik nuqtayi nazardan bardoshlidir.

Elektr apparatlari ishlab chiqaruvchi zavod va korxonalar nominal termik holatni nominal tok I va nominal vaqt t_{TH} orqali ifodalaydi. Elektr apparati ishga tushish davrida shu tokni t_m (taxminan 1—4 daqiqa) vaqt ichida «ko‘tara olib», uning harorati qisqa vaqtda 2.6-jadvalda keltirilgan haroratdan oshmasligi kerak.

Elektr apparati termik holati quyidagi tengsizlik bilan aniqlanadi:

$$B_k \leq I_{T.nom} t_{T.nom}, \quad (2.53)$$

bunda, tenglamaning chap tarafi apparatda QT davrida ajraladigan issiqlik energiyasini bildiradi.

PUE va boshqaruv ko‘rsatmalari bo‘yicha QT davrida quyidagi obyektlarda termik holatni aniqlash tavsiya etilmaydi: havo liniyalari o‘tkazgichlari, kuchlanishi 35 kV va undan yuqori bo‘lgandagi taqsimlovchi qurilmalar, eruvchi saqlagich zanjirlari va kuchlanish transformatorlari zanjirlari.

Issiqlik hodisalari va rejimlarini hisoblash [1,27, 2,8] texnik adabiyotlarda yoritilgan. Elektr apparatlari elementlari haroratlarini amaliy-tajriba yo‘li bilan aniqlash [2.9] da bayon etilgan.

2.6-jadval

C FUNKSIYASINING QIYMATLARI

| O‘tkazgich | C funksiyasi qiymati $A \cdot C^{1/2}$ | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|
| Shinalar: aluminiy, mis | 91 | 167 |
| Kabel: | Kuchlanishning nominal qiymati | |
| | 6 | 10 |
| aluminli to‘liq simli va qog‘oz izolatsiyali | 92 | 94 |

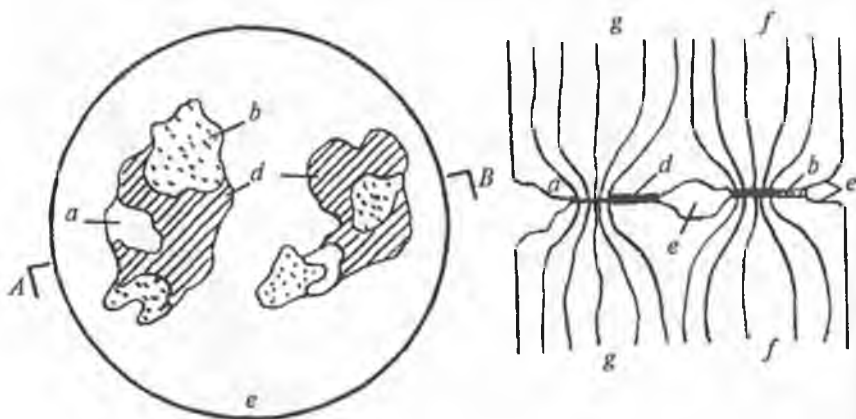
| O'tkazgich | C funksiyasi qiymati | |
|--------------------------------------------|----------------------|-----|
| | $A \cdot C^{1/2}$ | |
| aluminli ko'p simli va qog'oz izolatsiyali | 98 | 100 |
| misli to'liq simli va qog'oz izolatsiyali | 140 | 143 |
| misli ko'p simli va qog'oz izolatsiyali | 147 | 150 |
| alumin simli va polivinil xlorid | 75 | 78 |
| mis simli va polivinil xlorid izolatsiyali | 114 | 118 |
| alumin simli va polietilen izolatsiyali | 62 | 65 |
| mis simli va polietilen izolatsiyali | 94 | 98 |

3.1. KONTAKT YUZASI

Texnikada yuza deganda real mavjud jism yuzi va atrof-muhit tushuniladi. Amalda berilgan shakldagi yuzani olish mumkin emas, binobarin bunga hojat ham yo'q.

Texnikada yuzani tekis va ravon hamda g'adir-budur, ravon bo'lmagan yuzalarga ajratiladi. Faqat ba'zi bir optik asboblarda yuzini shartli ravishda silliq yuzaga ajratish mumkin. Elektr kontakt (tutashish) yuzalari, odatda, g'adir-budur hisoblanadi.

Xizmat taqozosiga ko'ra barcha yuzalar aktiv va passiv guruhlarga bo'linadi. Birinchi guruh ekspluatatsiya davomida «horiguncha» ishlaydi, ya'ni yuklanib ishqalanadi. Bu detallar nisbatan yaxshi makro va mikro geometriyaga ega. Bularga elektr kontaktlari yuzalari kiradi. Ikkinchi guruh yuzi ekspluatatsiya davomida boshqa yuzalar bilan «muloqotda» bo'lmaydi, biroq ishlab chiqarilayotgan mahsulotning tashqi ko'rinishini yaxshilaydi.



3.1-rasm. Kontakt (tutashish) yuza sxemasi:

a — sof metall kontakti; *b* — kvazimetall kontakt; *d* — izolatsiyalovchi plyonka; *e* — o'xshaydigan yuza; *f* — *f* va *g* — *g* — tok liniyalari.

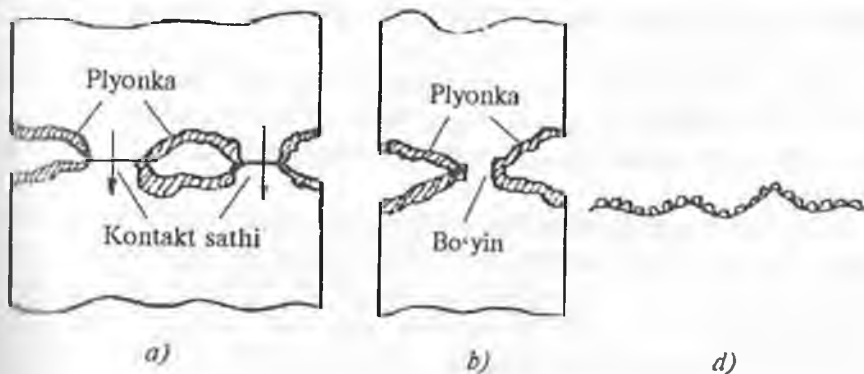
3.1-rasmda kontakt yuzasining andozasi ko'rsatilgan. Kontaktning barcha yuzasi kontakt yuziga o'xshasa-da, undagi g'adir-budurlik oqibatida kontakt ayrim yuzalar, masalan, *a*, *b* va *d* yuzalaridagina sodir bo'ladi. Ular jamida haqiqiy kontakt yuzasi vujudga keladi.

a va *b* joylardagi ikki o'tkazgichning ulanish kontaktlari metall kontaktli kontakt uchastkalari (dorlar) dan (ular elektr qarshiliklari metall juftlarining solishtirma qarshiliklari va ulardan o'tadigan elektr toki orqali topiladi) va kvazimetall kontaktli kontakt dog'laridan (ular yupqa adgeziyali va xemsarblangan plyonkali bo'lib, tunnel effekti tufayli elektr tokini osonlik bilan o'tkazadi) tashkil topgan. Bu dorlarning elektr qarshiliklari sezilib turadi.

Elektr kontaktning haqiqiy yuzi ishqalanish tufayli kontaktlanuvchi juftliklarning haqiqiy yuzidan kichik, chunki bu yuzada tok o'tkazmaydigan yuzachalar ham bo'lib, ularda oksid, sulfid va boshqa plyonkalar hosil bo'ladi. Yuzaning bu qismlari o'zidan tok o'tkazmaydi va kontakt hosil qilmaydi. Shunday qilib, metallning kontaktlovchi yuzalari har xil elektr o'tkazuvchi yuzalarga ega ekan.

Kontakt yuzasining asosiy xususiyati — uning g'adir-budurlik ekanligida. G'adir-budurliklarni sferik cho'qqilarga ega konuslarga qiyos etish mumkin (3.2 *a*, *b*-rasm).

To'lqinsimon yuzalar — bu, o'lchovlari bir-biriga yaqin (balandligi 0,03—500 mkm) ko'tarilish va pasayishdan iborat davriy va muntazam takrorlanuvchi yuzalardir. Ko'tarilish va pasayish oralig'i 0,25—300 mkm orasida bo'lib, mikro notekislik o'lchovlariga qaraganda juda katta hisoblanadi. Bir-biri bilan birlashuvchi nuqtalar



3.2-rasm. Tutashish vaqtidagi fizik hodisalar.

(g'adir-budurliklar) 2—3 mkm ga teng juda yaxshilab ishlov berilgan, jilvirlangan va silliqlangan yuzalar ham g'adir-budurlikka (balandligi 0,05—0,1 mkm) ega bo'ladi. Qo'polroq — xomaki ishlov berilgan yuzalarning g'adir-budurliqi balandligi 100—200 mkm atrofida.

Kontakt yuzasining sifati ishlov berish tozaligiga (mikrogeometriyaga) va metall yuzasining fizik-kimyoviy xususiyatlariga (qattiqligi, mikrostrukturasi, qoldiq kuchlanishi va boshqalarga) bog'liq. Kontaktlanuvchi yuza notekisligining shakli uning quyidagi foydalanish xususiyatlariga ta'sir etadi: ishqalanuvchi yuzalar chidamliligi, charchash puxtaligi, erroziyaga qarshiligi, korroziyaga turg'unligi.

Foydalanish davomida kontakt yuzalarining qisilishi jarayonida metall g'adir-budurliklarining deformatsiyasi natijasida ular kichkina yuzachalarni hosil qilib, tok o'tishiga yo'l ochadi. Kontakt yuzalari qanchalik katta kuch bilan bir-biriga tortilsa, ana shu yuzachalar deformatsiyalanib, tok o'tkazish yuzasi ko'payadi. Natijada kontaktlovchi elementlarga bosim kuchayadi. Bu qoldiq deformatsiyani paydo qiladi va material oqa boshlaydi. Deformatsiya qiymati metall qattiqligiga teskari mutanosib bo'lib, bu haqda [1.3] da aytib o'tilgan. [3.2] mualliflarning shahodat qilishlaricha kontaktlar deformatsiyasi kontakt metallarining ezuvchi kuchlanishi bilan belgilanadi. Kontaktlarga qo'yilgan kuch F_k va kontakt yuzasi S_d oralarida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$F_k = S_d f, \quad (3.1)$$

bunda, f — o'rtacha solishtirma bosim. U kontakt yuzalarining egriligi, to'lqinsimonligi, qo'yilgan kuch va materialning egiluvchanlik moduliga bog'liq [3.4].

Bosimni o'ziga qabul qiluvchi yuza haqiqiy kontakt yuzasidan bir necha barobar kichik (3.1-e rasm). U o'zgarib turishi mumkin. Kontakt yuzasining har xil nuqtalaridagi bosim har xil bo'lishi mumkin.

Gazsimon muhit bilan bog'liq metall chegaraviy o'tish yuzasiga ega bo'ladi. Kislorod, ozon, azot, oltingugurtli va boshqa kimyoviy muhitlarda kontakt yuzasida plyonka hosil bo'ladi. Bu plyonka adgeziyali, xiralashuvchi, passivlashtiruvchi, suvli, chegaraviy moyillanuvchi guruhlarga bo'linadi. Sof kontakt yuzasini hosil qilish o'ta qiyin (3.2-rasm). Kontakt yuzalaridagi plyonkalar kislorod muhitida oksidli, sulfidli (H_2S bilan reaksiyaga kirganda), kislorodli

(havoda kislorod molekulari cho'kkanda), xloridli va boshqalar bo'ladi. Plyonkalar 10—15 mm qalinlikda, solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 10^{-5}$ Om sm ga teng.

Vaqt o'tishi bilan plyonkalar qalinligi orta boradi. Plyonkalar metall bilan «muloqot»da bo'lib, metall oksidi turini hosil qiladi. Turli metallarda bu plyonka har xil solishtirma qarshilikka ega. Kontakt yuzalarida hosil bo'ladigan plyonkalarining o'sish tezligi havo harorati va namligiga, muhitning kimyoviy tarkibiga va boshqalarga bog'liq.

Oksidli plyonka paydo bo'lishi turlicha kechadi. Masalan, nikel uchun normal sharoitda juda uzoq kechadi va harorat ortishi bilan tezlasha boradi. Aluminiy uchun Al_2O_3 plyonkasi hosil bo'lishi tezligi o'nlab daqiqalarni, qalinligi esa 2—2,5 Nm ni tashkil qiladi. Plyonkaning bundan keyingi o'sishi sekinlik bilan (uy harorati sharoitida 20—30 kunda 6—10 Nm qalinlikda) kechadi.

Plyonkalar haroratga chidamli, mexanik jihatdan pishiq bo'lib, izolatsiyalovchi xususiyatiga ega. Bronza ko'p zanglamaydi. Kislorod bilan reaksiyaga kirmaydigan metallarga volfram, oltin, platina kiradi. Harorat 200°C dan kamayganda, Q_{U_2O} qatlami hosil bo'ladi. Uning qalinligi haroratga bog'liq va 10—1000 Nm atrofida. Su_2O va SuO ning elektr o'tkazuvchanligi juda kichik va plyonka qarshiligi 10^5 Om gacha boradi. Qimmatbaho metallar ham zanglashi mumkin, biroq bu jarayon o'ta sekinlik bilan kechadi. Ag_2O qatlami 2—3 Nm qalinlikda unchalik pishiq emas va harorat ortishi bilan oson parchalanadi.

Oksid qatlami amalda tok o'tkazmaydi. Biroq bosim yordamida qisman nuraydi, chunki metall plastik deformatsiyalanishi mumkin, hosil bo'lgan darzlar orasiga metall kirib qolib, o'tkazgich kontakt nuqtalarini paydo qiladi. Bosim orta borishi bilan kontakt nuqtalar ko'payadi va o'tkazuvchi yuza kengaya boradi. Kontaktlar orasida siljish ro'y bersa, darz ketish ko'payadi. Plyonka qanchalik qalin bo'lsa, metallning bu darzlar orasiga kirishi shunchalik qiyinlashadi.

Sulfid plyonkalarga, masalan, kumushdagi dog'lar kiradi. Ular kontakt sharoitida paydo bo'ladi va Ag_2S birikmasini hosil qiladi. Kumushning sulfidlanishi atmosferada H_2S yoki SO_2 va qisman namlik bo'lganda ro'y beradi. Ag_2S yarim o'tkazgichlar guruhiga taalluqli bo'lsa ham, uning solishtirma qarshiligi juda katta — 10^3 Om sm ga teng.

Passivlashtiruvchi plyonkalar ba'zida ba'zibir metallar (valentligi 2 va yuqori bo'lganda) yuzasida paydo bo'lib, ko'pincha ma'lum bir o'zgarma — 1,0—1,5 nm qarshilikka ega. Ularning elektr qarshiliklari vaqt o'tishi bilan tunnel effekti tufayli o'zgarib turadi.

Barcha metallar yuzalarida suv plyonkalari hosil bo'lishi mumkin. Ular qalinligi har xil metallarda har xil. Agar atmosfera namligi 70—80% bo'lsa, suv metall yuzasida adsorblanadi va qimmatbaho metallar yuzasida 5 nm, boshqa metallarda 10 nm plyonka hosil qiladi.

Yuza plyonkalari kontakt qarshiliklarining ortishiga (ba'zi hollarda elektr kontaktning yo'qolishiga), kontaktlar orasida ishqalanish va yopishish kamayishiga olib keladi. Plyonkalar ajraluvchi kontaktlar oralari razryadiga olib kelib, ular orasida yoy paydo bo'lishini yengillashtiradi.

Shunday qilib, kontakt yuzasi uch bo'lakdan, ya'ni tokni yaxshi o'tkazuvchi metall kontaktdan, unchalik qarshilikka ega bo'lmagan yupqa plyonkali kvazimetaldan va tokni yomon o'tkazuvchi yoki umuman o'tkazmaydigan monomolekular plyonka bilan qoplangan bo'lakdan tashkil topar ekan [3.4].

Elektr kontaktda bo'ladigan hodisalar hali to'laligicha o'rganilmagan.

3.2. KONTAKTLARDAN QISQA TUTASHISH TOKI O'TGANDAGI XUSUSIYATLAR

QT davrida kontaktlarda nominalga qaraganda 10—20 barobar ko'p tok o'tadi, kontaktlarda sezilarli darajada mexanik kuchlar hosil bo'ladi. Prujina yordamidagi tortish kuchi bilan birga elektr kontakti atrofida yana quyidagi kuchlar ham paydo bo'ladi: itaruvchi elektr dinamik kuchlar, metall ulangan joylaridagi siquvchi elektromagnit kuchlar, ma'lum bir potensial ayirmasi ta'sirida kontakt — elektrodlar orasida hosil bo'luvchi elektrostatik tortuv kuchlari, metall bug'lari ta'sirida paydo bo'ladigan egiluvchi kuchlar.

U yoki bu kuchlar har xil sharoitlarda kontakt xususiyatlariga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Odatda, elektrostatik kuchlar juda zaif bo'lganligi uchun ularni hisobga olmasa ham bo'laveradi. Metall juftlarining egiluvchan kuchlari kontakt chetida issiqlik hosil qiladi va umumiy haroratni ko'taradi. Tok qiymati katta bo'lganda bu kuchlar ancha ta'sirchan bo'lib, tok ostidagi kontaktlarni uzib qo'yishi

mumkin. Natijada, kontaktlar payvandlanishi yoki paydo bo'ladigan yoini parchalashi mumkin.

QT toki yopiq zanjirdan o'tganida hosil bo'ladigan elektr-dinamik kuch $F_{cdU} F_x = i_1 i_2 dM/dX$ ga, asosan, kontaktlarni ajratishga harakat qiladi. Shuni ta'kidlash zarurki, tizimning har xil kontaktli joylariga har xil kuchlar ta'sir etadi (3.8-a rasmda kontakt maydonining sathi).

Agar elektr-dinamik itaruvchi kuchlar yetarli darajada bo'lib, harakatlanuvchi — qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas kontaktlarni ochib qo'ysa, unda ular orasida yoy paydo bo'ladi. Unda issiqlik vaqt doimiyligi kichik bo'lgani sababli kontakt yuzalari harakati birdaniga ko'tarilib, erish darajasigacha yetishi mumkin. Erigan metall tok to'xtagandan so'ng qotib, kontaktlar payvandlanib qoladi.

Kontaktlar eriganda ular payvandlanadi. Umuman olganda, kontaktlar payvandlanishi ikki ko'rinishga ega: sovuq payvandlanish (bunda kontaktlar erish haroratigacha qizimaydi) va erish haroratidagi payvandlanish.

Elektr apparatlarining yuza plyonkalari ma'lum bir sharoitda sovuq payvandlanishga moyil bo'ladi. Bunday sharoitlar kontaktlarga siqilish kuchi ma'lum miqdorda bo'lganda amalga oshadi.

Kontakt yuzasidagi plyonkalar sovuq payvandlashga to'sqinlik qiladi, chunki payvandlash uchun ikki metall bir-biriga yopishib turishi kerak. Sovuq payvandlanish tok o'tmaganda ham ro'y berishi mumkin. Bu ko'proq yumshoq metallarda uchraydi. Buning uchun metallar bir-biriga kuch bilan tortilgan bo'lishi kerak yoki yetarli energiyani shu kontaktlar orqali «halqalanganda» ham ro'y beradi.

Kontaktlar yoy bilan ishlaganda, ularni birdan birlashtirilsa ham payvandlanish hosil bo'ladi. Bunday hollarda qattiq eriydigan metallar va yomon issiq va elektr o'tkazgich xususiyatli qotishmalar ancha bardoshli hisoblanadi. Ba'zi bir kontaktlar kontakt yuzalarining metall qotishmalari bilan «ho'llanishi» mumkin.

Kichik quvvatli kontaktlarda qizish alomatlarini kuzatiladi. Unga sabab — proboy (teshilish) hodisasidir.

Kontakt materiallarining payvandlanishga moyilligi ularning termik xususiyatlari bilan izohlanadi: harorati, erish issiqligi va materialning issiqlik o'tkazish qobiliyati.

Erish kuchlanishi, kontaktlanuvchi nuqtalar soni, kontakt kuchi qanchalik katta bo'lsa, payvandlash toki shuncha katta bo'ladi va metallning qarshiligi va qattiqligi qancha katta bo'lsa, tok shuncha kichik qiymatga ega bo'ladi.

3.3. QATTIQ METALLI KONTAKTLARNING ASOSIY KONSTRUKSIYALARI

Xizmat taqozosi bo'yicha kontaktlar ulovchi (tok o'tkazuvchi) va kommutatsiyalovchi (bunga tok o'tkazishdan tashqari ulash, uzish yoki qayta ulash vazifalari yuklanadi) turlarga bo'linadi.

Ulovchi kontaktlarga o'zaro qo'zg'almas — ajralmaydigan (masalan, boltlar bilan), o'zaro qo'zg'alib sirpanuvchi va sirg'anuvchi guruhlar kiradi. Ulovchi kontaktlarning ba'zi bir konstruktiv turlari bilan tanishib o'tamiz.

Ulovchi kontaktlar alohida qo'zg'almas tok o'tkazuvchi shinalar, kabellar va o'tkazgichlarni o'zaro mustahkam bog'laydi. Metall kontaktlar birlashishining puxtaligi boltlar (ajraluvchi birikmalar), yoki issiq va sovuq payvandlar asosida bajariladi. Uzluksiz foydalaniladigan ulanuvchi (ajralmaydigan) kontaktlar elektr to'luga ko'rsatadigan qarshiliklarning mo'tadilligi bilan amalga oshiriladi. Buning uchun ulanadigan kontakt atrof-muhit, harorat deformatsiyasining mexanik kuchiga hamda QT ning katta toki oqqandagi elektrodinamik ta'sirlariga bardosh bera olishi kerak. Bu talablar bolt bilan ulanganda ulanadigan mis shinalar yuzasini yaxshilab zanglardan tozalash va ulangan joylarga texnik vazelin surtish bilan bajariladi.

Kontaktning ulanadigan yuzalarining mo'tadil o'tish qarshiliklari ulanadigan yuzalarni ruxlash yoki kumush bilan qoplash orqali amalga oshiriladi. Kontaktlar bosimi deformatsiya plastik bo'lishini ta'minlashga yetarli bo'lishi kerak.

Kontaktlar ulanadigan joylardagi solishtirma bosimning materialga qarab tavsiya etiladigan qiymatlari quyida keltirilgan:

Ulanish materiallari

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| yuzasi ruxlangan mis | 0,5—10,0 |
| ruxlanmagan mis, latun, bronza | 0,6—12,0 |
| aluminium | 25,0 |
| ruxlangan po'lat | 10,0—15,0 |
| ruxlanmagan po'lat | 60,0 |

Bolt bilan ulashlar unchalik puxta emas, ayniqsa, aluminium kontaktlarda. Shunga ko'ra, hozirgi vaqtda aluminium kontaktlar sovuq yoki qaynoq termik payvandlarni qo'llash bilan bajariladi (bundan keyin kontaktni ajratib bo'lmaydi). Bunday ulanishlar mexanik jihatdan puxta bo'lib, yaxshi o'tkazuvchanlik xususiyatiga egadir.

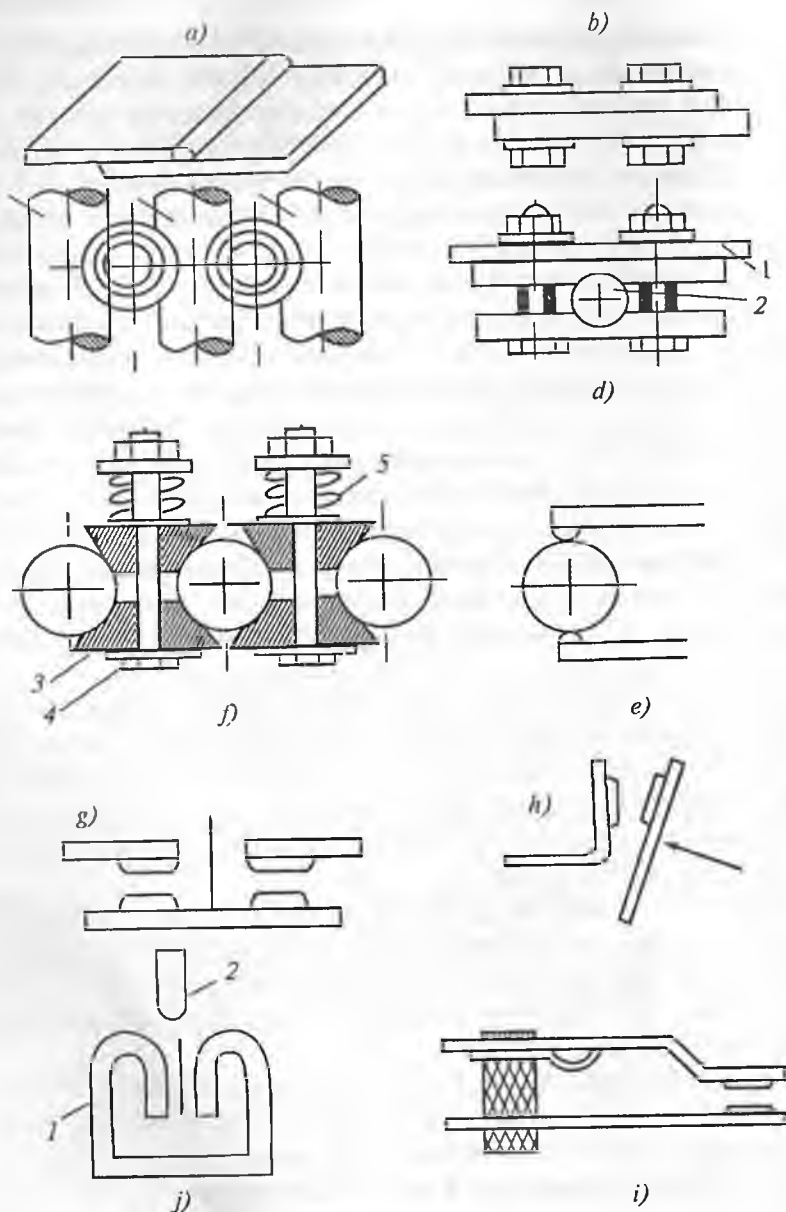
Bolt bilan ulanishlarda hamma e'tibor kontakt nuqtalarining bolt uchun mo'ljallangan teshigiga qaratiladi. Plastik deformatsiyaning oldini olish maqsadida ulanadigan shinalar dastavval qisiladi, yoki gayka ostiga prujinalovchi shayba, yoki maxsus prujina qo'yiladi. Tortuvchi po'lat boltlarning tortish harorati shina haroratining 20% idan oshmaydi. Mis va aluminiylarning harorat bo'yicha kengayish koeffitsiyenti po'latga nisbatan ancha yuqori. Shuning uchun shinalar boltga nisbatan uzunlashadi va boltni tortib qo'yadi. Bunda bolt deformatsiyasi chegarasidan chiqib ketishi mumkin. Unda zanjirni manbadan uzgandan so'ng va kontaktlarning sovishi bilan kontaktga bo'lgan bosim kamayadi. Bu esa qarshilikning ko'tarilishiga, qattiq qizishga, oqibatda, yemirilishga sababchi bo'ladi. Ma'lumki, kontakt qarshiligi boltlar soni, ular diametri, materiali va boshqa omillarga bog'liq. Bolt diametri qancha katta bo'lsa, uning materiali pishiqligi va kontaktlarga bo'lgan bosim hamda kontakt nuqtalari shunchalik ortadi (albatta, boltlarni yetarli darajada burab tortganda). Boltning diametri shinaning o'lchovlariga qarab tanlanadi, uning soni esa 1—6 atrofida bo'ladi. Pishiqligi 200—500 MPa bo'lgan po'lat boltlar eng ko'p qo'llaniladi.

Shuni ham aytib o'tish zarurki, boltlar haddan tashqari tortilsa, qoldiq deformatsiya hosil bo'lib, kontakt bosimining kamayishiga olib keladi. Kontakt ulanishlar puxtaligini oshirish maqsadida bolt ostiga prujinalovchi tarelkasimon shaybalar qo'yiladi. Bu harakat material kengayishining oldini oladi va bolt ulangan joydagi bosimni bir me'yorda ushlab turadi.

Sirpanuvchi kontaktlar; g'ildirakli (rolikli), cho'tkali, yon tomonli, rozetkali, panjali va prujinalovchilar tokni qo'zg'almas qismidan qo'zg'aluvchi qismiga zanjir tokini uzmasdan turib uzatish uchun xizmat qiladi, ulab-uzgichlar, ajratkichlar va boshqa yuqori kuchlanish apparatlarda keng qo'llaniladi.

Sirpanuvchi tokolgich (3.3-e, rasm) ning kamchiligi sifatida katta kuch bilan ishqalanishni aytib o'tish mumkin. Bu esa yuritma mexanizmiga katta quvvat kerakligidan darak beradi. Ishqalanish kuchi g'ildirakli kontaktlarda kamroq talab etiladi.

Nominal tok qiymati katta bo'lganda g'ildirakli kontaktlar qo'llanadi (3.3-f rasm). Ular qo'zg'almas kontakt detal (sterjen) 1, g'ildiraklar 3, qo'zg'aluvchi kontakt — detal 2 orqali tok qabul qilinadi. Qo'zg'aluvchi kontakt 2 to'g'ri chiziqli harakat qilish imkoniyatiga ega g'ildiraklar o'qlar 4 ga kiygizilgan va qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas kontaktlarga prujinalar 5 orqali taralgan. Qo'zg'aluvchi kontaktdan



3.3-rasm. Ulanuvchi kontaktlar:

a — ajralmaydigan (payvandlangan); *b* — ajraluvchi boltli shinalar; *d* — dumaloq o'tkazgichlarni birlashtiruvchi raz'yom; *e* — sirpanuvchi harakatli cho'tkali; *f* — rolik bo'ylab harakatlanuvchi. **Kommutatsiyalovchi kontaktlar:** *g* — ko'priksimon; *h* — richagli; *j* — suqiluvchi; *i* — yassi prujinali.

qo'zg'almas kontaktga tokning o'tishi g'ildiraklar orqali bo'ladi. G'ildiraklar soni nominal va QT toklari qiymatlariga bog'liq.

G'ildirakli kontaktlarning afzalligi — ishqalanishga kam kuch sarflanishida, kamchiligi — kontakt yuzalari o'z-o'zini yomon tozalaydi. Bu turdagi kontaktlar hozirgi zamon yuqori kuchlanishli apparatlarda keng qo'llaniladi.

Shunday qilib, ulanish kontaktlari normal rejim toklarini uzoq vaqt o'tkazishi va qisqa vaqt avariya toklarini hech qanday shikastsiz o'tkazishi kerak.

Kommutatsiyalovchi kontaktlar ulangan (ma'lum zanjir ulangan hol) yoki uzilgan (zanjir ajralgan hol) bo'lishi mumkin. Kontaktlar tuzilishi har xil ko'rinishga ega. Xizmat varifasiga ko'ra katta o'tkazuvchi kontaktlar asosiy va yoy so'ndiruvchilarga bo'linadi. Asosiy kontaktlar yoy so'ndiruvchilar bilan shuntlanadi. Zanjir tokdan uzilganda, asosiy kontaktlar bir-biridan yoy ajratkichdan ilgariroq ajraladi. Shuning uchun yoy paydo bo'lishi yoy so'ndirgich kontaktlari orasida bo'ladi. Bu esa asosiy kontaktlarni yoydan ozod qiladi va ulardan ishchi va QT toklarini bemaolol o'tkazishga olib keladi. Ko'pincha kontaktlar vazifalari birlashtiriladi va ular bir vaqtning o'zida tok o'tkazuvchi va yoy so'ndiruvchi bo'lib ishlaydi.

Kichik kuchlanishli tarmoqlarda keng qo'llaniladigan kommutatsion kontaktlarning har xil turlari 3.3-g—*i* rasmda keltirilgan. Tok qiymati katta (o'n va undan yuqori amper) bo'lganida, ko'priksimon (*g*), richagli (*h*), oraga kiruvchi — suqiluvchi (*j*), itariluvchi (*i*) konstruksiyali kontaktlar qo'llaniladi. Kichik quvvatli (toki 5—10 A) apparatlarda yassi prujinali kontaktlar (*i*) qo'llaniladi.

Richagli kontaktlar (*h*) qo'zg'algich qismi aylanadigan tizimlarda ishlatiladi. Kontaktlarni uzuvchi konstruksiyalar nominal tok va kuchlanishi, QT toki, ish rejimi, apparatning xizmat vazifalari bilan belgilanadi. Richagli kontaktlarda kontaktning aylanish o'qi va qo'zg'aluvchi tizimi birga amalga oshmasligi mumkin. Kontaktlar qo'zg'aluvchi tizimga nisbatan avvalroq oxirgi holatga borib yetadilar. Shunga ko'ra ulanish va uzilish qo'zg'almas kontakt yuzasida sirpanishi va siljishi orqali bajariladi. Natijada, uzilish holatida yoy hosil bo'lish nuqtasi kontaktning oxirgi ajralish holatidan suriladi. Shunday qilib, tokning uzluksiz o'tishini ta'minlashda o'tish qarshiligini belgilovchi yuzalar yoy hosil qiluvchi joydan uzoqlashadi. Kontaktlar sirpanishi ma'lum bir bosish kuchida kontaktlar yuzasidagi ifloslik va zanglarni sidirib tashlaydi va kontaktlar o'z-o'zini tozalaydi. Bu esa kontakt materiali sifatida misdan foydalanish imkonini yaratadi.

Kontaktlar sirpanishi ma'lum g'adir-budurliklarda ulanish chog'ida qo'shimcha «titrash» ga sababchi bo'lib, ular yedirilishni kuchaytiradi. Shunga ko'ra, bu holni qo'llamaslikka yoki uning kuchini kamaytirishga intiladilar.

Richagli kontaktlar qabul qiluvchilarni qulay aloqa qilishlarini taqozo etadi. Bu esa kontakt tizimining nozik elementga aylanishiga sababchi bo'ladi. Ayniqsa, kuchli tok zanjirlarida uning mexanik yemirilishga bardoshliligi boshqa detallarnikiga qaraganda juda kichik.

Ko'priksimon kontaktlar (3.3-g rasm) to'g'ri harakatlanuvchi qo'zg'aluvchi kontaktlarga ega apparatlarda qo'llaniladi. Qulay aloqa yo'qligi konstruksiyaning afzalligi hisoblanadi. Biroq, buning evaziga richagli kontaktlarga nisbatan o'tish kontaktlari ikkita bo'lishi tufayli ikki barobar bosish kuchini ko'p talab qiladi. Shuning uchun bu konstruksiyada mis kontaktlarni qo'llash mumkin emas, bunda kumush va metallkeramika (kumush asosida) detallar qo'llanadi.

Suqiluvchi kontaktlar (3.3-i rasm) kichik quvvatlarga mo'ljallangan bo'lib, qo'zg'almas kontakt *I* va uning orasiga kiruvchi — suqiluvchi pichoq *2* (uning yo'nalishi rasmda strelkalar bilan ifodalangan) dan iborat. Qo'zg'aluvchi kontakt — pichoq *2* ni qisish uchun metallning egilish xususiyatidan foydalaniladi. Qizish va tez-tez ulanish hollarida qo'zg'almas kontakt *I* ning prujinalash «qobiliyati» pasayadi. Bu kamchilikni yo'qotish maqsadida qisish kuchini oshirish uchun po'lat prujinalar ishlatiladi.

G'ildirakli va suqiluvchi konstruksiyaga ega kontaktlar katta miqdordagi toklarni uza olmaydi. Bunda hosil bo'ladigan yoy kontakt yuzalarini eritib ishdan chiqaradi. Ushbu kamchilikni kontaktlarga parallel ravishda yoy so'ndirgichni ulash bilan amalga oshiriladi.

Elektr kontaktlari uchun qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat: materialning elektr qarshiligi va o'tish qarshiligi kichik; kontaktlarning eroziyasi (yedirilish) kichik; kontakt ulanganda va uzilganda payvandlanib qolmasligi va ko'prik hosil qilmasligi, kontaktlarning termik va kimyoviy bardoshliligi; kontaktlarning mexanik bardoshliligi va yuqori issiqlik o'tkazuvchanligi.

3.4. ELEKTR KONTAKTLARI MATERIALLARI

Elektr kontaktlari atrofida ro'y beradigan hodisalar ularga qo'yiladigan asosiy talablarni bayon etish imkonini beradi. Kontaktning materialidan uning umri va ishlash puxtaligi kelib chiqadi. Ular uning ish sharoiti va rejimlarini belgilaydi.

Kontakt materiali yuqori darajada elektr va issiqlik o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak. Shu tarzdaгина kontaktdan ajralib chiqadigan issiqlik quvvati kamayadi va issiqlik o'tkazuvi yaxshilanadi. Bu esa kontakt haroratini pasaytirib, kontakt yuzasida bo'ladigan zang hosil bo'lish jarayonini sekinlashtiradi.

Kontaktlar ajralish vaqtining dastlabki onlarida bo'yin qismida erish o'lchovlari ham qisqaradi va eroziya ko'prigi hosil bo'lish ehtimoli kamayadi. Issiqlikni yaxshi o'tkazish yoy yordamida metall isishi va erishiga to'sqinlik qiladi. Nihoyat, elektr puxtaligini tiklash rejimida (kontaktlardan tok o'tishi to'xtaganda) yoy tufayli qizigan elementlarda issiqlik o'tkazish uchun yaxshi sharoit yaratiladi.

Material rekrystallizatsiyasining yuqori harorati sovuqlayin payvandlanish ehtimolini kamaytirishga olib keladi. Issiqlikka bardoshlilik, erish va qaynash haroratlari, yashirincha erish va bug'lanishlar — hammasi nurashni kamaytirish yo'lidagi muhim omillar hisoblanadi. Asosiy yoy isitish haroratini kamaytirish, erish va bug'lanish haroratlarini ko'tarish gaz razryadi oralig'idagi metall bug'larini kamaytirishga sababchi bo'ladi. Bu esa gaz razryadi muhitida ionlanishning samarasini oshirishga va uning elektr o'tkazuvchanligini kamaytirishga olib keladi. Natijada yoy so'nishiga va elektr puxtaligi oshishi uchun yaxshi sharoit paydo bo'ladi. Shuning uchun kontakt materiali yuqori ionlanish potensialiga ega bo'lmog'i darkor.

Gaz razryadi oralig'idagi material yuzasidan elektronlar chiqishini ko'paytirish elektronlar emissiyasi zichligini kamaytiradi.

Yumshoq kontaktli materiallarda yoy ta'sirida bug'larning yig'ilib qolishi ehtimoli kuchayadi, natijada, bular mahalliy portlashga sababchi bo'lib, yemirilishni kuchaytiradi. Shunga ko'ra kontakt materiali yuqori zichlikka ega bo'lishi lozim. Bu esa eroziya va metall ko'chishida kontaktning hajmiy o'zgarishini kamaytiradi.

Materialning yemirilishga bardoshlilik uning kristall to'r tuzilma va bog'lanishlari yuqori puxtalikka ega bo'lishi bilan belgilanadi. Biroq, o'ta qattiq material apparat kontaktining tortilish kuchlarida kontaktlanuvchi mikromaydonchalar o'lchovining kamligi va o'tish qarshiligining yuqori qiymati bilan tavsiflanadi. O'ta egiluvchan material kontaktlar ulanganda unchalik yaxshilikka olib kelmaydi, aksincha, egiluvchan materialda mahalliy deformatsiyalar yaqqol ifodalangan bo'lib, mexanik yemirilish kuchli bo'ladi. Agar material kuchli egiluvchan bo'lsa, ular birlashganda yuqori vibratsiyaga sababchi bo'ladi va bu vibratsiya kontaktlarning yemirilishiga olib

keladi. Sirpanuvchi kontaktlar uchun kichik sirpanish koeffitsiyentiga ega material qo'llash maqsadga muvofiq. Kontakt materiali tashqi muhit komponentlariga (kislrod, azot, oltingugurt, uglerod) nisbatan turg'un bo'lishi kerak. Metall korroziyasi minimal qiymatga ega bo'lmog'i kerak. Shunga ko'ra u tashqi muhitning komponentlari bilan minimal kimyoviy birlashuvga ega bo'lmog'i lozim. Kontaktlarda kimyoviy plyonkalar paydo bo'lishi maqsadga muvofiq emas, chunki isish va mexanik ta'sirlar natijasida u parchalanadi va kuchlanishning kichik qiymatida ham tok uni teshib o'ta oladi. Ko'rsatilgan talablardan tashqari material yaxshi texnologik xususiyatlarga ega bo'lmog'i kerak, ya'ni issiq va sovuq holatlarda ham unga ishlov berish mumkinligi, materiallarni kontakt ushlagichlarga payvandlash mumkinligi hamda material noyob va qimmat bo'lmasligi kerak.

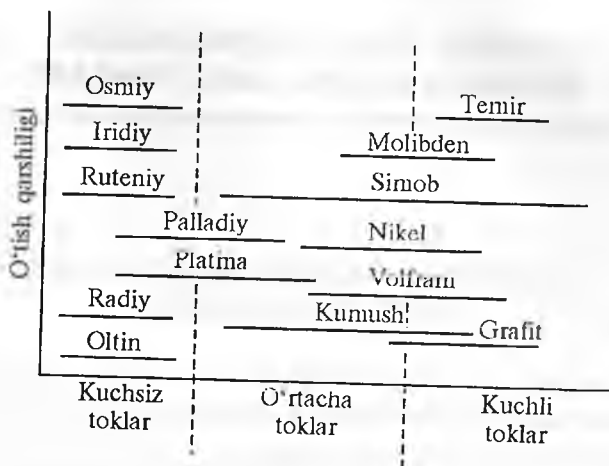
Bu xususiyatlar faqatgina bitta materialda mujassam bo'lishi mumkin emas. Material xususiyatlari har xil bo'lganligi uchun uning bir xususiyatini yaxshilash, ikkinchi xususiyatining yomonlashuviga sababchi bo'ladi. Ularning xususiyatlarini yaxshilash uchun:

— elektr va issiqlik o'tkazuvchanliklarini, rekristallanish haroratini, erish va qaynash haroratini, erish va qaynashning yashirincha issiqligini, ionizatsiya potentsiali va elektronlar chiqish ishini ko'tarish va yaxshilash zarur;

— materialning zichligi, qattiqligi, egiluvchanligini o'rta darajaga ko'tarish kerak;

— metall juftlari, ishqalanish koeffitsiyenti, termo EYUK ni, Tompson koeffitsiyenti qiymatini, suyuq metall bilan «ho'llash», yuza plyonkasining termik va mexanik puxtaligini ko'tarishni, tashqi muhit komponentlari bilan birlashishni maksimal kamaytirish lozim.

Kontakt materiallari sifatida sof materiallar (mis, aluminiy, kumush, oltin, platina, palladiy, radiy, rux, volfram, molibden, kadmiy va b.), qotishmalar (jez, bronza, silumin, berilliy, kadmiyli bronza va b.), metall bo'lmagan materiallar (uglerod), har xil materiallar kompozitsiyasi (volfram-kumush, volfram-mis), metall kompozitsiyasi oksid metallar hamkorligida (kumush — kadmiy oksidi, kumush — mis oksidi, mis — mis oksidi), kompozitsion metall karbit hamkorligida (volfram — volfram karbidi), kompozitsion metall uglerod bilan (kumush-gradit, mis-gradit) va uch kompozitsiyali materiallarning turlaridan foydalaniladi. Elektr toki o'tkazish uchun kontaktlarda ishlatilayotgan materiallar 3.4-rasmda keltirilgan. Materiallar xususiyatlari, texnologiyalari, ularni qo'llash bo'yicha tavsiyalar va boshqalar texnik adabiyotlarda to'laligicha yoritilgan.



3.4-rasm. Elektr kontaktlari uchun asosiy materiallar ishlatiladigan sohalar.

Konstruktiv jihatdan olganda kontaktni tok o'tkazgich materialida tayyorlash oson. Shuning uchun kontaktlar ko'pincha misdan tayyorlanadi. Agar tok o'tkazgich aluminiydan bo'lsa, kontaktlar ham aluminiydan tayyorlanadi. Biroq, mis o'tkazgich va kommutatsiya-lovchi apparatlarda bema'lol ishlatilsa, aluminiy tez zanglashi va yemirilishi tufayli faqat o'tkazgich sifatida qo'llaniladi.

Yomon o'tkazuvchi oksid, sulfid va boshqa plyonkalar zanglashini cheklash (ayniqsa, avtomatikaning har xil apparatlari kontaktlarini) qimmatbaho materiallarni ishlatish bilan amalga oshiriladi. Oksid plyonkalarining kontakt elektr parametrlariga ta'sirini pasaytirish kontakt-detallarning yuzalarini ruxlash orqali bajariladi (rux misga nisbatan kam zanglaydi va yumshoq).

Metall oksidli kompozitsiyalar kontaktlarga yuqori talablar qo'yilganda ishlatiladi (asosan, payvandlanib qolmaslik bo'yicha). Shu maqsadda metall gradient kompozitsiyalar qo'llaniladi. Kontakt materiallarini tanlashda, materialning hamma xususiyatidan to'la foydalanib bo'lmasligini hisobga olish kerak.

Payvandlanish nuqtayi nazaridan ba'zi bir kontaktlarga juda qattiq talablar qo'yilishi mumkin. Ular himoya apparatlarini yaratishda paydo bo'ladi (ayniqsa, QT tokida va 10 kA dan katta toklarda). Bunday sharoitlarda suyuq metall kontaktlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

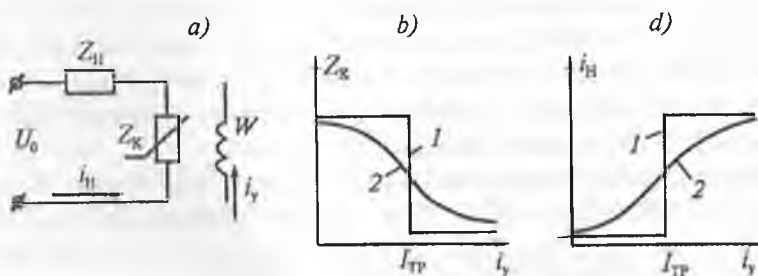
4-BOB. ELEKTR ZANJIRLARI KOMMUTATSION JARAYONLARI

4.1. ELEKTR ZANJIRLARI KOMMUTATSIVASINING ASOSIY QONUNLARI

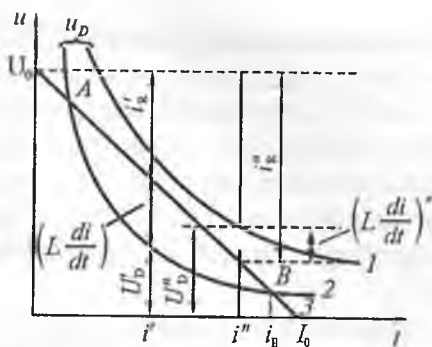
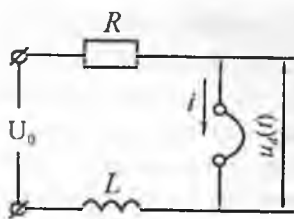
Elektr zanjirlarining kommutatsiyasi har xil operatsiyalar yig'indisidan iborat bo'lib, zanjir toki va kuchlanishini o'zgartirishga xizmat qiladi. Zanjirning ayrim shoxobchalarini ulash, uzish va qayta ulash, ma'lum uchastkalardagi qisqa tutashish, tok yo'nalishini o'zgartirish — bularning hammasi bitta atama — «kommutatsiya» nomi bilan yuritiladi (GOST 18311—80).

Elektr apparatlarining o'z kommutatsiyalovchi organlari yordamida elektr qarshiligining o'zgarishi tufayli zanjir kommutatsiyasi amalga oshiriladi.

Umuman olganda, elektr apparatining kommutatsiyalovchi organi uchun ikki rejim mavjud: kommutatsion va kuchaytirish rejimlari. Kommutatsion rejim pog'onaviy (4.1-*b*, *d*-rasm), kuchaytirgich esa ravon kommutatsiya (4.1-*b*, *d* rasmdagi egri chiziq 2) bilan tavsiflanadi. Yuklama obyektining qarshiligi Z_H apparat kommutatsion organi Z_K bilan ketma-ket ulangan (4.1-*a* rasm). Z_K boshqaruvchi organ toki i_y bilan boshqariladi. $I_u = 0$ bo'lganda, Z_K qiymati maksimumga va i_u eng ko'p qiymat olganda esa Z_K minimal qiymatga ega bo'ladi. Kommutatsion rejimda zanjirdan $i_y = I_{mp}$ o'tganida, Z_K to'satdan o'z



4.1-rasm. Apparatning kommutatsion va kuchaytirish rejimidagi ishlari:
a — sxema; b — qarshilik egri chiziqlari; d — tok egri chiziqlari.



4.2-rasm. O'zgarmas tok yoyining so'ndirilishi.

qiymatini kamaytirib, zanjirdagi tokni esa ko'paytirib yuboradi. Uning o'sish jarayoni $i_y = i_H$ dan o'rnatiladigan qiymat $I_0 = U_0/Z_H$ (4.1-d rasmdagi chiziq 1) gacha o'zgaradi. Zanjirni manbadan uzish ham Z_K ning sakrashi, $i_H = I_0$ tokining birdaniga nolga tushishi bilan tavsiflanadi. Kichik tokli apparatlarga nisbatan kommutatsion rejim *rele* rejimi deb ham ataladi. Bu rejimda ishlovchi apparatlar elektr zanjirlarini *diskret* kommutatsiya bilan boshqaradi.

Kommutatsiyalovchi organ Z_K ning kuchaytirish rejimida yuklama toki zanjir manbayiga ulanishi va uzilishi bilan tekis o'zgaradi va boshqarish tokiga mansub bo'lib qoladi (4.1-rasmda *b* va *d*).

Kommutatsiyalovchi organ Z_K ning ulangan vaqtdagi qiymati (kontaktlarning o'tish qarshiligi) bir necha mikroomlarni tashkil qiladi. Shu qarshilikning zanjir uzilgan vaqtdagi qiymati megaomlarga teng. Apparatning kommutatsiyalovchi qobiliyatini aniqlovchi qarshiliklar nisbati, ya'ni

$$\eta_l = \frac{Z_{o'chr}}{Z_{yon}} \quad (4.1)$$

kommutatsiya chuqurligi deb yuritiladi.

Zanjirni manbadan uzganimizda kommutatsiyalovchi qarshilik Z_{yon} dan $Z_{o'chr}$ gacha o'zgaradi. Zanjir manbaga ulanganda esa, aksincha, $Z_{o'chr}$ dan Z_{yon} gacha o'zgaradi. Kontaktli yoy so'ndirgichlar uchun $\eta_k = 10^{10} - 10^{14}$ ga, kontaktsiz apparatlarning kommutatsiyalovchi organi uchun esa $\eta_k = 10^4 - 10^7$.

Har qanday elektr zanjiri ma'lum miqdordagi induktivlik va qarshiliklarga ega. Elektr zanjirining bir holatdan ikkinchi holatga

o'tishi ma'lum vaqt ichida sodir bo'ladi, chunki har bir elektr zanjirida har bir o'rnatiladigan holatga ma'lum elektr energiyasi zaxirasi $W_c = CU^2/2$ va magnitli energiya zaxirasi $W_L = LI^2/2$ to'g'ri keladi. Oxirgi energiya pog'onasiz uzluksiz ravishda o'zgarishi mumkin, aks holda energiyaning vaqt bo'yicha hosilasini bildiradigan quvvat qiymati cheksiz bo'lib ketishi mumkin. Bunda fizika qonuni buzilgan bo'lardi. Bundan kommutatsiyaning quyidagi qonuni kelib chiqadi.

Kommutatsiyaning dastlabki davrida induktiv zanjirdagi tok kommutatsiya boshlanish davridagi qiymatga teng bo'lib qoladi. So'ngra u bir tekis o'zgaradi va $i_L(o-) = i_L(o+)$ ko'rinishda namoyon bo'ladi. Kommutatsiyaning dastlabki davrida sig'imey zanjir kuchlanishi ham o'zgarmaydi, so'ngra sekin o'zgarib, $U_{C(o-)} = U_{C(o+)}$ ko'rinishga o'tadi. Sig'imey zanjir toki birdaniga keskin o'zgarishi mumkin. Bu Kirxgofning ikkinchi qonunini qayd etadi. Energetik munosabatlarni tasdiqlaydi.

O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarining ajralishi kuchlanishning qisqa muddatli ortishi bilan bog'liq. Bu esa kommutatsiyalovchi elementlar va boshqa ayrim uchastkalarda o'ta kuchlanish ro'y berishidan darak beradi. Haddan tashqari o'ta kuchlanishlar zanjirdagi izolatsiyalarni, kontaktlar oralig'ini shikastlab, yoyning qaytadan tiklanishiga olib kelishi mumkin.

Uzilish jarayonining oxirida, i kamayganda ($iR = 0$ deb hisoblash mumkin), di/dt hosilasi manfiy va kommutatsiyalovchi organ kuchlanishi quyidagicha bo'ladi:

$$U_k(t) = U_0 + L \frac{di}{dt}. \quad (4.2)$$

Bundan uzilgan o'zgarmas tok zanjiridagi o'ta kuchlanishlar uzilgan zanjirning induktivligiga va tokning vaqt bo'yicha hosilasi di/dt ga bog'liq bo'lishi kelib chiqadi.

Agar o'chirilgan jarayonda zanjir toki chiziqli qonuniyat bilan o'zgarsa:

$$i = I_0 \left[1 - \left(\frac{t}{t_r} \right)^n \right]. \quad (4.3)$$

Unda zanjirni o‘chirish jarayonida ($t = t_r$) o‘ta kuchlanish:

$$U_{\max} = U_0 \left(1 + 2 \frac{t_e h}{t_2} \right), \quad (4.4)$$

bu yerda: $\tau_e = L/R$ — uziladigan zanjirning vaqt doimiysi; $n = 0,5-3,0$; t_r — zanjirning to‘la uzilish vaqti; I_0 — uzilayotgan tokning dastlabki vaqti.

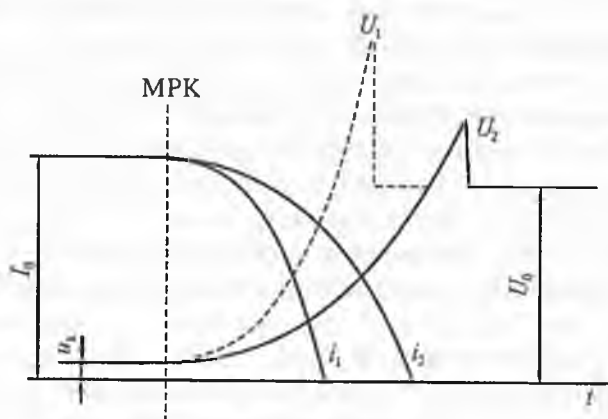
4.3-rasmda kommutatsiyalovchi organning tok va kuchlanishlarining o‘zgarish grafiklari misol tariqasida berilgan. Tok i_1 ning intensiv o‘zgarishiga o‘ta kuchlanishning yuqori qiymati U_1 to‘g‘ri kelsa, i_2 ning sekin o‘zgarishiga U_2 ning kichik qiymati mos tushar ekan. Zanjir uzilishi jarayoni tugagach, o‘ta kuchlanish manba kuchlanishi U_0 ga qadar tushadi va ortiqcha zaryadlar qarshiliklarga taqsimlanib ketadi.

O‘zgarmas tok uzilgach, yoyda ajraladigan energiya quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$W_d = W_M + W_G = L \frac{I_0^2}{2} \left(1 + 2K \frac{t_g}{\tau_e} \right), \quad (4.5)$$

bu yerda: K — yoy so‘ndirgich qurilmani tavsiflovchi koeffitsiyent.

(4.5) ning tahlili shuni ko‘rsatadiki, yoyni qaysi usulda so‘ndirishdan qat’i nazar, unda energiya ajraladi. Bu energiya uzilayotgan zanjirning magnit maydonida zaxiralangan va qo‘shimcha genera-



4.3-rasm. O‘zgarmas tok uzilganda tok va kuchlanishlar grafiklari.

toridan yoy yonayotgan vaqtda kelayotgan energiyalar hisobiga hosil bo'ladi (turg'un yonayotgan yoyga, asosan, generatordan energiya kelib turadi). Tajriba shuni ko'rsatadiki, hamma yoy so'ndirgich apparatlarda manbadan kelayotgan energiyaning 3—8% i yoyga, qolgan 95—97% i esa uzilayotgan zanjirning elektromagnit energiyasiga aylanishga sarflanadi.

Yoyda ajraladigan energiya qisman razryadni qizitish va qisman atrof-muhitga uzatish uchun sarflanadi. Yoyni so'ndirish uchun razryad harorati kamayishi zarur, boshqacha aytganda, yoyga keltirilayotgan energiya undan uzatilayotgan energiyadan kam bo'lmog'i lozim. Katta induktivlikka ega zanjirlarda yoyda hosil bo'ladigan elektromagnit energiyani sovitib uzatish kerak. Zanjir induktivligi va zanjir toki qancha katta bo'lsa, zanjirni uzish shunchalik qiyin bo'ladi.

4.2. O'ZGARUVCHAN TOKDAGI YOYNI SO'NDIRISH

O'zgaruvchan tok zanjirini uzish o'zgarmas toknikiga qaraganda yengil ko'chadi, chunki tok i va elektromagnit energiya $W = Li^2/2$ davr oxirida nolga teng bo'ladi. Bu kommutatsion elementning dielektrik xususiyati tezlik bilan o'sishi va unda paydo bo'ladigan manba kuchlanishini ko'tara olish xossasini vujudga keltiradi.

O'zgaruvchan tokdagi elektr yoyining musbat xususiyati — kontakt uzilgandan to tok qiymati nolga teng bo'lgunga qadar zanjirdan tok o'tkazish aloqasi yo'qolmasligida, boshqacha aytganda, elektr yoyining uzil-kesil so'nishi uchun qulay vaziyatlarning vujudga kelishidadir.

Kommutatsion elementdagi kuchlanish pasayishi haddan tashqari kichik. U kontaktli apparatlarda voltning ulushini tashkil qilsa, kontaktsiz apparatlarda (yarim o'tkazgichlarda) bir necha voltga teng. Apparat yordamida tok o'tayotgan zanjir uzilganda, kommutatsion organdagi kuchlanish o'sa boshlaydi (tiklana boshlaydi) va u oxirida manba kuchlanishi qiymatiga teng bo'ladi. Shunga ko'ra bu kuchlanishni *tiklanuvchi kuchlanish* (U_T) deb ataladi.

Zanjir uzilganda apparatning kommutatsiyalovchi organi o'tkazgich holatidan dielektrik holatiga o'tadi. Bu organga mansub bo'lgan elektrik puxtalik vaqt ichida o'sa boradi va u *tiklanuvchi puxtalik* deb ataladi (U_{TP}). Tiklanuvchi puxtalik deb, berilgan vaqt ichida kommutatsiyalovchi organ kuchlanishining maksimal qiymatini hech qanday shikast yetmay ko'tara olish qobiliyatiga aytiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirining muvaffaqiyatli o'chishi tok «nol»dan o'tishi bilan tiklanuvchi puxtalik qiymati kommutatsion elementda tiklanayotgan kuchlanishning qiymatidan katta bo'lishida, boshqacha aytganda,

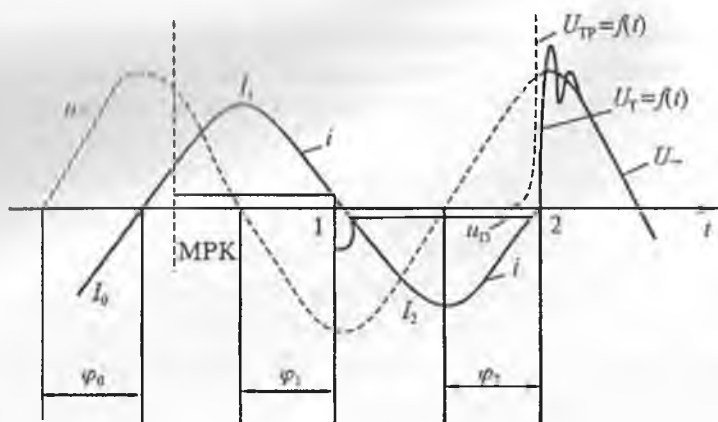
$$U_{TP} > U_T. \quad (4.6)$$

(4.6) dagi qiymatlar bir-biriga teng bo'lgan taqdirda uzilish sharti bajarilmaydi va kommutatsion element yana o'zining o'tkazgichli vazifasini davom ettiradi, zanjirdan tok o'qa boshlaydi. (4.6) dan kelib chiqqan holda apparatning zanjir tokini uzishni ikki jarayonning o'zaro musobaqasiga qiyos qilish mumkin: kommutatsiyalovchi organing elektr puxtaligini tiklash va undagi kuchlanishni tiklash. O'zgaruvchan tok kontaktli apparatlarda U_{TP} ning jadal o'sishi tokning noldan o'tganidan keyin namoyon bo'ladi va u bir necha o'nlab yoki yuzlab mikrosekund davom etadi. Tiristor asosida qurilgan kontaktsiz apparatlarda elektr puxtalik (teskari kuchlanish) tezda (10—20 mks ichida) tiklanadi. Kontakt apparatlarining zanjirning uzishda kechadigan jarayonlari uzilayotgan zanjirning kuchlanishi qiymatiga bog'liq. Bu kuchlanish $U > 10$ kV bo'lsa — yuqori va $U < 1,5$ kV bo'lsa — past kuchlanish hisoblanadi. Bu kuchlanishlar, albatta yoy ustuniga ta'sir etmay qolmaydi, chunki bunda yoyning aktiv qarshiligi o'zgaradi va uning yuqori kuchlanishdagi ta'siri unchalik bo'lmasa ham past kuchlanishdagisi sezilarli bo'ladi.

Yuqori kuchlanish (YUK)dagi zanjirni uzishda ro'y beradigan jarayonlar 4.4-rasmda ko'rsatilgan. Kontakt uzilishi bilan elektr yoyi paydo bo'ladi. Tokning birinchi noldan o'tishida bu sharoit ($U_{TP} > U_T$) paydo bo'ladi va zanjir toki uziladi. So'ngra ma'lum bir tokning RLC zanjiridan o'tishi bilan bog'liq holda apparat kontaktlarida U_T kuchlanishining grafigida so'nuvchi o'zgarishlarni ko'ramiz.

Tok i ning noldan o'tishi oldidagi toksiz pauzalar yoyga gaz puflash yoki boshqa yoy so'ndirgich usullarni qo'llash ta'sirida sodir bo'lgan. Shuni ham aytib o'tish kerakki, kam induktivli yuklamalarda bu pauza katta va katta induktivli yuklamalarda esa, kichik yoki juda kichik bo'ladi.

YUK tarmog'ining elektr qarshiligi elektr yoyi aktiv qarshiligidan katta, shuning uchun yoy qarshiligi yoy tokini cheklay olmaydi va uning qiymati yarim davr yonganda o'zgarmay qoladi ($I_0 = I_1 = I_2$) (4.4-rasm). Shuningdek, bu qarshilik tok va kuchlanish oralaridagi

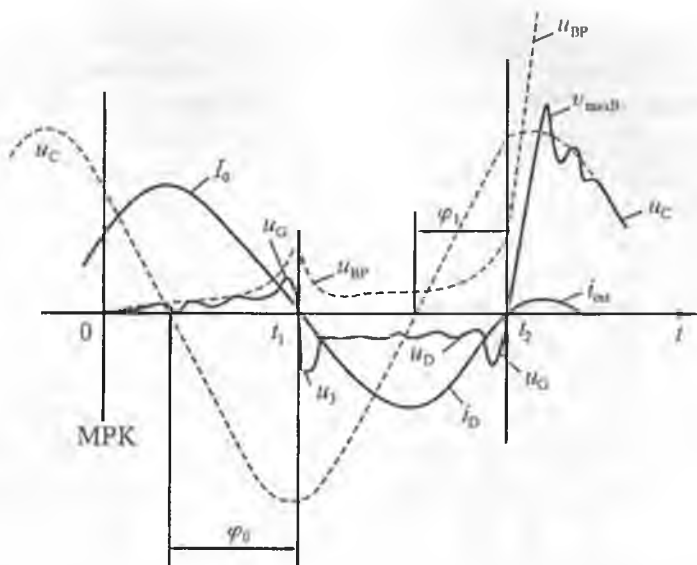


4.4-rasm. Yuqori kuchlanish tarmog'ini uzilgandagi jarayonlar.

burchaklarga ham ta'sir etmaydi va u o'zgarmay qoladi ($\psi_0 = \psi_1 = \psi_2$) (4.4-rasm).

Past kuchlanish (PK) tarmoqlarida hosil bo'luvchi yoy uzunligi qisqa bo'lgan hollarda yoy qarshiligi uzilayotgan zanjir qarshiligi bilan sezilarli farqqa ega bo'ladi. Shu hol yoy kuchlanishi bilan manba kuchlanishi orasida ham kuzatiladi. Yoyni so'ndirish shartlariga kelsak, yoydagi kuchlanishni inobatga olmasdan bo'lmaydi. U har xil sharoitda har xil namoyon bo'ladi.

Kommutatsiyalovchi kontakt ochilgan (4.5-rasm) t vaqtda tokning noldan birinchi o'tishi ko'riladi. Tiklanayotgan puxtalik U_{TP} qiymati hali yetarli bo'lmasligi mumkin va yoyning qayta tiklanishi ro'y beradi. Ikkinchi yarim davrda yoy qarshiligi ancha o'sadi, natijada, tok i_D ana shu qarshilik bilan cheklanib, tok va kuchlanish oralaridagi burchak t_2 vaqtga kelib kamayadi. Qarshilik o'sishi tufayli yoyning pasayishi tiklanish puxtaligining oshishiga olib keladi. Fazalar siljishining kamayishi esa tiklanayotgan kuchlanish U_T ning oniy qiymatini va uning o'sish tezligining kamayishiga olib keladi. Noldan ikkinchi marotaba o'tganda, yoy parchalanadi (U_{TP} kuchlanishi U_T dan katta bo'ladi va natijada yoyning so'nishiga olib keladi). Bu o'tishlardan so'ng kontakt oralig'i o'zining qoldiq o'tkazuvchanligini saqlab qoladi va undan qoldiq toki i_{qol} o'tib turadi. O'zgaruvchan tokdagi yoyni o'chirishning eng yaxshi usuli va sharti shundan iboratki, yoyning so'nishi zanjir uzunligidan so'ng tokning birinchi noldan o'tganida sodir bo'ladi.



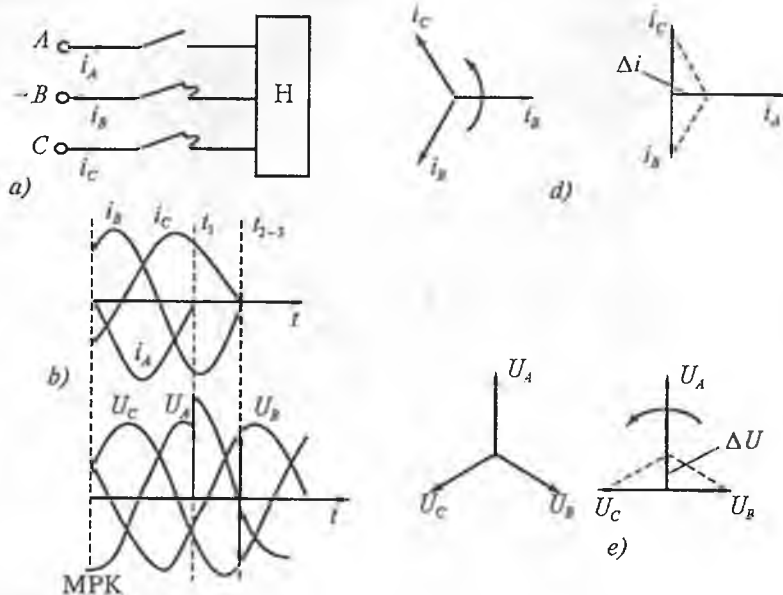
4.5-rasm. Past kuchlanishli zanjirning uzilishidagi jarayon.

Uch fazali tizimlarda apparat kontaktlari yordamida zanjir uzilganda har bir fazadagi tok noldan bir xil vaqtda emas, balki vaqt bo'yicha siljigan holda ro'y beradi. Bu hol 4.6-rasmda tushuntirilgan.

4.6-rasmdan ko'rinadiki, uch qutbli apparat kontaktlari ajratilganda, ular orasida yoy hosil bo'ladi. *A* fazasining i_A toki birinchi bo'lib noldan o'tadi va t_1 vaqtda nolga tenglashadi (keyinchalik u ham nolga teng bo'lib qoladi).

Ikkita boshqa fazalardan i_B va i_C toklari oqadi va ular endi qiymatlari bo'yicha tenglashib, qarama-qarshi fazalarni egallaydi (4.6-d rasm). *A* fazasi toki i_A ning yo'qolishi bilan boshqa fazalardagi toklar qiymatining sakrashi ro'y beradi va ular vektorlari o'z holatlarini o'zgartirib, bir-biriga qarama-qarshi holatlarga tushadi. Ikkala faza toklari i_B va i_C amplitudalari $\sqrt{3}/2$ marotaba kamayadi. t_1 vaqtdan boshlab ularning oniy qiymatleri sinusoida qonuni bo'yicha o'zgarib boradi (4.6-b rasm). t_{2-3} vaqtiga kelib bu toklar nol qiymatiga yetishadi. Natijada, uch fazali zanjir uzil-kesil manbadan ajraladi hamda *B* va *C* qutblaridagi yo'llar butunlay o'chadi.

4.6-b rasmda uch fazali tok va kuchlanishlarning o'zgarishi tasvirlangan. Birinchi t_1 vaqtida i_A tokining o'sishi to'xtaydi hamda U_B va U_C vektorlari sakrab o'zgaradi va bir-biriga nisbatan qarshi



4.6-rasm. Uch fazali zanjirni uzishdagi jarayon.

bo'lgan fazalarga ega bo'ladi. Birinchi bo'lib uzilgan fazadagi kuchlanish U_{1-2} vaqtida ΔU qiymatigacha sakraydi (3/2 marotaba). Shunday qilib, birinchi fazadagi kuchlanish amalda noldan boshlab o'sib, to $3/2 U_f$ qiymatigacha ko'tariladi. Uch fazaning to'la-to'kis uzilishi t_{2-3} vaqtga to'g'ri keladi. $\sqrt{3}/2 U_f$ qiymatigacha tiklanadi, oxirgi ikki faza uzilgach kuchlanishlar vektor diagrammalari o'zlarining dastlabki ko'rinishlariga ega bo'ladi.

Yuqorida aytib o'tilgan jarayonlar uch fazali QT ro'y bergandagiga ham taalluqli. Uziladigan yuklama tavsifi jarayonga ta'sir etadi.

4.3. ELEKTR YOYINING XUSUSIYATLARI VA UMUMIY TAVSIFLARI

Elektr yoyi yoki yoy razryadi — elektr tokining gaz bilan to'ldirilgan kontaktlararo muhitidan o'tishi tufayli hosil bo'luvchi hodisa. Elektr yoyi yoritilgan kanal ko'rinishida bo'lib, ikkala kontaktlarni birlashtiradi. Kontaktlar orasidagi muhit yallig'langan holat kasb etadi.

Elektr yoyidagi yallig'lanishning xossalari bosimga bog'liq. Kichik bosimda yallig'lanish elektronlarining harorati minglab va o'n

minglab gradusga yetadi. Bunda yallig'lanish haroratining o'zi esa bir necha yuz gradusga teng bo'lishi mumkin. Bosim ko'tarilishi bilan elektronlar harorati pasayadi va yallig'lanish harorati oshadi. Atmosfera bosimida bu haroratlar o'zaro tenglashadi. Shunga ko'ra yoylar quyidagilarga bo'linadi: yuqori bosimli yoy (bunda yoy atmosfera bosimida gazda yonadi); vakuumli yoy (bunda yoy bosimi 0,01 Pa va undan kichik bo'lganda ham yonadi).

Yoyda uzluksiz ravishda ionlanish jarayoni davom etadi. U yoy yonishini ta'minlab turadi, shuningdek, deionlashtirish jarayoni ham bo'lib, u yoyni o'chirishga harakat qiladi. Bu jarayonlarga ta'sir etish apparatlarda yoyni so'ndirish asosini tashkil etadi.

So'ndirish bo'yicha uch xil yoy mavjud: qisqa yoy, uni so'ndirish elektrodlardagi jarayonlarga ta'sir etish orqali amalga oshiriladi; uzun (yallig'lanuvchi) yoy, uni so'ndirish, asosan, yoyning o'zida o'tadigan jarayonlarga ta'sir etish orqali bajariladi.

Yoy razryadida uch xil zonani farqlash mumkin: katod oldi (K), yoy ustuni (S) va anod oldi (A) zonolari. Har bir zonada ionlashuv va deionlashuv jarayonlari har xil kechadi (4.8-rasm). Katod oldi zonasi kichik bo'lib, 10^{-6} m ni tashkil qiladi. Bu yoy oralig'ida kuchlanish tushishi 10—20 V ni tashkil qiladi va u qiymat jihatdan katod metalli ionlashish bug'lari potensialiga yaqin va katod materialiga bog'liqligi holda amalda yoy tokiga bog'liq bo'lmaydi. Tokning va katodning atrofini o'ragan muhit bosimining ortishi bilan katoddagi kuchlanish tushishi kamayadi. Katod oldida musbat ionlar hosil qilinadigan musbat hajm zaryadlari hosil bo'ladi. Ana shu hajm zaryadi bilan katod oralig'idagi 10^7 V/m gacha bo'lgan kuchlanganlikka ega elektr maydon vujudga keladi. Bu maydonda katoddan chiqqan va elektr toki hosil qiluvchi elektronlar harakatlanadi. Katoddan chiqqan elektronlar katod zonasida manfiy hajm zaryadlarini hosil qilmaydi, chunki ular tezligi musbat ionlarnikiga qaraganda bir necha barobar katta. Musbat ionlar katod kuchlanishining pasayishi maydonida yugurib, katodni bombardimon qiladi. Shunga ko'ra katod harorati ko'tarilib, elektr materialining bug'lanish nuqtasiga yetadi. Yuqori haroratlarda katodda termoelektron emissiya paydo bo'ladi (u keskin ravishda elektron haroratiga bog'liq). Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yoy faqat avtoelektron emissiyasi hisobiga (u katod elektr maydoni tomonidan hosil qilinadi) yashaydi.

Katodning yoy yonayotgan qismiga taalluqli yuzasi (u katod deyiladi) yoyning stvoli yuzasidan kichik. Shunday qilib, yoy ustunining katodga o'tayotgan qismi kuchayar ekan. Agar katodni

qizdirsak, bu kichrayish kamayadi va amalda ko'rinmasligi ham mumkin. Katod dog'i bir qancha maydonchalardan tashkil topgan bo'lib, ularning har biridan ma'lum tok o'tadi. Har biri uzlukli va uzluksiz siljishga moyil. Siljish tezligi elektrod metalli va kontaktlar ajralishining har xilligi bilan aniqlanadi. Katod dog'i tokining zichligi va harorati hali to'la o'rganilmagan. Tok zichligi (har xil tadqiqotlarga ko'ra) katod dog'ining metall elektrodlarida 10^4 — 10^7 A/sm² oralig'ida bo'ladi. Katod dog'ining qizish harorati erish (yoki bug'lanish) harorati bilan cheklanadi. Metallning erish harorati bosimga bog'liq bo'lib, bosim oshishi bilan ko'tariladi.

Yoy razryadida anod yoydan kelayotgan elektron oqimini qabul qiluvchi hisoblanadi. Anod yuzasini elektronlar bilan bombardimon qilish uni yuqori haroratlargacha ko'taradi, natijada termoelektron emissiya yuzadan elektrodlar ajraladi. Biroq, ular elektr maydoni ta'sirida anodga qaytadi. Anod yaqinida manfiy hajm zaryadi paydo bo'ladi va anodoldi kuchlanishi pasayadi va elektr maydonining kuchlanishi o'sadi. Anod oldi kuchlanishining pasayishi (5—10 V) anod harorati, uning materiali va tok qiymatiga bog'liq. Bu kuchlanishning pasayishi gazning ionlashtirish potensialidan kichik. Tokning katta miqdorlarida anodoldi kuchlanishi pasayadi, katodoldi kuchlanishi esa o'zgarmay qoladi.

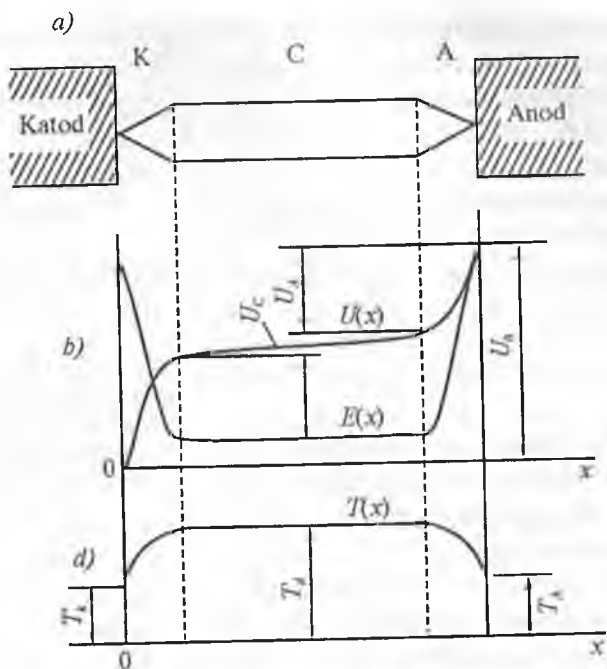
Anodning yuqori harorati va anodoldi zonasi yoy zaryadining paydo bo'lishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Anod yuzasi yoydan kelayotgan elektronlarni qabul qiladi. Uning dog'i katoddagiga nisbatan bir necha barobar kam. Anod dog'ining yuqori haroratida yoy hosil bo'lib, yashashi uchun unchalik ta'sir etmaydi. Bu harorat yoy razryadining jarayonlari natijasidir.

Anod dog'i anod yuzasida sakrab yuradi. Katta qiymatli toklarda bunday dog'larning bir nechtasini kuzatish mumkin.

Yoy ustuni — o'tkir ionlashgan gazning silindrik zonasi bo'lib, unda musbat va manfiy hajm zaryadlari bir-birini muvozanatlaydi va natijada zaryad yo'qoladi.

Yuqori haroratli yoy ustuni zonasida zarrachalar tezligi ortadi va neytral atomga urilishi uni ionlashga olib keladi. Yoy ustunining asosiy ionlashuvi — bu termik ionizatsiya. Shu munosabat bilan elektr apparatining yoy o'chiruvchi qurilmalarida gaz bosimi kuchaytiriladi va bu yoyini so'ndirishga olib keladi.

Yoy ustunida ionlanish bilan bir qatorda deionlanish ham bo'ladi. Ular, asosan, yoy joylashgan kontakt oralig'ining haroratiga bog'liq bo'ladi.



4.7-rasm. Yoyning ustun uzunligi bo'yicha tavsifi.

Ochiq havoda yonayotgan ochiq yoy o'zining 15–30% energiyasini yorug'lik ko'rinishida uzatadi. Kuchlanish tushishi $U(x)$ va kuchlanishning bo'ylama gradiyenti $E(x)$ yoy bo'yicha o'zgarishlari 4.7-b rasmda berilgan. Undan ko'rinadiki, elektrodoldi zonalardagi ahvol boshqa zonalarga qaraganda bir-biridan keskin farq qiladi. Elektrodlar anodoldi va katodoldi zonalarda kuchlanish pasayishi keskin tus oladi. Bu pasayish elektrod materiali va muhit gaziga bog'liq. Anod va katodoldi kuchlanish pasayishi yig'indisi 15–20 V ni tashkil qiladi, kuchlanish gradiyenti esa 10^5 – 10^6 V/sm ga teng. Yoy ko'rinishidagi kuchlanish $U(x)$ amalda yoy uzunligiga to'g'ri mutanosib. Gradiyent ustun bo'yicha o'zgarmaydi.

Haroratning yoy ustuni bo'yicha o'zgarish grafigi $E(x)$ 4.7-b rasmda keltirilgan. Yoydan elektrodlar va atrof-muhitga issiqlik o'tkazish shartlariga ko'ra ko'ndalang kesimi kichraytirilgan elektrodning harorat tarqalishi grafigida maksimal nuqtalar paydo bo'ladi.

Kommutatsiya jarayonlari va kommutatsiyalovchi kontakt qurilmalarini hisoblash ularning volt-amper tavsiflariga, asosan, olib

boriladi. Yoyning statik va dinamik volt-ampere tavsiflari mavjud. Statik tavsif yoyning o'zgarmas uzunligi va bir xil sharoitlardagi $U(i) = q'(i)$ bilan ifodalanadi.

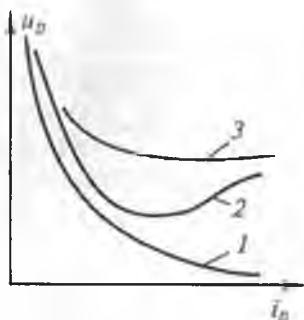
Yoyning umumiy kuchlanishi katod va anodoldi kuchlanishlari U_k va U_a hamda yoy ustuni kuchlanishi E_d, I_c larning yig'indisiga teng, ya'ni

$$U_d = U_k + U_a + E_d I_c. \quad (4.7)$$

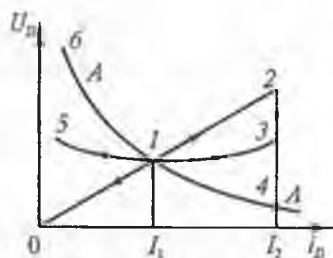
Statik volt-ampere tavsifga muhit tarkibi, yoy yo'nalishi tezligi keskin ta'sir ko'rsatadi. Bu tavsiflar empirik formulalar bilan ifodalanadi.

Yoyning volt-ampere tavsifi kommutatsiyalovchi qurilmada yoyning so'nish shartlari bilan belgilangan.

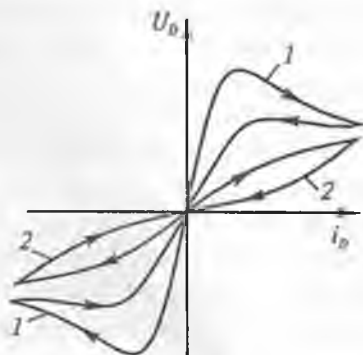
4.8-rasmda past kuchlanishli apparatlar volt-ampere tavsiflari keltirilgan. Ularda uch xil yoy so'ndirgichlar qo'llangan: yoyni ochiq ajratish, teshik kamerali va yoy so'ndirgich to'r. Teshik kamerali qurilmalarda tokning ma'lum bir qiymatidan boshlab tavsif ko'tarila boshlaydi (2). Bu toklarda yoy kameraning izolatsiya



4.8-rasm. Ochiq yoy (1), teshik kamerali yoy (2) va yoy so'ndirgich turli (3) usullarga taalluqli volt-ampere tavsiflar.



4.9-rasm. Yoyning statik va dinamik tavsiflari.



4.10-rasm. O'zgaruvchan tok yoynining past (1) va yuqori (2) chastotalardagi dinamik tavsiflari.

lovchi qatlami bilan uzviy to'qnashadi va undagi issiqlik o'tkazish kuchayadi.

Turli qurilmada yoy metall plastinkalar yordamida uzunligi bir necha millimetrga teng bo'lgan kichik naychalarga bo'linadi. Tok o'sishi va kanal ko'ndalang kesimi ortishi bilan metall plastinkalarga keladigan issiqlik zo'rayadi. Shuning uchun grafik pastlanmaydi.

Dinamik volt-amper tavsif statik tavsifga o'xshamaydi. Yoy dinamik tavsifini bir necha tezlik bilan o'zgarishi misolida ko'rib o'tamiz (4.9-rasm). Statik tavsif A grafigida ifodalangan deb faraz qilamiz. Agar zanjirda boshlang'ich tok I_1 dan cheksiz vaqt ichida sekin o'zgarsa, yoy dinamik tavsifi statik tavsifdan farqlanmaydi (1—4 bo'lak tok oshganda, 1—6 bo'lak esa tok kamayganda). Agar tok cheksiz tezlik bilan o'zgarsa, yoy qarshiligi o'zgarishga ulgura olmaydi va o'zgarmay qoladi. Unda yoyning volt-amper tavsifi oddiy omil qarshilikdan farqlanmaydi; tokning nol qiymatida issiqlik energiyasi tarqalmagan va yoy qarshiligi bunda kichik. Issiqlik energiyasining tarqalishi tokning nol oldi qiymatida va qarshilik kattalashganda sodir bo'ladi. Tavsiflardagi grafik 1 va 2 lar farqi (4.11-a rasm) tokning har xil tezliklar bilan o'zgarganligi bilan izohlanadi.

5-BOB. YUQORI KUCHLANISHLI O'ZGARUVCHAN TOK UZGICHLARI

5.1. UZGICHNING VAZIFASI, ASOSIY PARAMETRLARI VA TASNIFI

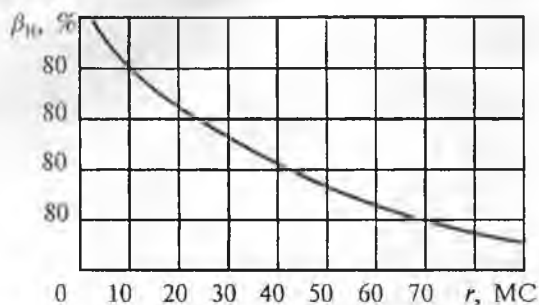
Vazifasi. Metropoliten tortish nimstansiyalarida qo'llaniladigan elektr jihozlari va qurilmalari orasida asosiysi uzgich bo'lib, uning ishidan elektr ta'minotining uzluksizligi va puxtaligi to'la bog'liq.

Yuqori kuchlanishli uzgichlar 3 kV va undan yuqori bo'lganda o'zgaruvchan tok zanjirlarining ekspluatatsiya sharoitidagi har xil rejimlarida kommutatsiyalash uchun, ya'ni nominal qisqa tutashish, salt ishlash toklarini, shuningdek, kondensator batareyalari, uzun liniya toklarini ulash, o'chirish kabi vazifalarni bajarish uchun xizmat qiladi. Uzgich ishlarining eng og'ir sharoitlari qisqa tutashish toklarini ulash va o'chirish davrida bo'ladi.

Nominal parametrlar. Har bir elektr apparati hamma apparatlar uchun umumiy bo'lgan parametrlar va tavsiflar: nominal kuchlanish (1.2-§, 1.2-jadval); nominal uzluksiz tok (1.7-§), chegaraviy bo'ylama tok (2.2-§); elektr-dinamik tok puxtaligining nominal toki (2.5-§); termik puxtalikning nominal toki (2.6-§) dan tashqari faqat unga taalluqli parametrlar va tavsiflar: ulash va o'chirish nominal toklari, o'chirishning nominal quvvati, ulash va o'chirishning xususiy vaqti, ulash va o'chirishning umumiy vaqti, kuchlanishning tiklanish tezligi (4.6-§), zanjirning xususiy chastotasi va boshqalarga ega.

Nominal uzish toki — uzgichning berilgan sharoitda QT ning eng katta tokini ham puxta o'chira olish qobiliyatiga ega bo'lishini belgilaydi. Bunda qaytuvchi kuchlanish sanoat chastotasiga ega va uzgichning eng katta qiymatli ishchi kuchlanishiga mos hamda berilgan o'tkinchi jarayonda tiklanish kuchlanishi nominalga teng bo'lmog'i lozim.

Uzish tokining nominal qiymati $I_{0, \text{nom}}$ apparatning kommutatsiyalash qobiliyatini belgilovchi uzgichning muhim ahamiyatli parametrlaridan hisoblanadi. Uzish toki ikki ko'rsatkich bilan tavsiflanadi:



5.2-rasm. QT toki nodavriy tashkil etuvchisining foiz qiymati.

Uzishning xususiy vaqti t_{oc} — bu uzilishga buyruq berilgan vaqtdan to yoy soʻndirgich kontaktlari ajralishigacha ketgan vaqt.

Uzish nominal toklari qiymatlari GOST 687—78 va MEK tomonidan qabul qilingan va 5.1-jadvalda keltirilgan.

5.1-jadval

UZISH TOKI NOMINAL QIYMATI QATORI (kA)

| GOST 687—78 bo'yicha | MEK bo'yicha | GOST 687—78 bo'yicha | MEK bo'yicha | GOST 687—78 bo'yicha | MEK bo'yicha |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| 2,5 | — | 25 | 25 | 90* | |
| 3,2 | — | 31,5 | 31,5 | 100 | 100 |
| 4,0 | — | 35,5* | — | 112* | |
| 50 | — | 40 | 40 | 125 | me'yorlanmagan |
| 6,3 | 6,3 | 45* | — | 140 | |
| 8,0 | 8 | 50 | 50 | 160 | |
| 12,5 | 12,5 | 56* | — | 180 | |
| 16 | 16 | 63 | 63 | 200 | |
| 20 | 20 | 71* | — | 224 | |
| | | 80 | 80 | 250 | |

* Texnik jihatdan asoslangan hollarda ishlatiladi.

Uzgichning uzish qobiliyati, ko'pincha, uzishga sarflanayotgan nominal quvvatdan aniqlanadi. Uzishga sarflanayotgan uch fazali uzgich nominal quvvati:

$$S_{uzg.n} = \sqrt{3} U_{nom} \cdot I_{o.nom} \cdot 10^{-6}. \quad (5.3)$$

Uzishga sarflanayotgan quvvat ma'lum bir ma'noda shartli hisoblanadi, chunki aslida QT tokini uzish davrida uzgich kontaktlaridagi kuchlanish tarmoq kuchlanishining bir necha foizini tashkil etishi mumkin.

Uzgichning avtomatik ravishda ulanishi [ARU (APV)] iste'molchilar elektr ta'minoti puxtaligini yaxshilash va iqtisodiy samarasini ko'tarish imkonini beradi. Shuning bilan birga shunday hollar ham uchraydiki, QTni uzgich bilan uzilgandan so'ng zanjir buzuqlik holati saqlanib qoladi va uzgich qayta ulanish qobiliyatini saqlab qolishi zarur bo'ladi. Shunga ko'ra qo'yiladigan talablarga muvofiq uzgichlar standart va kuchlanishlarga dosh bera olishi kerak. Bunda operatsiya sikli deganda uzgich bajaradigan kommutatsion operatsiyalar tushuniladi.

Uzgich tomonidan bajariladigan kommutatsion operatsiyalar ketma-ketligi berilgan intervallarni ta'minlashda ARU (APV) GOST 687—78 bo'yicha quyidagi sikllar bilan chegaralanadi:

sikl 1:0 — t_{6T} — BO — 180 s — BO;

sikl 1a:0 — t_{6T} — BO — 20 s — BO;

sikl 2:0 — 180 s — BO — 180 s — 80,

bu yerda: 0 — QT tokining uzish operatsiyasi; BO — QT tokida ulanib, so'ngra tezlik bilan o'chish operatsiyasi; T_{6T} — ushbu uzgich uchun kafolatlangan minimal tok pauzasi (hamma qutblarda yoyning so'nish vaqtidan to ARU dan so'ng qaysi bir qutbda tok paydo bo'lishigacha) ARU vaqtida 0,3—1,2 s bo'ladi. Binobarin, tez ishlovchi ARU lar uchun vaqt 0,3 s, toksiz pauza esa 180 va 20 s davom etadi.

ARU rejimida ishlovchi uzgichlar uchun kommutatsiyali qobiliyat toksiz pauza (t_{6T} dan katta) bilan ta'minlanadi. ARU siz ishlovchi uzgichlar uchun 2-sikl qo'llaniladi.

Ulash nominal toki QT tokining eng katta zarbaviy qiymatini tashkil etadi. Bunda uzgich kontaktlari payvandlanishi va boshqa shikastlanishlardan yoki qisqa tutashish davri boshlanganidan keyin holi bo'ladi va normal ishlash uchun hech qanday to'siqlar bo'lmaydi.

Bu tok amplitudaviy qiymat $i_v=1,8 \sqrt{2} I_{0, \text{nom}}$ yoki qisqa tutashish davri boshlanganidan keyingi zarbaviy tokning harakat qiymati $I_{\text{a.p}}$ bilan belgilanadi.

Har bir uzgich uchun eng muhim tavsiflardan biri uzgichning uzilish vaqti hisoblanadi. Bu vaqtga uzish uchun berilgan buyruqdan, to yoyning uzil-kesil so'nishigacha ketgan vaqt kiradi. Uzgichni uzish vaqti o'chirish vaqtini belgilaydi. QT qanchalik tez bartaraf qilinsa, energetik tizimning ishlash puxtaligi shunchalik yuqori bo'ladi. Uzish vaqti tez harakatlanuvchi uzgichlar uchun 0,08 s dan oshmasligi zarur, u tezlashib harakatlanuvchilar uchun 0,25 s ni tashkil qiladi.

Uzgichni to'la uzish vaqti quyidagilardan tashkil topadi:

$$t_2 (t_0 = t_{0,c} + t_r).$$

Ulash vaqti — uzgich ulanishiga berilgan buyruq boshlanishidan ulanish tugashigacha o'tgan vaqt (yuritmani himoyaga o'tkazish; harakat oxiri — havo uzgichining ajralishi).

Tiklanuvchi kuchlanish qutb kontaktlarida paydo bo'ladigan kuchlanish (uch qutbli uzgichlarda — birinchi uziluvchi qutbda paydo bo'ladigan kuchlanish). Qaytuvchi kuchlanish — sanoat chastotali kuchlanish bo'lib, yoy so'ngandan so'ng qutb kontaktlari orasida paydo bo'ladi. Tiklanuvchi kuchlanishning tiklanish tezligi deb, qaytuvchi kuchlanish amplitudasining tiklanish vaqtdan boshlab, to tiklanish kuchlanishi o'rnatilguncha ketgan vaqtga aytiladi.

GOST 687—78 bo'yicha ARU uchun mo'ljallangan uzgichlar toki 0,6—1,0 $I_{0, \text{nom}}$ vaqtida yoy so'ndirgich qurilmani ko'rmasdan turib, kamida besh operatsiya o'tkazishlari ko'zda tutilgan.

ARU uchun mo'ljallangan uzgichlar aytib o'tilgan sharoitda 6—10 operatsiyani o'tkazishlari ko'zda tutilgan. Bu tok $I_{0, \text{nom}}$ qiymatiga bog'liq.

Uzgichlarga talablar. Uzgichlar ta'minot tizimining eng murakkab va mas'ul apparati hisoblanadi. U ma'lum sabablar bilan ishlamay qolsa, avariya sodir bo'lib, og'ir oqibatlariga, moddiy yo'qotishlarga sababchi bo'ladi va korxonaning to'xtab qolishiga olib keladi. Shu tufayli GOST 687—78 da kuchlanishi 1000 V dan yuqori «o'zgaruvchan tok uzgichlari umumiy texnik sharoitlari» va GOST 18397—73 da «kuchlanish 6—220 kV bo'lgan o'zgaruvchan tok uzgichlari yuklanmagan havo liniyalarini uzish» shartlari ishlab chiqilgan va GOST 12.2.007.3—75 da esa, uzgichlar konstruksiyalari uchun xavfsizlik talablari bayon qilingan.

Yuqori kuchlanishli uzgichlar uchun quyidagi talablar qo'yiladi: ishlash puxtaligi va atrof-muhit uchun xavfsizlik; harakat tezligi, boshqacha aytganda, uzilishning qisqa vaqtda bo'lishi; kichik o'lchamlar va vazn; tortish, kontakt nazoratining yengilligi, montaj soddaligi; foydalanishda shovqin bo'lmasligi; portlash va yong'in xavfsizligi; transportga qulayligi; nisbatan yuqori bo'lmagan narx.

Hozirda qo'llanilayotgan uzgichlar sanab o'tilgan talablarga to'la yoki to'la bo'lmagan darajada javob beradi. Biroq, uzgich konstruktorelari bu talablarni to'la qondirish uchun harakat qiladi.

Son jihatdan uzgichning puxtaligi ishlashning to'xtovsizligi yoki to'xtab qolish ehtimoli bilan belgilanadi. Puxtalik bo'yicha esa mexanik resursi, ta'mirlashgacha o'rtacha ishlash muddati va uzgichni yaroqsiz deb topilgunga qadar bo'lgan muddati — bularning hammasi uzgichlarga bo'lgan talablarni ifodalaydi.

Mexanik resurs «ulanish — ixtiyoriy to'xtash — uzilish» siklining soni bilan tavsiflanadi. Bu siklni uzgichlar hech qanday shikastsiz o'tkazishlari kerak. Nominal kuchlanishlari 6—35 kV bo'lgan uzgichlar ulardan tokning nominal qiymati o'tib turganda uzilish soni 80; 50; 31,5; 25 va 12,5 kA tokda — 2000 siklni tashkil qilishi lozim.

Birinchi o'rtacha ta'mirgacha bo'lgan vaqtga qadar uzgich resursi yoki kommutatsiyaning yoyilishga bardoshlilikining me'yorlangan operatsiya soni elektromagnitli uzgichlar uchun 8 yil, vakuumli uzgichlar uchun esa 10 yil qabul qilingan. Uzgichning butunlay ishdan chiqish muddati 25 yilga teng. Uzgichlarning nuqsonsiz ishlash muddati uning texnik shartlarida ko'rsatilgan bo'ladi.

Hozirgi zamon uzgichlari taftishsiz va ta'mirsiz tok $I_{o.nom}$ bilan 10 ta QT gacha ishlay oladi.

Uzgichlarning kamchiligi sifatida magnit purkagichli yoy so'ndirgich kameraning murakkab tuzilishga egaligi, kuchlanish yuqori qiymatining chegaralanganligi (15—20 kV gacha), tashqi o'rnatuv cheklanganligi va boshqalarni aytib o'tish mumkin.

Uzgichlar tasnifi. Uzgichlar tasnifi quyidagi belgilar orqali o'tkaziladi: *o'rnatiladigan joyga qarab* (3, 4-toifalar — binolar ichida); ochiq havoda ishlatilganda (1-toifa — tashqi o'rnatuv); KRU metall o'ramida imorat ichida (o'rnatish toifasi 3 va 4); ochiq havoda (2-toifa — palatka, ayvon, kuzov, pritsep va boshqalar).

Yoy so'ndirgich muhitiga qarab: moyli, havo, elegazli, avtogazli, elektromagnitli va vakuumli.

Qutblar orasidagi aloqa konstruksiyasiga qarab; bir qutbli va uch qutbli (umumiy g'ilofda uch qutbli yoki uchta alohida g'ilofda).

Konstruktiv tuzilish bo'yicha yuritmasiga qarab; alohida yuritmalı (uzgich mexanik qismi bilan uzviy bog'langan) va o'rnatilgan yuritma bilan (bunda yuritma uzgichning ajralmas qismi qilib yasalgan).

Konstruksiyasi bo'yicha har bir tipdagi uzgich *bajaradigan ishi bo'yicha:* generatorli, tarmoqli va nimstansiyali. Generatorli uzgichlar katta qiymatdagi nominal toklar va kichik kuchlanishlarda katta tok uzilishi bilan tavsiflanadi. Tarmoqlari — kichik qiymatli nominal tok va nisbatan yuqori kuchlanishlar bilan, nimstansiyalar — eng yuqori kuchlanishlari, uzgich uzish qobiliyatining tezligi va ARU borligi. Fazalar soni, yuritma turi, rezistor, kondensator bor-yo'qligi va boshqalar.

5.2. ELEKTROMAGNITLI UZGICHLAR

Agar kontaktlar orasidagi yoy so'nishi qo'zg'almas havo muhiti-da maxsus kamerada olib borilsa, bunday uzgichlar elektromagnitli uzgichlar deb yuritiladi.

1. Elektromagnitli uzgichning foydalanish va texnik tavsiflari. O'zgaruvchan tok uzgichlari orasida elektromagnitli uzgichlar alohida o'rin egallaydi. Ularning qo'llanish sohalari 6—15 kV va nominal tok 3600 A gacha va uzish toki 4 kA gacha chegaralangan. Elektromagnitli uzgichlar, asosan, yopiq binolarda qo'llaniladi. Ularni statsionar taqsimlovchi qurilmalari (KSO) da hamda, komplekt taqsimlovchi qurilmalar (KRU) da qo'llaniladi. Uning tarkibida yog', siqilgan havo, elegazlar bo'lmagani sababli uzgichlar tez uzilib-ulanuvchi zanjirlarda keng qo'llaniladi. Mexanik yoyilishga bardoshliligini (yuklamasiz ulab-uzish) elektromagnitli yuritmaga ega uzgichlarda 75000 operatsiyani, prujinalilarida esa 2000 operatsiyani tashkil qiladi. Uzgichlar yong'in va portlashdan xavfsiz, kommutatsiyali apparatlarda o'ta kuchlanish hosil qilish bo'yicha kichik ko'rsatkichlarga ega va kontaktlar ishqalanib yoyilishi hamda kuyishi bo'yicha ham kam ko'rsatkichlarga ega, kontakt tizimlari ko'rish va nazorat uchun qulay joylashgan. Yuqori toklar zonasidagi tez uzilish qobiliyati uning termik elektr-dinamik salbiy ta'sirlarini keskin kamaytiradi.

Elektromagnitli uzgichlar taqsimlovchi qurilmalarga xizmat ko'rsatishni yaxshilaydi: ozodalik, moy yo'qligi xizmat qiluvchilar

ongida tartib-intizom ruhini tarbiyalaydi. Elektromagnitli uzgichlar tizim elektr ta'minotini yuqori puxtalik bilan amalga oshiradi va foydalanishga bo'lgan mehnat ehtiyojini kamaytiradi.

Bu afzalliklar KRU qo'llanish sohaslarini kengaytirib, uni turli nimstansiyalarda, elektr pechkalarda, to'g'rilagich nimstansiyalarida, blokli issiqlik va atom elektrostansiyalarida (300 dan to 1200 mVT li), suzuvchi elektr stansiyalarda, metallurgiya kombinatlarida va boshqalarda qo'llashga imkon beradi.

Iqlimga mo'ljallangan uzgichlar «U» harfi bilan ifodalanadi, joylanish toifasi 3 (GOST 15150—69), dengiz sathidan 100 metr balandlikda, atrof-muhit harorati minus 25° dan plus 40°C gacha, nisbiy namlik 80% va yuqori bo'lganda ishlatilishi mumkin bo'ladi.

UZGICHNING SHARTLI BELGILANISHI BO'YICHA MISOL

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|---|----|---|----|------|---|---|
| | V | ES | 6 | 40 | 3150 | U | 3 |
| Uzgich | | | | | | | |
| Elektromagnitli zilzila bardoshli | | | | | | | |
| Nominal kuchlanish, kV | | | | | | | |
| Nominal uziluvchan tok, kA | | | | | | | |
| Nominal tok, A | | | | | | | |
| Iqlimiy tuzilishi | | | | | | | |
| Joylanish toifasi GOST 15543—74 va GOST 1515—69 bo'yicha | | | | | | | |

Agar uzgich KRU ga o'rnatilsa, uning ishi davomida yacheyka ichidagi havo harorati muhit haroratidan 10°C ortishi mumkin. Muhit portlash bo'yicha bexavotir bo'lib, har qanday agressiv modda va bug'lardan holi bo'lmog'i darkor.

VE—10 tipidagi prujina yuritmalı uzgich 1250 A dan 3600 A gacha bo'lgan nominal toklar uchun bir xil konstruksiyaga ega bo'lib, uning har xil haroratlardagi ishchi toklari quyida keltirilgan:

| Harorat | L 40 | 50 | 55 | 60 |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Ishchi toki | 1250; 1600; 2500; 3600 | 1250; 1600; 2300; 3300 | 1000; 1600; 2000; 3200 | 1000; 1250; 2000; 3000 |

Uzgich uchun eng pastki chegaraviy qiymat:

— minus 25°C. Uzgichlar 0 va B operatsiyalarida BO siklida ishlashga mo'ljallangan;

0 — 050 — BO — 15 s. — BO — 0,5 s — BO;

0 — 0,50 — BO — 180 s — BO;

0 — 0,50 — BO — 20 s — BO.

Uzgichlarni boshqarish dastagi yoki masofadan turib motorning chiqariluvchi prujinali yuritma (PPV) dan vositali ravishda olib boriladi. Ulash operatsiyasi prujinalarda avvaldan yig'ilgan energiya hisobiga bo'ladi, uzish esa uzuvchi prujinalarda yig'ilgan energiya tufayli sodir bo'ladi.

Qiymatlari 1250, 1600, 2500, 3600 amperli nominal toklar va o'chiruvchi toklar 21 va 31,5 kA uzgichlarning 8 ta tip — tuzilishlari mavjud. Termik va elektr-dinamik bardoshlilik hamda tip o'lchovlarini unifikatsiya qilish uchun 1250 A li uzgich KRU shkafi toki 630 A va 1000 A bo'lganda qo'llanishni ta'minlay oladi.

2. *Elektromagnitli uzgich* yordamida o'zgaruvchan tok zanjirlarini uzish.

Ishchi va QT toklarini uzish, uzgich kontaktlarida elektr yoyi paydo bo'lishga olib keladi. Uzgichning turi va konstruksiyasi yoyni so'ndirish uchun tanlangan usul bilan aniqlanadi.

Elektromagnitli kontaktlar uchun tavsiflar quyidagicha: tok va kuchlanish oralaridagi vektorlar siljishi bo'lgandagi ishchi tok kommutatsiyasi; QT toki uzilayotgan davrda tok va kuchlanish vektorlari siljishi katta bo'lgandagi kommutatsiya; induktiv toklarni (yuklanmagan transformatorni) uzish. Bu rejimlar to'g'risida ilgari (1-bob, 1.2.4) to'laroq tahlil qilgan bo'lsak-da, endi ularning fizik jarayonlari to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

Tok uzilishi tok bilan kuchlanish orasidagi kichik burchak ($\varphi_n \approx 20-30$ el.grad) da bo'ladi. Ba'zi bir ideallashtirilgan zanjirlarni taxminan aktiv qarshilikli deb atab, uni $\varphi_n \approx 0$ deyishimiz mumkin.

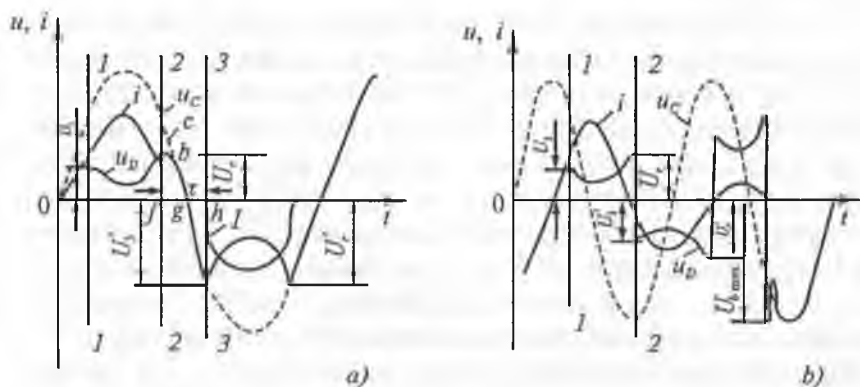
Ko'pincha QT joyigacha generatorlar, uzatish liniyalari, transformatorlar, reaktorlar bo'lganligi tufayli zanjir, asosan, induktivlik va qisman aktiv qarshilikdan tashkil topadi. Bunda siljish burchagi katta qiymat ($f_k \approx 65-80$ el. grad.) ga teng. Burchakning chegaraviy qiymati zanjirda induktivlik bo'lganda ro'y berib, $f_k \approx 90$ el. grad. bo'ladi.

Ilgari aytib o'tilgandek, tez uziluvchi kontaktlar katta toklar ta'sirida tez yemiriladi. Elektron tok himoyasi rele himoyasi o'rniga qo'llangandan so'ng, uzish vaqti juda qisqargan bo'lsa ham, uzish toklari oshib ketadi. Shuning uchun uzgich tanlanayotganda yuritma harakat vaqtini va tokli himoyani hisobga olib, uzish quvvati zaxirasini ham esdan chiqarmaslik zarur. Shuni ham hisobga olish zarurki,

uzgich zanjirga QT vaqtida qo‘shimcha yuklama ulashi ham mumkin. Yuritma ulangan holda tura olmay orqaga qaytishi va elektromagnit kam kuch hosil qilishi (bunga, asosan, uzgichning yomon sozlanganligi yoki tarmoq kuchlanishi qiymati pasayib ketganligi sabab bo‘ladi) oqibatida, kontakt ulangan zamon yana qayta uzilishi mumkin. Bu eng xatarli hollardan biri hisoblanadi va u istalgan uzgichda ro‘y berishi mumkin.

Kichik qiymatli induktiv toklarni uzish xususiyati shundan iboratki, uzgich tokni u hali tabiiy nol qiymatiga yetmaganidanoq uzadi. Bunda induktiv elementlarda zaxiralangan elektromagnit energiya «ozod» bo‘ladi va zanjir elementlarida elektr jihozlari va apparatlari izolatsiyasi uchun xavfli bo‘lgan o‘ta kuchlanishlarni sodir qiladi.

5.3-*a* rasmda aktiv yuklamani elektromagnitli uzgich bilan uzilgandagi ossillogramma keltirilgan. *I* — *I* paytda yarim davrda uzgich kontaktlari uzilib, kuchlanish yonish kuchlanishi U_r dan katta bo‘ladi; shunga ko‘ra elektr maydonining kuchlanganligi yoy razryadi hosil qilishga yetarli bo‘ladi. Tok *i* o‘sishi bilan yoy kuchlanishi U_c pasaya boradi, chunki yoyning volt-ampere tavsifi pasaya boshlaydi. Tok o‘sishi kontaktlar orasidagi pozitsiyaning kuchayishiga olib kelib, yoy ustuni o‘tkazuvchanligini oshiradi. Agar yoy zonasidan yaxshigina issiqlik o‘tkazish ta‘minlansa, ma‘lum bir kuchlanish U_r da yoy so‘nadi, binobarin yoy tok noldan o‘tishidan oldinroq so‘nadi. Shunday qilib, *f* nuqtadan boshlab toksiz pauza *t* boshlanadi va u keyingi yarim davrda yoy yana paydo bo‘lishigacha davom etadi (*h*



5.3-rasm. Elektromagnitli uzgich yordamida aktiv (a) va induktiv (b) yuklamalar uzilgandagi tok va kuchlanishlar o‘zgarishi:
 1 — 1 — kontaktlar uzilganda; 2 — 2 — tok uzilganda;
 3 — 3 — yoy qayta yonganda.

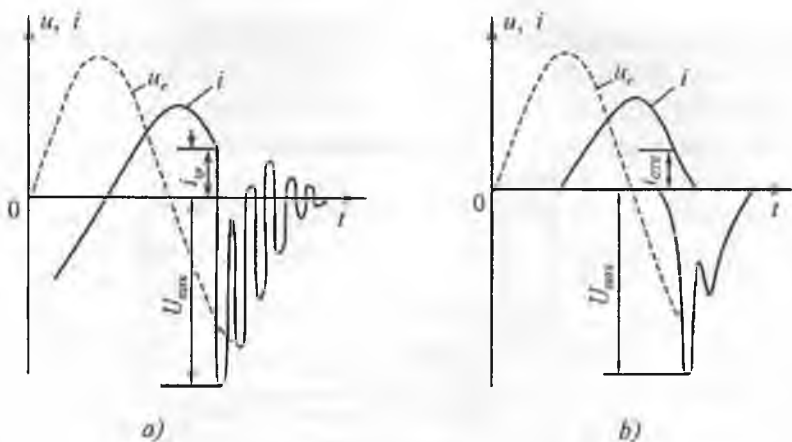
nuqtasigacha). Toksiz pauza davrida yoy hosil bo'lishiga sharoit yomontashadi. Shuning uchun yonish kuchlanishi U_c ikkinchi yarim davrda birinchisiga qaraganda kattaroq. Nihoyat yoy so'nadi.

Shuni ta'kidlash zarurki, yallig' sovitilishi, demak, ionlanish yetarli bo'lmasa, unda issiqlik inflatsiyasi tufayli yoy ustuni yuqori o'tkazuvchanlik qobiliyatini tokning nol qiymatida ham saqlab qoladi. Shunga ko'ra keyingi yarim davrda yoqish kuchlanishi sezilmas darajada o'sadi va yoyning to'la o'chishi cho'ziladi.

Aytib o'tilgandek, yoyning aktiv yuklamada o'chishi toksiz zonani hosil qiladi. Kuchlanish U_c sinusoidal qonun bilan o'zgarib, U_r qiymatiga tenglashsa, yallig' tok bilan kam ta'minlanadi. Bunday sharoitda yoy kuchlanishi U_d $b-c$ grafigi bo'yicha o'zgarishi kerak bo'lar edi. Aslida bunday bo'lmaydi, chunki U_c kamaya borib, nolga intiladi. Shuning uchun tok $e-f$ grafigi bo'yicha keskin tushib ketadi va amalda tabiiy nol g nuqtasiga yetmasidan avvalroq nolga tenglashadi. Bu esa kontaktlararo qarshilikning o'sishiga sababchi bo'ladi.

Kichik qiymatli tok kichik issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi va termoelektron emissiya keskin tushadi. Kontaktlararo kuchlanish maydon kuchlanganligini vujudga keltira olmaydi, oqibatda zarbaviy ionlash ro'y bermaydi. Shuning uchun bu vaqt oralig'ida deionizatsiya jarayoni kuchayadi va kontaktlar oralig'idagi yallig' ajralib ketadi. Yoyni qayta tiklash uchun uzgichning induktiv yuklamali zanjirni uzishdagi ossillogrammasi keltirilgan. Bu amalda keng tarqalgan.

1—1 onida kontakt oralig'idagi kuchlanish U_3 dan katta yoy bo'ladi. Kuchlanish U_A kattalashgani sari i kamayadi. Yoy so'nishdan so'ng tok noldan o'tganda (U_r kuchlanishida) yoyning qayta yonishi kuzatiladi, chunki 2—2 paytda kontaktlar orasidagi kuchlanish katta bo'lib, o'zining maksimal qiymatiga yaqinlashadi. Shunday qilib, bu yerda toksiz pauza yo'q. Agar yallig' yaxshilab sovitilsa, yoy ustuni o'tkazuvchanligi yuqori darajada bo'lib, yoyni uzoq vaqt yonishiga sharoit yaraladi. Kontaktlar orasidagi dielektrik puxtalik o'sa borishida uning qiymati ma'lum bir vaqtda kontaktlararo tiklanish kuchlanishini shunchalik o'stiradiki, natijada yoy so'nadi. Tiklanuvchi kuchlanishning maksimal qiymati $U_{B, \max}$ (5.3-b rasm) U_c amplituda qiymatiga yaqinlashadi. Agar kuchlanish tiklanishning tezligi kattalashsa, deionizatsiya vaqti kamayadi va kontaktlararo zona elektrik puxtaligi ortadi. Bu hol ham yoyning qayta tiklanishiga olib keladi.



5.4-rasm. Moyli uzgich (a) va elektromagnitli uzgich (b) yordamida kichik qiymatli induktiv yuklama uzilganda tok va kuchlanishlarning o'zgarishi: i_x — qirqilish toki; U_{max} — o'ta kuchlanish amplitudasi.

5.4-a, b rasmlarda uzgich yordamida kichik induktiv toklarni ajratish ossillogrammalari keltirilgan.

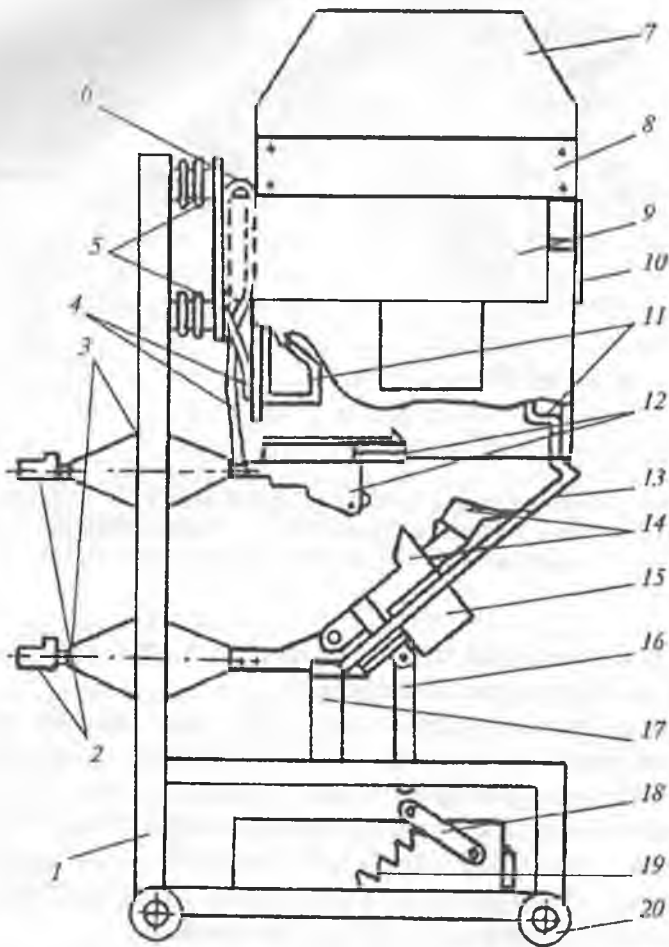
Tokning keskin qirqilishi va transformator xususiy sig'iminin juda kichikligi, tabiiy razryad konturlarining yo'qligi kuchli o'ta kuchlanishlarga sababchi bo'ladi. Ayniqsa, ular yuklanmagan transformatorlarni o'chirganda ko'proq bo'ladi (5.4-a rasm).

Elektromagnitli uzgichlarda kichik qiymatli induktiv tok unchalik o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, 5.4-b rasmdan o'ta kuchlanish kichik amplitudaviy qiymatga ega bo'lishi ko'rinadi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, elektromagnitli uzgichlar bilan transformator uzilganda, o'ta kuchlanish moyli uzgichlarga nisbatan 1,5 barobar kam bo'lar ekan.

3. *Tor teshikli yoy so'ndirgichlari bo'lgan elektromagnitli uzgichlar konstruksiyalari.* Kichik teshikli yoy so'ndirish kamerasiga ega bo'lgan elektromagnitli uzgichlarda yoy so'nishi yoyni cho'zib, teshikdan o'tkazib sovitishga asoslangan.

Tor teshikli yoy so'ndirgich kameralar (magnitli purkagichli) bir qancha ko'rinishga ega: ulardan biri labirint — teshikli bo'lib, unda cho'zilgan yoy har xil ko'rinishdagi izolatsiyalangan plastinalar bilan to'qnashib sovitilganda so'nadi; metall (deion) turli qurilma, bunda to'rga urilgan yoy bir qancha bo'laklarga parchalanib so'nadi; yoyni katta tezlik bilan gazdan o'tkazib, ko'ndalang konsentiv sovitish yo'li bilan so'ndirish.



5.5-rasm. Elektromagnitli uzgichning konstruktiv sxemasi:

1 — aravacha; 2 — rezinali kontaktlar; 3 — o'tuvchi izolatorlar; 4 — boshmoqlar; 5 — tayanch izolatorlari; 6 — elektromagnitli puflagich g'altagi; 7 — yoy so'ndirgich kamera; 8 — qoplagich; 9 — qutbiy qalpoq; 10 — izolatsion taxtacha; 11 — yoy so'ndirgich shoxchalar; 12 — qo'zg'almas kontaktlar; 13 — mis shina; 14 — qo'zg'aluvchi kontaktlar; 15 — shamollatgich silindri; 16 — izolatsion tortgich; 17 — izolatsion ushlagich; 18 — richag; 19 — prujina; 20 — g'ildirak.

Bularning ba'zilari bilan tanishib o'tamiz.

VEM turidagi elektromagnitli uzgich. Uning tuzilishi va ishlashi (5.5-rasm). Uzgichning asosini butun payvandlangan rama tashkil qilib, unga uchta qutb va yoy so'ndirgich kamera o'rnatiladi.

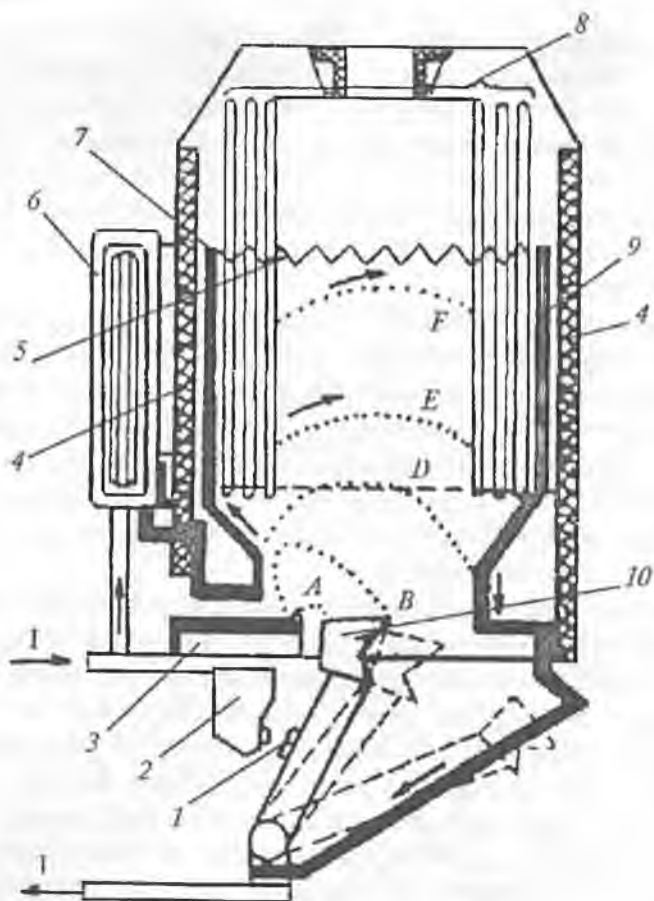
Ramaning yuqori qismiga izolatorli tayanchlarda elektromagnit purkagich tizimi qutb uchlari elektromagnitli purkagich g'altagi joylashadi. Qo'zg'almas holatlarda tok o'tkazgichlari o'tuvchi teshik izolator orqali ulanadi. Qo'zg'almas kontakt ko'ndalang lamellaridan yig'ilgan ishchi kontaktlar va yoy so'ndirgichning barmoqli lamellaridan tashkil topgan bo'lib, o'zining asosida yuqori o'tkazgich izolatorlar bilan, shuningdek, elektromagnitli puflagich g'altagi bilan ham bog'langan.

Qo'zg'aluvchi kontaktlar pichoqlari (birlashgan shinalar) izolatsion turgichga o'rnatilgan va pastki o'tkazgich izolatorga sharnir orqali o'rnatilgan oyoqchalarda ishchi plani va yoy so'ndirgich kontakt asoslari joylashgan, shuningdek, shu yerga havo puflagich silindri ham o'rnashgan. O'tkazuvchi izolatorlar tok o'tkazgichlari tashqi tomondan «lola» yoki oddiy panja kontaktli rozetka kontaktlar bilan yakunlanadi. Kontaktlar tepasida yoy so'ndirgich kamera joylashadi.

Kameralar magnit o'tkazgichlar qutblariga kiygiziladi va yon tomondan ularga izolatsiyalovchi plankalar yordamida mahkamlanadi. Ichki tarafdin kamera devorlariga sopol qayiqchali yoy so'ndirgich shoxchalar joylashadi. Shoxchalar orasida — kamera ichkarisida izolatsiyalovchi materialdan yasalgan yoy so'ndirgich sopol to'rlar o'rnatiladi. Yoy so'ndirgich shox qo'zg'almas kontakt tepasiga joylashgan va magnit puflagich g'altagi orqali kontakt asosiga ulangan (4 — klemma), qo'zg'aluvchi kontakt shoxi mis shina orqali kontakt klemmalariga tutashtiriladi. Qo'zg'aluvchi «aravacha» pastida elektromagnitli yuritma joylashgan bo'lib, uning richag vali izolatsiyalovchi material orqali qo'zg'aluvchi kontakt bilan birlashadi. Operativ ulanish bitta energiya tashuvchi bilan bajariladi (yuritma silindrik prujinasi ulanadi va elektromagnitli ulagichni ishga tushiradi).

Operativ QT hamda avtomatik va o'tayuklama davrida uzish uzgichga o'rnatilgan silindrik prujinalar yordamida uzish elektromagnitli yoki mustaqil manbadan ta'minlanuvchi masofadan ulanuvchi elektromagnitga ta'sir etish yo'li bilan bajariladi. Uzgichning dastagi kooperativ ulash yoki uzish, richagni pastga qo'l bilan oxirigacha o'tkazish o'qi alohida o'chirgich richag orqali bajariladi.

VEM yoy so'ndirgichi tamoyili. Elektromagnitli uzgichlar yoy so'ndirgichi ishlashi yoyni yoy so'ndirgich kamerada uni ko'ndalang



5.6-rasm. Yoy so'ndirgich kameraning sxemasi:

1 — qo'zg'aluvchi kontakt; 2 — qo'zg'almas kontakt; 3, 10 — yoy so'ndirgich kontaktlar; 4 — kamera; 5 — П-simon magnet o'tkazgich; 6 — yoy so'ndirgich g'altak; 7, 9 — yoy so'ndirgich shoxchalar.

magnet maydonida cho'zish orqali amalga oshiriladi. Yoy so'ndirgich kontaktlar orasida hosil bo'lgan yoy tok konturning elektrodinamik kuchlari va issiqlik konveksiya oqimlari tufayli yuqoriga ko'tariladi va yoy so'ndirgich kameraga o'z qarshiligini oshirgan holda kirib boradi.

5.6-rasmda VEM ning kontakt va yoy so'ndirgich kamerasi ko'rsatilgan. Kontakt tizimi qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi yoy so'ndirgich kontaktlaridan iborat bo'lib, yoy so'ndirgich ulamalariga

ega. Yoy so'ndirgich tizim izolatsiyalovchi kamera va kamerani o'ragan Π -simon magnit o'tkazgich va uning o'rtasiga joylashgan g'altakdan iborat. Kamera ichida yoy so'ndirgich sopol plastinkalar bir-biridan uzoq bo'lmagan masofalarda joylashtirilgan.

Yoy so'ndirgich kontaktlar ajratilganda, ular orasida yoy hosil bo'ladi (A holat). Issiqlik oqimi va elektromagnit kuchlar ta'sirida yoy qo'zg'almas kontakt tepasida shoxchaga uriladi. Biroq, yoy hozircha qo'zg'almas kontaktdan uzilmaydi va tok qo'zg'almas kontaktdan bevosita qo'zg'aluvchi kontaktda oqaveradi.

Bunda tok g'altak elektromagnitli puflagichi zonasi chetroqdan o'tadi. Bu vaqtda g'altak qo'zg'almas kontakt va shox orasidagi yoy bilan shuntlangan bo'ladi (B holat). Yoy qo'zg'almas kontaktdan ko'chgach (B holat), hamma tok g'altak orqali o'ta olmaydi, natijada kuchli magnit maydoni hosil bo'ladi. Yoyning maydon bilan o'zaro ta'sirlari natijasida kamerada yoyning yuqoriga siljishi kuzatiladi (E va D holat), ko'tarilish tezligi 100 m/s gacha yetadi va u quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$U_D = 370\sqrt{\delta}i_d B, \quad (5.4)$$

bu yerda: δ — teshik eni; i_d — yoy toki; B — ko'ndalang magnit maydon induksiyasi.

Uzginchning har bir qutbi magnit puflagich tizimi, po'lat ochiq magnit o'tkazgich qutblari va g'altakdan tashkil topgan. Magnit maydoni elektromagnit bilan yaratiladi. G'altak tok o'tish konturi bilan ketma-ket ulanadi (5.6-rasm) va quyidagi zanjirni hosil qiladi: qo'zg'almas kontakt asosi g'altak — qo'zg'almas kontakt shoxi — yoy qo'zg'aluvchi kontakt shoxi — pastki ulagichli ulovchi shina. Magnit maydonning kuchlanganligi tokka mutanosib ravishda ortib boradi. Kuchlanish katta bo'lsa, magnit maydoni kuchi ham shuncha kattalashadi, u yoyni so'ra boshlaydi.

Yoyning yuqoriga qarab harakati natijasida yoy plastinka va ular orasida hosil bo'lgan zigzagsimon teshiklari tomon tortila boshlaydi. Teshik orasida yoy egiladi va u kamera bo'ylab cho'ziladi, Zigzag-simon sopol turlar orasida yoy plastinkalar bilan to'qnashishi natijasida o'zining issiqlik energiyasining ko'p qismini plastinkalarga beradi. Nol qiymatdan o'tish oldida yoy muhitining sovishi, uning ustuni deionlashuvi kuzatiladi va yoy so'nadi. Yoyning har bir metriga 190/1/5

kuchlanish to'g'ri keladi. Yoy uzunligi l shunday qilib tanlanadiki, tokning nol qiymatdan o'tayotganida yoydagi kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

$$190/\sqrt{\sigma} > U_q, \quad (5.5)$$

bu yerda: U — qaytuvchi kuchlanishning oniy qiymati.

Yoy so'ndirgich kameralari yoy trayektoriyasiga har xil uzunliklar berishi mumkin, ularning uzunligi 1,5—1,8 metrga yetadi va u yoy qarshiligining o'sishiga olib keladi.

Yoy qarshiligining o'sishi uziladigan zanjir uchun cheklovchi vazifasini bajaradi.

Mavjud tor teshikli kamerali elektromagnit uzgichlar magnit tizimlarining har xilligi va teshik shakllari bilan farqlanadi. Kameralar tekis va egri-bugri teshikli bo'lishi mumkin. Konstruktiv jihatdan tekis teshikli kameralar sodda, lekin, yoy so'ndirish samarasi kichik. Ular 6—10 kV kuchlanishlarda qo'llaniladi.

Tor teshikli egri-bugri kameralar samarali yoy so'ndirgich qobiliyatiga ega bo'lib (yoy tez va kuchli sovitiladi), to 25 kV kuchlanishgacha qo'llanadi.

Yoy o'chirgich kamera. Kameraning asosi to'g'ri burchakli sandiqcha shaklida bo'lib (5.6-rasm), tekstolit, getinaks yoki oynatekstolit plitadan yig'ilgan.

Yoy so'ndirgich to'r shaklida bo'ladi. Yoy so'ndirgich to'r panjara o'ng va chap o'yilmalarga ega plastinalardan tashkil topgan. Plastinalar orasi asbestli shnurlar bilan berkitiladi. O'ymalar yuqoriga qarab torayganligi uchun plastinalar bir-biriga nisbatan siljiydi.

Rasmdan ko'rinadiki, qiyshiq chiziqli plastinkalar yuqoriga ko'tarilgani sari ko'payadi, shuning uchun yoyning tayanch nuqtalari orasi kengaya boradi.

Agar yoy qarshiligi harorat oshishi bilan keskin tushib ketsa, tiklanuvchi kuchlanish ta'sirida kontaktlararo teshilish bo'lishi va yoy so'nishi mumkin. Plastinalar bilan yoy to'qnashishi natijasida gaz ajralishi qancha kam bo'lsa, kamerada bosim shunchalik kam bo'ladi, natijada siljish oshib, yoy so'nadi.

Yoy o'chirgich shoxlar (5.6-rasm) kameraning pastki qismiga joylashgan bo'lib, ventilatsiya uchun o'yilgan teshikli mis shinalaridan tashkil topgan. Qo'zg'almas yoy so'ndirgich kontaktlar tepasidagi

shox joylashishi katta ahamiyat kasb etadi. Shox va qo'zg'almas kontakt oralig'i quyidagilarni belgilaydi: tokning qo'zg'almas kontaktdan shoxga uzatish vaqtini, qo'zg'almas kontakt va shox oralig'ida yoy yonish vaqtini, boshqacha aytganda, kontaktlar ajralish vaqtdan to elektromagnitli puflagich ishga tushadigan vaqtigacha bo'lgan davrni.

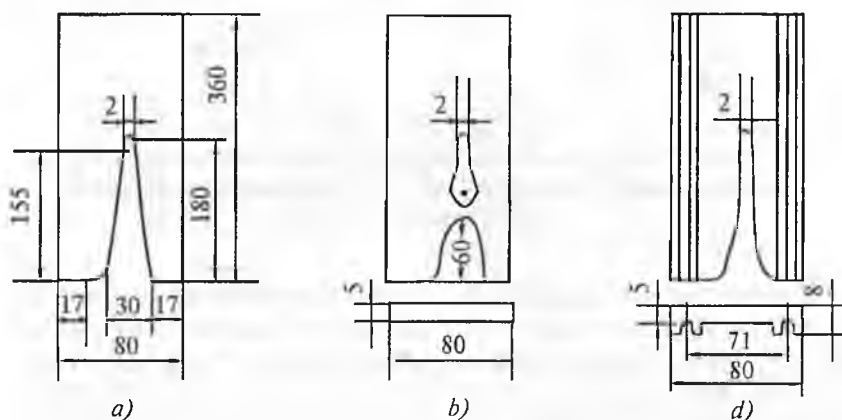
QT toki o'chirilgandan so'ng tok magnet puflagich g'altagiga o'tib, 35—40 el. gradus ichida tokning noldan o'tishidan oldin tugasa, kamera ishi shu vaqtda yaxshi kechadi. Bunda yoyning yonishi 0,02 s dan oshmaydi.

Yoy asosan, tok ikkinchi nol qiymatdan o'tganida so'nadi (5.9-b rasm). Tajriba yo'li bilan shu narsa aniqlanganki, kichik qiymatdagi toklarda yoyning so'nishi tokning ikkilamchi va hatto uchinchi marotaba nol qiymatidan o'tganida sodir bo'lar ekan.

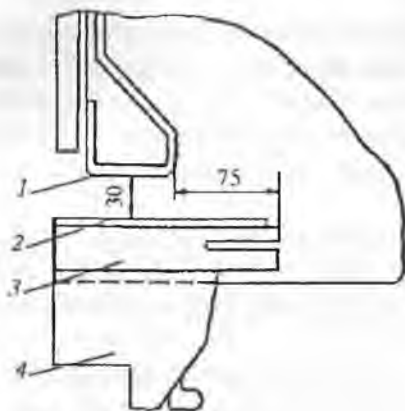
Yig'ilgan kameralar izolatsiyalangan qopqoq bilan berkitiladi. Qopqoqning ustki qismi metall bilan qoplanadi.

Elektromagnitli puflagich elektromagnitli uzgichlarda yoy zonasini qoplab oluvchi magnet o'tkazgich va unga o'rnatilgan g'altak-o'ram bilan hosil qilinadi. Ilgari aytilganidek, g'altak tok zanjiriga uzgich kontaktlari orqali ketma-ket ulanadi; binobarin, bu ulanish yoyning qo'zg'almas kontaktdan shoxga ilashganida sodir bo'ladi.

Magnet puflagich g'altak bir uchi bilan rozetkaga, ikkinchi uchi bilan qo'zg'almas kontaktga ulangan.

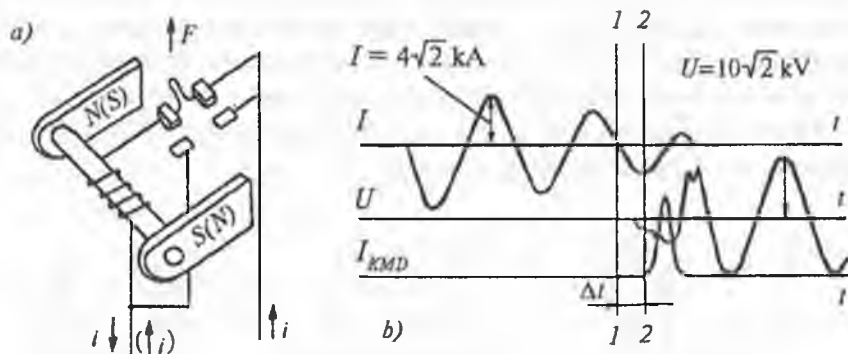


5.7-rasm. Yoy so'ndirgich panjaraning sopol plastinalari.



5.8-rasm. Qo'zg'almas kontaktlar tepasiga yoy so'ndirgich shoxchalarning joylanishi:

1 — qo'zg'almas kontaktning yoy so'ndirgich shoxchasi; 2 — izolatsiyalovchi qatlam; 3 — yoy so'ndirgich kontakt; 4 — ishchi kontakt.

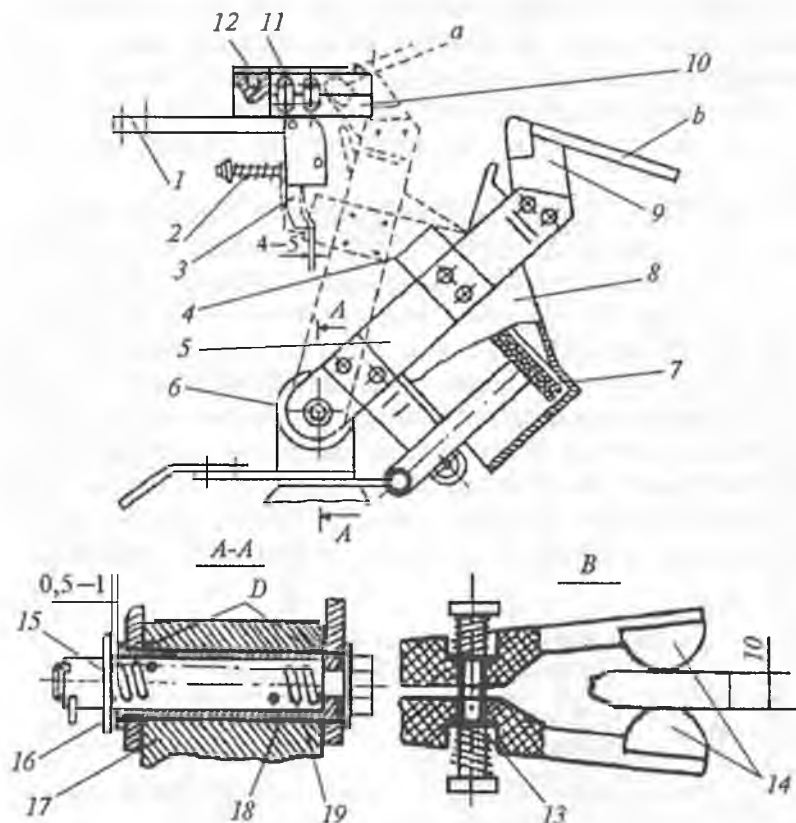


5.9-rasm. Yoyning magnet maydoni bilan o'zaro ta'siri sxemasi (a) va elektromagnitli uzgich bilan g'altak uzilganda tok va kuchlanish ossillogrammalari (b).

Elektromagnitli uzgichlarda magnet maydonning qutbi shunday bo'lishi kerakki, yoyga ta'sir etuvchi magnet kuchlari yoyni yuqoriga qarab siljitsin. Shuning uchun g'altak shunday o'ralganki, natijada yoy yuqoriga qarab siljiydi. 5.9-b rasmda 4 kA tokni uzish ossillogrammasi keltirilgan. Undan ko'rinadiki, g'altakda tok u amplitudaviy qiymatga ega bo'lganda paydo bo'ladi va yoy tok ikkinchi yarim davr nolidan o'tganda so'nadi.

Havo purkash. 1000 A gacha bo'lgan toklarni uzishda o'zaro ta'sir kuchlar yoyni kameraga haydashga yetarli bo'lmay qoladi. Yoyning yonish vaqtini kamaytirish va uni kontaktdan shoxga o'tishiga yaxshi sharoit yaratish uchun hamda kontaktlar oralig'ida ventilatsiyani yaxshilash maqsadida, elektromagnitli uzgichlar maxsus qurilma — havo purkagich bilan ta'minlanadi.

Havo purkagich porshen va trubka bilan tugallanadigan qurilmadan iborat bo'lib, qo'zg'almas kontakt orasiga joylashtiriladi (5.10-rasm). Porshen harakati qo'zg'aluvchi kontakt bilan bog'langan.



5.10-rasm. Elektromagnitli uzgichning konstruktiv sxemasi:

1 — kontakt korpusi; 2, 13 — prujina; 3 — asosiy qo'zg'almas kontakt; 4 — asosiy qo'zg'aluvchi kontakt; 5 — shina; 6 — sharnirli kontakt; 7 — porshen; 8 — havo puflagich silindri; 9 — yoy so'ndirgich qo'zg'almas kontakt; 11 — plastina; 12 — vint; 14 — yoy so'ndirgich qo'zg'aluvchi kontakt; 15 — gayka; 16 — shayba; 17 — kontakt; 18 — vtulka; 19 — prujina; a — «ulangan» holat; b — «uzilgan» holat.

Elektromagnitli uzgich uzilganda, porshen silindr ichkarisiga kiradi va yerdagi havoni haydaydi. Siqilgan havo uzuvchi kontaktlar oralig'ini shamollatadi va kontakt yurishiga yordamlashadi va yoyni sovitadi. Yoyning so'ndirish tezligi purkagich trubkasining kontaktlarga nisbatan joylashishi, uning chetlariga qay yo'sinda ishlov berilganiga bog'liq. Trubka oxiri kontaktning pastki qismidan 6 mm dan kamroq qilib joylanishi kerak.

Asosiy kontaktlar (5.10-rasm). Kommutatsiyalovchi apparat sifatida uzgich ishining puxtaligi kontakt tizimi ishlashining aniqligiga bog'liq bo'lib qoladi.

O'zidan katta toklar o'tkazishga mo'ljallangan kontakt tizimi detallari massiv-yaxlit ko'rinishda bo'lib, elektrni yaxshi o'tkazish va issiqlik uzatish qobiliyatlariga ega bo'lmog'i kerak. Kontakt ulanishlar yoy so'ndirgich va ishchi kontaktlar tizimi sifatida bajarilgan. Yoy so'ndirgich kontakt materiali sifatida sopol xizmat qiladi.

Qo'zg'aluvchi kontakt qatlamli shinalar konstruksiyasiga ega. Uning ustiga yoy so'ndirgich va ishchi kontaktlar o'rnatilgan. Yoy so'ndirgich kontakt maxsus shaklga ega mis asosdan iborat.

Qo'zg'almas kontakt mis asosdan iborat bo'lib, unga ishchi va yoy so'ndirgich kontaktlari ulangan. Sozlangan kontakt tizimlar uchala qutbdagi kontaktlarni teng ulaydi. Bunda yoy so'ndirgich kontaktlar ishchi kontaktlardan ilgariroq ulanishi va kechroq uzilishi kerak.

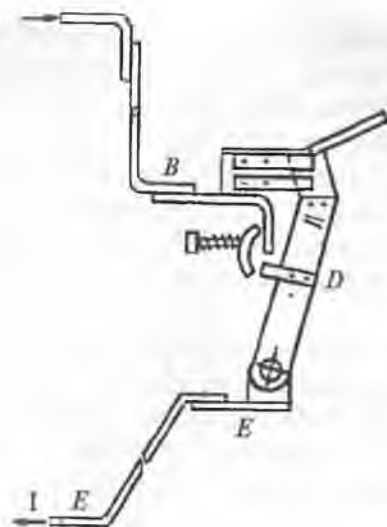
Kontakt ulanishlar holati quyidagi elementlar qarshiligini o'lchash orqali baholanadi: shinalar boshmog'i (qo'zg'almas kontakt uchi) — qo'zg'aluvchi kontakt shinalari uchi (5.11-rasm). Har xil elementlar va uchastkalar qarshiliklari me'yorlari 5.2-jadvalda keltirilgan.

5.2-jadval

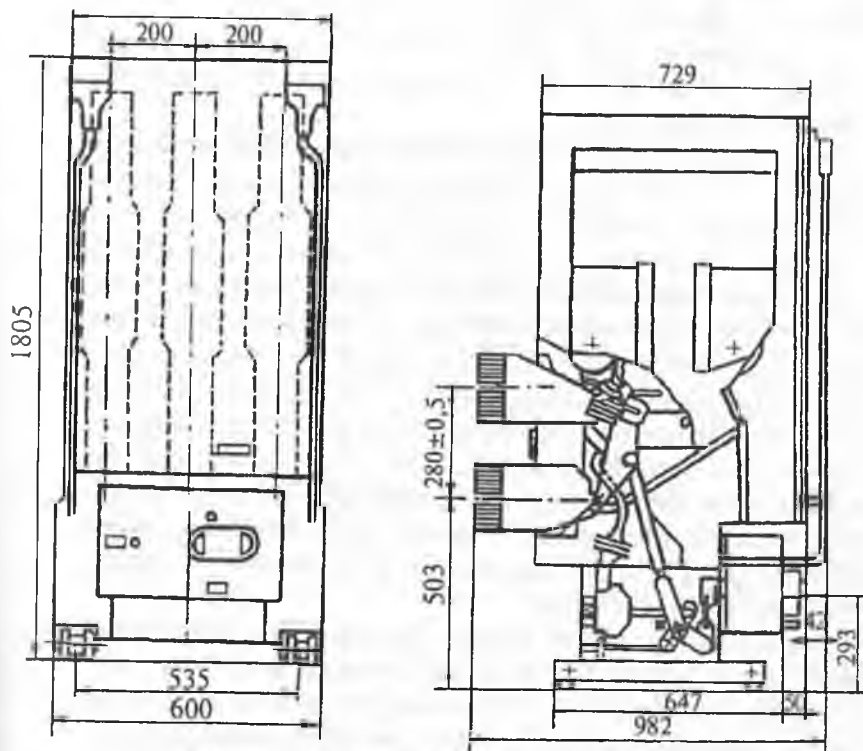
VEM KONTAKT TIZIMI BO'LAKLARIDAGI QARSHILIKLAR NORMASI

| O'lchanadigan bo'lak | Bo'lak qarshiligi, Mk Om | Izoh |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| AE | 80 | |
| ABD | 30 | Kontur — asosiy va yoy so'ndirgich kontaktlar |
| BD | 50 | Faqat yoy so'ndirgich kontaktlar |
| BD | 30 | Faqat asosiy kontaktlar |
| DE | 15 | |

VE turidagi elektromagnitli uzgichlar 5.12-rasmda keltirilgan.



5.11-rasm. Elektromagnitli uzgichning tok o'tkazish konturi sxemasi va qarshilik o'lchanayotganda bo'laklar holati.



5.12-rasm. VE turidagi elektromagnitli uzgich.

Uzgich payvandlangan asos, prujinali yuritma, uchta qutb, uchta olinuvchi yoy so'ndirgich kamera, izolatsiyalangan kojux, KRU suriladigan elementidan tashkil topgan. VE—10 ning yuritmasi VK—10 yuritmasidan farqlanmaydi. VE—10 seriyali uzgichlar nominal va nominal uzuvchi tok qiymatlariga qarab konstruktiv farqlanadi.

Uzgichlar quyidagilar orqali farqlanadi:

— yoy so'ndirgich kameralari bilan (nominal toki 20 kA li kamera kichik gabarit o'lchamlarga va vaznga qarab 31,5 kA liga qaraganda farqlanadi);

— kontaktlari bilan (nominal toki 1600 A va yuqori bo'lganda kumushlangan kontaktlar qo'llaniladi);

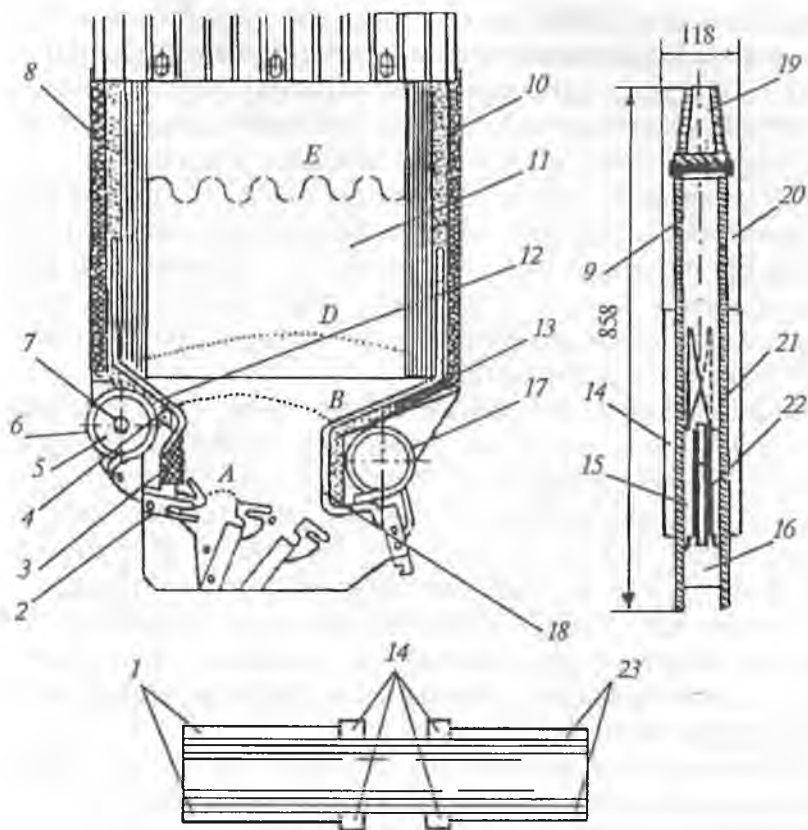
— nominal toki 3600 A bo'lganda barmoqli, qolganlarida rozetka turidagi kontaktlar ishlatiladi, binobarin, 2500 A li rozetka 15 segmentdan tuzilgan, boshqa uzgichlar rozetkasi 11 segmentdan iborat;

— o'tkich izolatorlari bilan (nominal toki 2500 A bo'lgan uzgichlarda o'tkich izolatorlar katta sahnli bo'ladilar; nominal toki 3600 A li uzgichlarda o'tish izolatori bo'lmaydi);

— yuritmalari bilan (nominal toki 20 kA bo'lgan uzgichlar ikki prujinali yuritma bilan, 31,5 kA lili esa uchta prujinali yuritma bilan ta'minlangan).

VE seriyadagi uzgichlarning ishlash tamoyili VEM turidagi uzgichlar ishidan farq qilmaydi. 5.13-rasmda elektr yoyining kamera bo'ylab qabul qiladigan holatlari tasvirlangan. Yoyning bir bo'lagi yoy so'ndirgich qo'zg'almas kontaktining metall sopol ulagichida, ikkinchi bo'lagi yoy so'ndirgich qo'zg'aluvchan kontaktining yuqori chetlaridan siljiydi. Yoy metall sopol ulagichlar kontaktlari orasida halqa hosil qiladi (*A* holat). Asta-asta cho'zilgan yoy halqa chap shoxga yaqinlashadi va unga o'tadi. Bunda metall sopol yoy so'ndirgichning qo'zg'almas kontaktlari va shox orasidagi yoy bo'lagi magnit puflagich g'altagi bilan shuntlanib qoladi. Sopol taroqqa o'z issig'ini o'tkazgan yoy tezda so'nadi va g'altak orqali to'la tok o'ta boshlaydi. Shu tok uzgichdan ham o'tadi. Yoyning ikkinchi bo'lagi yoy so'ndirgichning qo'zg'aluvchi kontaktidan o'ng tomondagi shoxga o'tadi va *B* holatni qabul qiladi.

Magnit purkagichning ikkinchi g'altagi (uning bir uchi shox bilan, ikkinchisi — uzgich boshmog'i bilan birlashgan) yoy zanjiri bilan ketma-ket ulanib qoladi. Elektromagnit qutblari yon chekkalarida magnit maydoni hosil bo'lib, kamerani uning tekisligiga tik ravishda kesib o'tadi va shu yo'nalishda yoy harakatlanadi. Shu magnit



5.13-rasm. Elektromagnitli uzgichning yoy so'ndirgich kamerasi:

1, 23 — yon tomon chekkalari; 2 — ekran; 3 — taroq; 4, 18 — shoxchalar; 5 — g'ola; 6, 17 — g'altaklar; 7 — shpilka; 8, 10 — kolodkalar; 9, 20 — plastinalar; 11 — plastinalar paketa; 12, 13 — rasporka, 15 — qalpoq; 22 — plita; 16 — eksentrik; 19 — chiqish; 21 — zichlagich; A, B, D, E — yoyning so'nish davridagi holati.

maydoni yoy toki bilan o'zaro ta'sirlashadi. Magnit maydonining yoyga bo'ladigan ta'siri shunday tanlanganki, u hamma vaqt yoyni kameraga qarab cho'zadi (bunda yoy ketma-ket B, E holatlarda bo'ladi). Kameraga ko'tarilgan yoy keramik paket plastinalari o'ymalariga kiradi va egri-bugri shakliga o'tadi va cho'ziladi. O'zidagi issiqlikni sopol plastinalarga o'tkazadi. Shu tufayli yoy qarshiligi o'sa boradi va tok navbatdagi noldan o'tishida so'nadi. Yoy yonganda hosil bo'ladigan qaynoq gazlar yuqoriga plastinalar oralab ko'tariladi va shu darajada soviydiki, kameradan yong'in chiqishi kuzatilmaydi.

Kichik toklar (1000 A gacha) uzilganda, magnit maydon kuchlanganligi (u elektromagnit g'altak tomonidan hosil qilinadi) juda kichik bo'lib, yoyni kameraga tezda tortilishini ta'minlay olmaydi. Yoy so'nishini yaxshilash uchun trubkali puflagich qurilma qo'llaniladi (5.12-rasm). U yoyning kameraga tortilishini ta'minlaydi.

Yoy so'ndirgich kamera (5.13-rasm) sirkoniyli sopoldan yasalgan plastinalardan yig'ilgan paketdan iborat. Plastinalar bir-biri bilan yelimlashib birlashgan blok hosil qiladi. Har bir plastinaning ostki qismi A simon o'yilgan. O'ymaning yuqori qismi o'rta qismiga qaraganda har tomonga navbatma-navbat surilgan. Bu bilan labirint hosil qilinadi. Unga yoy tortiladi.

Magnit puflagich tizim ikkita g'altakdan iborat. Unga yana magnit o'tkazgich va yon chegaralar kiradi. Bitta g'altak o'zining bitta boshmog'i bilan qo'zg'almas kontakt korpusi bilan tutashgan (uzgichning yuqori boshmog'i), boshqasi bilan esa chap shox bilan birlashtirilgan. Boshqa g'altak o'ng shox va o'rta oraliq shina yordamida uzgichning pastki boshmog'i bilan birlashtirilgan.

Shunday qilib, uzgich uzilgan holatida kamera «shox»iga to'liq ishchi kuchlanish berilgan. Shuningdek, «chegaralar» ham shu kuchlanish ostida bo'ladi. Chegaralar oralaridagi elektr puxtaligini oshirish uchun qalpoq xizmat qiladi.

Uzish nominal tokiga qarab yoy so'ndirgich ikki xil qilib ishlanadi. Ular bir-biridan o'lchovlari va vaznlari bilan farq qiladi.

Uzgich qutbi ikkita bir xil o'tkazuvchi izolatorlar, asosiy qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi kontaktlar, yoy so'ndirgichning qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas kontaktlari va yonlama tayanchlardan iborat.

Asosiy qo'zg'almas kontaktlar o'zi o'rnatilib qoluvchi barmoq kontaktlar va ular chetlaridagi ekranlardan tashkil topgan. Hamma juft barmoqlarda kontakt bosimi har bir juftlikka o'rnatilgan prujinalar orqali yaratiladi. Barmoqli kontaktlarning bo'ylama siljishi prujinali shtiftlar bilan cheklangan.

Uzgichning asosiy qo'zg'aluvchi kontaktlari (pichoqlari) to'rtta o'zaro juft-juft ulangan shinalardan iborat. Bu kontaktlarning tepa qismiga yoy so'ndirgichning qo'zg'aluvchi kontaktlari joylashgan. U metall sopol bilan qoplangan.

Qo'zg'aluvchi kontaktlarga uzgich validan harakatni uzatish uchun izolatsiyalangan tortuv qurilmasi xizmat qiladi. Tortuv qurilma chekkalarida metall moslamalar bo'lib, ular uzgich valini qo'zg'aluvchi kontaktlar bilan ulash uchun xizmat qiladi.

QUTB TOK O'TKAZGICH KONTURI ELEKTR QARSHILIGI

| Uzgich turi | Har bir qutbning elektr qarshiligi | |
|-------------|------------------------------------|--------------------------|
| | KRU bosh zanjiri | Rozetkasiz boshmoqlararo |
| VE—10-1250 | 60 | 40 |
| VE—10-1600 | 50 | 30 |
| VE—10-2500 | 30 | 20 |
| VE—10-3600 | 20 | 15 |

Tok o'tkazgich har bir konturining qo'zg'aluvchi kontakti qarshiliklari 5.3-jadvalda va yoy so'ndirgich kontaktlari harakati tezligi 5.4-jadvalda keltirilgan.

Kommutatsiya (uzilish va ulanish) sonining ruxsat etiladigan qiymati nominal qiymatdan oshmasligiga qarab belgilanadi. Masalan, VE—10 turidagi uzgichga o'n marotaba ketma-ket ulanib o'chgandan keyin 30 daqiqa tanaffus beriladi. 20 marotaba ulanib o'chsa — 1 soat, 100 marta bo'lsa — bir sutka tanaffus qilinadi.

YOY SO'NDIRGICH KONTAKTLARI HARAKAT TEZLIGI

| Uzgich turi | | Yoy so'ndirgich kontaktlari tezligi, m/s dan kam emas | |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|---------|
| | | Ulashda | Uzishda |
| VE—10-2500-2043; | VE—10-3600-2043; | 5,2 | 3,5 |
| VE—10-1250-31-543; | VE—10-1600-31-543; | 4,8 | 3 |
| VE—10-2500-31-43; | VE—10-1600-31-543; | 6,5 | 3,5 |
| VE—10-2500-31-43; | VE—10-3600-31-543; | 5,8 | 3 |

Mexanik sikl BO ning ruxsat etiluvchi yoy so'ndirgich kamera kontaktlari nominal tokidagi maksimal soni quyida keltirilgan.

| Uzgich elementining nomi | Mexanik operatsiya BO soni | cos $\varphi = 0,7$ bo'lganda uzgich nominal toki uzilish soni | | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|------|------|
| | | 1600 gacha | 2500 | 3600 |
| Yoyso'ndirgich kamera | 50000 | 10000 | 8000 | 5000 |
| Yoyso'ndirgich kontaktlar | 20000 | 20000 | 8000 | 5000 |

UZGICH VE—10 NING ISH RESURSI

| Uzgichning yoy o'chirgich elementi | Nominal tokda uzilish soni, A | | | Uzilish tokidagi uzilish soni, % da | | |
|------------------------------------|-------------------------------|------|------|-------------------------------------|---------|------|
| | 1600 | 2500 | 3600 | 30 | 60 | 100 |
| Kamera kontaktlari | 10000 | 8000 | 5000 | 100 | 40 (30) | 6(4) |
| | 10000 | 8000 | 5000 | 100 | 40 (30) | 6(4) |

Izoh: qavs ichida — uzish toki 31,5 A bo'lgan uzgichlar uchun.

Yangi elektromagnitli uzgichlar konstruksiyalarini yaratishda eng dolzarb masalalardan biri — kamera devorlarida yangi izolatsiyalovchi yoyga bardoshli materiallar aralashmasini qo'llash. Bunda yoyning so'nish zonasi qisqaradi, demak, uzgich o'lchamlari kamayadi.

Xorijiy davlatlar (Germaniya, Fransiya, Shveysariya, AQSH, Yaponiya) da elektromagnitli uzgichlar 24 kV gacha va uzish nominal qiymati 0,5—1,0 kV A gacha ishlab chiqarilmoqda.

5.3. VAKUUMLI UZGICHLAR

Kommutatsiyalovchi apparatlarda yoy so'ndirgich izolatsiyali muhit sifatida vakuumdan foydalanish g'oyasi olimlarni ilgari qiziqtirib kelgan. Bu sohadagi birinchi tadqiqotlar 1893-yilda boshlangan. Keyingi tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, vakuum elektr puxtaligi nuqtayi nazaridan qaralganda ideal dielektrik ekan.

70-yillar oxiri va 80-yillar boshlarida vakuum yoy so'ndirgich kameralarining uchinchi avlodi yaratildi. Ular asosida vakuum kontaktlari va uzgichlari ishlab chiqilmoqda.

Vakuumdagi uzilish va yoy so'nishi jarayonlarining xususiyatlari. Vakuumdagi yuqori kuchlanishdagi jarayonlar ko'pgina yuqori kuchlanishli asbob va qurilmalar ishini aniqlaydi, ularning fan va texnikaning barcha sohalarida keng va samarali qo'llanilishini belgilaydi. Hozirgi yuqori kuchlanishli vakuum qurilmalarining xilma-xilligiga qaramay ularda kechadigan bir xil jarayon har xil ta'sirlar ko'rsatishi mumkin. Agar eng asosiy vazifa vakuum elektroizolatsiyalovchi xususiyatini ta'minlash bo'lsa, unda vakuumdagi teshilish muvofiq bo'lmagan holat, uni barcha vositalar bilan yo'qotish zarur.

Tezlatgichlarda tezlatilgan elektron oqimlarining kuchli impulsini olish uchun ularning generatsiyasi va tezlanishiga vakuum boshlang'ich qismi teshilishi qo'llaniladi.

Vakuumba yuqori kuchlanishda hosil bo'ladigan jarayonlardan birinchi o'rin avtoelektron emissiyaga tegishlidir. Ana shu avtoelektron emissiya elektr maydoni kuchlanganligining katod oldidagi qiymatini (1—2) 10^9 V/m dan ko'tarilishiga imkon bermaydi. Avtoelektron emissiya yuqori zichlikka ega tokli elektron bog'lam manbayi sifatida ishlatiladi. U ko'pgina hollarda vakuum izolatsiyasi elektr bardoshlilik shikastlanganligini belgilaydi.

Vakuumba uzgich uzilgandagi yoyning so'nish jarayoni quyidagicha o'tadi. Vakuumba kontaktlar ajralganda, ularning birlashuvchi yuzalari va ular orasidagi bosim tezda kamayadi. Bu hol kontaktlar hali ulanib turgan joy haroratini ko'tarishga va metallni erish darajasigacha olib boradi. Kontaktlar ajralishining dastlabki paytida ular orasida erigan metall dan ko'prik hosil bo'ladi va u juda qisqa vaqt ichida o'tayotgan tok tufayli eriydi va bug'lanadi, kontaktlar atrofida metall bug'laridan bulut paydo bo'ladi. Katod hisoblanuvchi elektrodan elektronlar va bug' oqimi ajraladi hamda erigan metall tomchilari chiqarib tashlanadi. Ulardan tashqari avtoelektron emissiyasi (4.4-§) tufayli ham katoddan elektronlar chiqadi. Kontaktlar orasidagi metall bug'larining elektronlar bilan ionlashuvi vakuum yoyi hosil bo'lishiga sababchi bo'ladi.

Yoy tokining noldan birinchi o'tishi paytida yoy atrofidagi kontakt metall bug'lari vakuum hosil qiluvchi kolba devorlariga qarab intiladi va o'sha yerga cho'kadi. Kolbada gaz zarrachalarining yo'qligi sababli metall bug'lari diffuziyasi katta tezlikda bo'lib o'tadi. Bu yoy atrofmi tezda deionizatsiya bo'lishiga va yoini qaytarilmaydigan bo'lib o'chishiga sabab bo'ladi. Tokning nol qiymatidan ortganidan 10 mks o'tgach yoy oralig'i kontaktlarning kichik siljishida birlamchi elektr puxtalikni tiklaydi. Vakuum elektr puxtaligi o'zining to'liq qiymati 100 mV/s ga erishadi.

Vakuumba o'chirgichlari kichik toklar (bir necha o'nlab amper) ni uzganda, tok qirqilishi ro'y berib, u o'zining tabiiy noldan o'tishiga sababchi bo'ladi va kontaktlar oralig'ini deionizatsiyalashga olib keladi. Tok qirqilishi, boshqa uzgichdagi kabi o'ta kuchlanishga olib keladi. Tok qirqilishi uzilayotgan zanjir parametrlariga va kontakt materialiga bog'liq.

Yoy vakuumda yonganda kontakt materiali eriydi va qisman kontaktga o'tiradi va qisman kontaktlar orasiga o'tadi. Katodda erish

tezroq o'tadi. Kontaktlar juda kuchli eriganda metall bug'lari shunchalik ko'payib ketadiki, yoyni so'ndirish mumkin emasga o'xshab qoladi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, eng kuchli erish jez va mis kontaktlarda bo'lar ekan; qiyin eruvchi metallar, masalan, volfram yoki molibden nisbatan kam eriydi.

Vakuumli kommutatsiyali apparat (VKA) ning boshqalardan farqi shundan iboratki, vakuumda yoy kichik toklarda umuman yonmaydi. Bu miqdor ma'lum bir chegaraviy qiymatgacha bo'ladi. U, asosan, kontakt materialiga bog'liq bo'lib qoladi. Masalan, volfram uchun 1,6 A; molibden uchun 1,5 A; mis uchun 1,6 A; xrom uchun 2,5 A; temir uchun 1,5 A; vismut uchun 0,27 A; surma uchun 0,3 A.

Uzuvchi tok ortishi bilan kontakt materiallari erishi kuchayadi. Elektrod materialining erishi kontakt o'lchamlarining kamayishiga olib keladi. Vakuumdagi kontaktlar oralig'i bir necha millimetrni tashkil qilganligi sababli kontaktlar ulab-uzilishi katta raqamni tashkil qilganda yoy so'ndirgich ishini buzishga olib keladi.

Boshqa tomondan olganda, kuchli erishning ortishi tok qirqilishini oshiradi, natijada o'ta kuchlanishlar kuchayadi.

Demak, vakuum uzgichlarining puxta ishlashi uchun maxsus materiallar (binar qorishmalari: Si—Te; Ad—V1 va b.) zarur. Bunda o'ta kuchlanish qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$U = I_{kir} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (5.6)$$

bu yerda: L va C — uzilayotgan zanjir parametrlari, yuklamadagi kuchlanishi (6—8) U_n gacha o'sadi. Natijada, elektr jihozlarida izolatsiya teshilishi ro'y beradi. Bunday hollarda maxsus razryadniklar ishlatish yoki elektrodnlarni boshqa materiallardan tayyorlash lozim.

Hozirgi zamon vakuum uzgichlari kuchlanish 320 kV bo'lganda (1—8) kA toklarni uzishga mo'ljallangan. Uzgichlarning barcha turlari intensiv ravishda yoyni so'ndira oladi. Yaxshi havo, moyli, elegazli, vakuumli yoy so'ndirgichlar yoyni tok noldan o'tayotganda emas, balki avvalroq so'ndirish qobiliyatiga ega. Bu esa induktiv yuklanishda katta o'ta kuchlanishlarga olib keladi va ko'pincha 100 A dan kam toklarni uzishda sodir bo'ladi.

Tok qirqilishi — tok kuchi va vaqt oralig'idagi o'zgarishi bilan tavsiflanadi. Qirqiluvchi tok, odatda, uning o'rtacha qiymati bilan tavsiflanadi. Bunga asosiy sabab — bir xil sharoitda qirqiluvchi tokning

qiymatlari har bir tajribada har xil bo'lishi mumkin. Bu yoyning o'chish jarayoni tasodifiy tavsifga ega bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Yoyning dog'i elektrod yuzasidan tartibsiz harakatlanadi va elektrod tok kichik bo'lgani sababli ko'p ham qizimaydi. Tajribada kichik tokli yoy so'nishi tokning yoydagi tavsifiga bog'liqligi isbotlangan.

O'rtacha qiymatli qirqish tokining kontaktlar (KDV—21 kamerasi) ulanish fazasi va uzilayotgan tok qiymatiga bog'liqligi tajriba yo'li bilan tekshirilgandan so'ng quyidagi xulosalar qilishga sabab bo'ldi:

— yoyning yonishidagi eng noqulay sharoit, demak qirqiluvchi maksimal tok kontaktlari tok maksimumi oldidan uzilganda, ya'ni $\pi/6—\pi/4$ bo'lgan burchaklarda sodir bo'lar ekan;

— ma'lum bir tok uzilishida tokning maksimal qiymati hosil bo'ladi va bu maksimum tokning samarali qiymatida ro'y beradi hamda qirqilgan tok qiymatidan taxminan ikki barobar katta bo'ladi;

— uziladigan tok qiymati oshsa, qirqiluvchi tok ham asta-sekin ko'tariladi va u yuqorida aytilgandek, maksimum darajasiga oshib, so'ngra pasayadi;

— VKA yaratilayotganda tok qirqilishining kerakli darajada bo'lishini va bunda kommutatsiyali kuchlanishlar jihozlari izolatsiyasi uchun xavfli bo'lmasligi ko'zda tutiladi. Amaliy hisoblar uchun yetarli aniqlik (17 % gacha) bilan tok qirqilishi qiymati (bunda kommutatsiyali o'ta kuchlanishlar izolatsiya uchun xavfli bo'lmasligi ta'minlangan holda) quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$i_{s.qo'sh} = \frac{U_{imp} - U_m}{\sqrt{\frac{L_b - k_L}{C_b - k_c}}}, \quad (5.7)$$

bu yerda: L_b va C_b — bazaviy elektr motori korpusiga nisbatan chulg'amning to'lqin induktivligi va sig'imi; K_L va K_C — L va C ning to'lqin parametrlari bo'lib, elektr motorining o'xshashlik mezoni bo'yicha asosiysiga solishtirilgani; U_{imp} — elektr motori asosiy izolatsiyasi impulsli bardoshlilikining kafillangan qiymati; U_M — tok qirqilayotgan davrdagi kuchlanish amplitudasi qiymati.

Har xil turdagi VKA tok qirqilishining har xil qiymatlariga ega bo'ladi. Bundan chiqadigan xulosa shundan iboratki, har bir VKA dagi o'ta kuchlanish har bir motor uchun har xil va teskari, har bir motor uchun qo'llanadigan har xil VKA lardan o'ta kuchlanishlar tajribada alohida-alohida ko'rilishi kerak. Vakuumli uzgichlar yaratilayotgan dastlabki

davrlardayoq, kommutatsiya davrida elektr tarmog'ida hosil bo'ladigan o'ta kuchlanishlar muammosini hal qilish yuzaga keldi.

Katta toklarda yoy paydo bo'ladi, lekin o'zicha o'chmaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, o'zi o'chib qoluvchi vakuum yoyi tokning o'zgarish tezligi 50 Gs li tokning tabiiy tezligidan katta bo'lar ekan. Shu tufayli induktiv zanjirda $U = L(di/dt)$ ga, asosan, o'ta kuchlanish ro'y beradi va ular bir qancha noqulay holatlarga olib keladi.

Tok qirqilishi va kommutatsiyali zanjir parametrlarining o'ta kuchlanishga ta'sirlarini ko'rib o'tamiz. Bu jarayon uchun LC konturning ideallashgan sxemasi 5.14-rasmda keltirilgan.

Faraz qilaylik, 5.14-rasmda tok i da qirqilish ro'y berdi. Sig'imdagi kuchlanishning oniy qiymati U_0 desak, induktivlik L da yig'ilgan magnit maydoni energiyasi va sig'im C dagi energiyalari zanjir uzilganida kuchlanish tebranishini hosil qiladi (5.15-rasm).

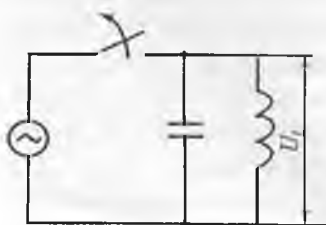
Tebranishning so'nishi hisobga olinmasa, u quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$U_L = U_0 \cos \omega_0 t + i_c \sqrt{\frac{L}{C}} \sin \omega_0 t. \quad (5.8)$$

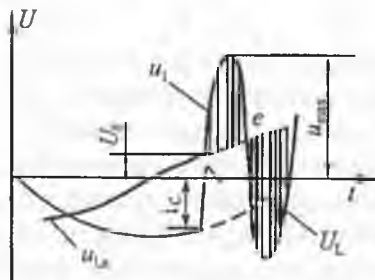
bu yerda: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ — konturning xususiy chastotasi.

Uzilgan zanjirda kuchlanishning maksimal qiymati

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{L}{C} i_0^2 + U_0^2}. \quad (5.9)$$



5.14-rasm. Induktivlikni sinusoidal kuchlanishli manbadan uzish.



5.15-rasm. Yoyning qayta yonishini hisobga olmagan holatdagi induktivlik uzilganda ro'y beradigan o'ta kuchlanishning rivojlanishi.

U_L juda katta qiymatlarga ega bo'lishi mumkin, biroq so'nish juda tez namoyon bo'ladi. ω_0 qiymati, asosan, tebranish davrida induktivlikning pasayishi bilan aniqlanadi. Induktivlikning kamayishi, asosan, po'lat o'zakning magnitlanishi tavsiflari chiziqli bo'lmaganligi va uyurma toki orqali hosil bo'luvchi quvvat isrofi bilan belgilanadi, shuningdek, motor rotoridagi qisqa tutashgan halqalarga ham bog'liq bo'lib qoladi.

Tok uzilganidan so'ng induktivlikdagi kuchlanish (so'nish koefitsiyenti $a = R/2L$ ni hisobga olgan holda):

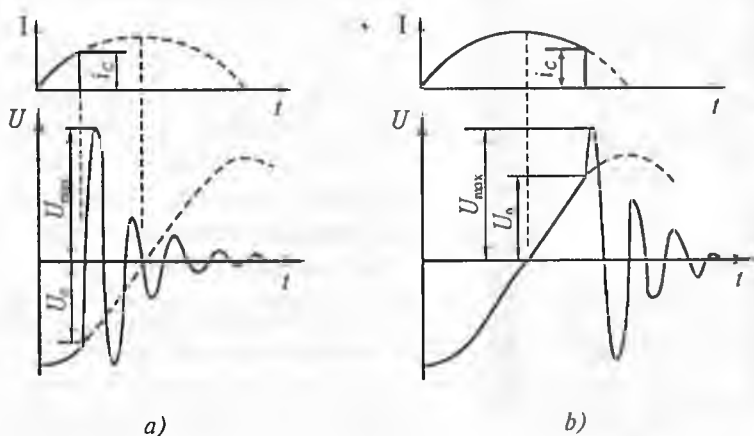
$$U = \exp(-\alpha t) \left[i_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \sin \omega_0 t + U_0 \cos \omega_0 t \right], \quad (5.10)$$

bu yerda: t — tok uzilishi boshlanganda hisoblangan; $U_0 = U_m \cos \psi_s$, ψ_s — tok uzilishidagi burchak.

(5.8) va (5.9) dan ko'rinadiki, o'ta kuchlanish tok uzilishidan tashqari kontur to'lqin qarshiligi $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ga ham bog'liq. Burchak ψ_c ma'lum bir VKA uchun uzilayotgan motor yuklamasi va vakuum kamerasi holati bilan belgilanadi.

Tajriba orqali ma'lum bo'lishicha, kichik qiymatli induktiv tok uzilganda sinusoidaning ko'tarilish va pasayish zonalari bir xilda kechadi (5.16-rasm).

Vakuimli o'chirgichlar yordamida uch fazali elektr motori uzilganda, unda hosil bo'ladigan jarayonlar bir fazaliga qaraganda anchagina



5.16-rasm. Induktivlikda kuchlanish o'zgarishining tavsifi, tokni sinusoidal ko'tarilayotganda (a) va pasayayotganda (b) uzish.

farqlanadi. Bunga sabab bo'ladigan omillar: kontaktlar bir xilda uzilmasligi, motor va VKA oralig'idagi kabel va liniyalar uzunligi har xilligi sababli o'zaro induksiya ta'siri, motor quvvati va konstruksiyasi.

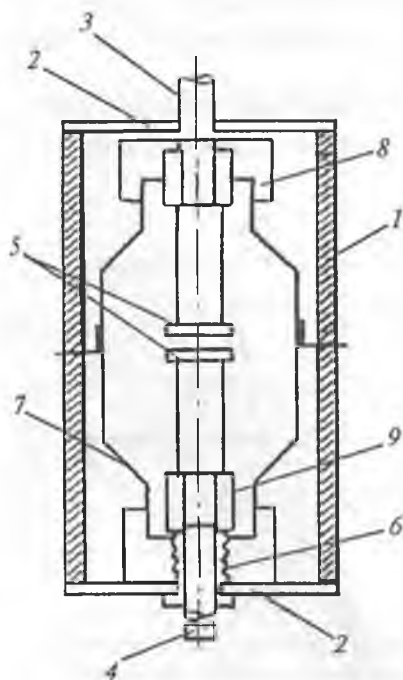
Uzgich uzganda hamma kontaktlar ham bir xilda uzilmaydi, bu jarayon oldinma-ketin bo'lib o'tadi. Bunga sabab — kontakt mexanik qismlarining bir xilda sozlanmaganligidir. Kabel-elektromotor tizimidagi kontaktlarning barobar uzilmaganligi ekvivalent to'lqin qarshiligini uzaytiradi. O'ta kuchlanishning eng katta qiymati ikkita faza barobar uzilganda ro'y berar ekan, eng kami esa uchta faza baravar uzilganda bo'lar ekan.

(5.10) bo'yicha olib borilgan hisob-kitoblardan ma'lumki, eng noqulay sharoitlarda o'ta kuchlanish darajasi o'nlab barobar ko'payishi mumkin. Biroq amalda bu ro'y bermaydi, chunki 100 A dan ortiq toklarda tok uzilishi hodisasi kuzatilmaydi. Ba'zi bir hollarda o'ta kuchlanish juda kichik bo'lib, izolatsiya uchun xavf solmaydi.

VDK tipidagi 10 kV kuchlanish va nominal toki 31,5 kA bo'lgan vakuum uzgichlar kontaktlari orasidagi havo 4—10 mm ni tashkil qiladi va shu tufayli kichik o'lchovlar bilan katta tezlik va kichik ishlov berish vaqtiga erishiladi.

Yoyning so'nishiga tokning birinchi noldan o'tishidayoq erishish mumkin (0,02 s). Biroq nisbatan katta tokni uzganda yoy o'chishi tokning birinchi noldan emas, balki ikkinchi yoki uchinchi noldan o'tishida yuz beradi.

Vakuimli uzgichlardagi yoy uzunligi yoyiq va havo uzgichlaridagiga qaraganda ancha kichik. Bu uzgich o'lchamlarini kichraytirish imkonini beradi. Vakuimli yoy so'ndirgich, asosan, quyidagi asosiy elektrodlardan iborat (5.17-rasm):



5.17-rasm. Vakuum kamerasining tuzilishi: 1 — dielektrik qoplama; 2 — yon boshmoqlar; 3 — qo'zg'almas kontakt; 4 — qo'zg'aluvchi kontakt; 5 — kontaktlar (elektrodlar); 6 — po'lat qovurg'ali sifon; 7 — bug'ni kondensatsiyalash ekrani; 8 — yon ekran; 9 — o'zak ekrani.

izolatsiyalovchi sopol korpus, kommutatsiyalovchi kontaktning tok o'tkazish tizimi, mexanik ekran tizimi.

Vakuumli yoy so'ndirgich kamera germetik shisha yoki sopol birlashmadan iborat bo'lib, unda $1,33 \cdot 10^{-10}$ Pa bosimli vakuum hosil qilinadi. Izolatsiyalangan korpus o'rnatilgan bosimni belgilangan ish muddatida mo'tadil ushlab turadi. Shuningdek, unda kerakli elektr puxtalik ham ta'minlanadi.

Kontaktlar va yoy so'ndirgich elektrodlar orasida havo bo'shlig'i (zazor) bor. Kontakt shakli tok uchun shunday yo'l hosil qiladiki, unda yoyga radial elektr-dinamik kuchlar ta'sir etib, yoyni yoy so'ndirgich elektrodlar tomon haydaydi. Kontaktlardagi radial o'ymalar kontakt bilan yoy so'ndirgich elektrodlar orasidagi havo bo'shlig'idagi tok zichligini oshiradi. Kamera kontaktlari oralaridagi aktiv qarshilik biroz ko'tariladi.

Yoy o'chirgich kontaktlar elektrodleri qarama-qarshi sektorlari uch juft «iz» lar hosil qiladi va bu izlardan yoy harakatga tushadi. «Iz» lardan birma-bir o'taboshlagan yoy o'z harakatini tok noldan o'tguniga qadar davom ettiradi.

Kontaktlar oralig'i odatda 8—12 mm da nominal kuchlanish 10 kV, 14—24 mm da 20 kV va 18—30 mm da 25 kV. Qo'zg'aluvchi kontaktlar vazni 1—7 atrofida, qo'zg'aluvchi kontaktlar harakat tezligi 0,6—1,2 m/s (ulanganda) va 1,2—2,2 m/s (uzilganda).

Vakuum o'chirgichining tok o'tkazuvchi tizimining xususiyati shundan iboratki, uning issiqlik o'tkazgich kamera juda kichik, u issiqlik chiqarishga asoslangan, chunki konvensiya yo'li bilan issiqlik o'tkazish bu yerda yo'q. Shunga ko'ra issiqlik uzatish, asosan, qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi kontaktlar tok o'tkazish o'zaklari orqali amalga oshadi. Issiqlik oqimi, asosan, kontakt tizimi kontaktlarni o'tish qarshiligi orqali quyidagi taxminiy formula bilan aniqlanadi:

$$R = \rho \sqrt{\frac{H}{P} + R_y}, \quad (5.11)$$

bu yerda: ρ — solishtirma elektr qarshiligi; H — kontakt materialining qattiqligi; R — kontaktning siqish kuchi; R_y — tok o'tkazgich qarshiligi.

(5.11) dan ko'rinadiki, issiqlik quvvat $I^2 R$ kontaktning siqish kuchiga bog'liq ekan, shuning uchun uzgich taxtasidagi nominal tok bilan bir qatorda bosish kuchi ham ko'rsatiladi.

Vakuum yoy so'ndirgich kameralariga qo'yiladigan talablar:

— yig'ma materiallarning qaynash harorati T_{qayn} (3500 K) teng bo'lib, yuqori uzish qobiliyatiga ega bo'lishi zarur;

— Brinell bo'yicha qattqlik 100 MPa dan kam bo'lmasligi va mikrog'adir-budurluk hosil qilmasligi kerak (kontaktlar orasida yuqori elektr puxtalik hosil qilish uchun);

— material ma'lum miqdorda yuqori elektr puxtalikni ta'minlovchi tuzuvchiga ega bo'lsinki, bu tuzuvchi boshqa tuzuvchilar bilan birikib, suyuqlik va kimyoviy birlashmalar hosil qilmasin (o'tish qarshiligining kichik bo'lishi uchun);

— material payvand birlashmalar bardoshlilikini oshiruvchi nozik kondensatorlarga ega bo'lishi kerak;

— kichik qiymatli tok qirqmasini ta'minlash maqsadida materialda boshqa tuzuvchilar bilan birikmaydigan alohida tuzuvchi bo'lishi kerak.

Kommutatsiyalovchi resurs (uzishning ruxsat etilgan soni), asosan, kontaktlar nurashi bilan aniqlanadi. Masalan, vakuumli yoy so'ndirgichning toki $I_{\text{nom}} = 900 \text{ A}$, $U_{\text{nom}} = 12 \text{ kV}$ bo'lganda, empirik formula [5.11] orqali quyidagicha aniqlanadi:

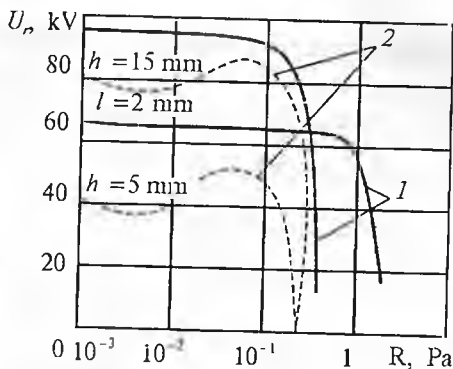
$$N_0 = 1,1 \cdot 10^4 I_{\text{ruxs.}} L_{\text{nom}}^{-2,3} \quad (5.12)$$

bu yerda: $I_{\text{ruxs.}}$ — kontaktlarning ruxsat etiluvchi nurashi, mm (tajriba yo'li bilan $I_{\text{ruxs.}} = 3 \text{ mm}$ deb qabul qilingan), unda resurs $N_0 = 4,2 \cdot 10^4$.

Kameraning ekran tizimi uchi ekrandan iborat, binobarin, o'rtadagisi kiruvchi elementlardan izolatsiyalangan va ozod potensialga ega. Ikki chetdagi ekranlar potentsiali kirish elementi potentsiallari bilan birlashgan. Ekran tizimi quyidagi funksiyani bajaradi: ichki izolatsiyalovchi yuzalarni kontaktning eroziya mahsulotlari cho'kishidan himoyalaydi, kamera ichida potentsiallarni taqsimlaydi, xususan, dielektrikning yaltal bilan birlashgan yerlarida, yoy so'ndirgich elektrodlar chetlarida elektr maydon kuchlanganligini kamaytiradi.

Vakuum yoy so'ndirgich kamerasini ishlab chiqarish yuqori aniqlik, tozalik va vakuum gigiyenasini talab qiladi. 5.18-rasmda vakuum elektr pishiqligining qoldiq gaz bosimiga nisbati namoyish qilingan.

Agar bosim 10^{-1} Pa dan kam bo'lsa, bu pishiqlik bosimga bog'liq bo'lmay qoladi va butunlay elektrodlar yuzasidagi jarayonlar bilan



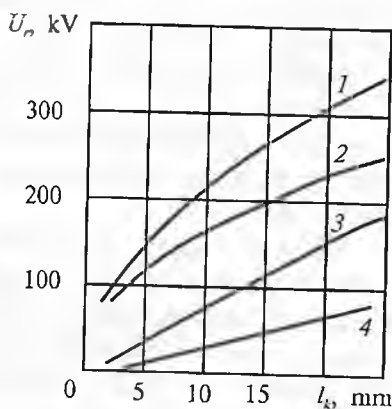
5.18-rasm. Vakuum oraliq'i elektr puxtaligining qoldiq gazlar bosimiga bog'liqligi:

1 — bir jinsli maydondagi razryad (elektrodlar kislorodsiz misdan bo'lib, oraliq'i 1 ga teng); 2 — pleksiglas silindr yuzalaridagi razryad (silindr diametri 25 mm va balandligi h ga teng, ular bir jinsli maydonda nikellangan elektrodlar orasiga joylashgan).

aniqlanadi. Elektr pishiqlikning keskin kamayishi $10^{-1} = 1$ Pa atrofida bo'ladi, chunki qoldiq gazlar atomlari $10^{14} - 10^{15}$ to'planishiga to'g'ri keladi (bu taxminan gazning bosimidagi tezlanishiga qaraganda 10^5 marta kichik).

5.19-rasmda bir jinsli maydondagi razryad kuchlanishining vakuumdagi kontaktlararo masofaga bog'liqligi ko'rsatilgan. Ular har xil izolatsiyalovchi muhit uchun namoyish etilgan. Ulardan ko'rinadiki, bir jinsli maydonda masofa $l_k = 10$ mm bo'lganda razryad kuchlanishi kamera korpusi uzunligi (yoki uning izolatsiyalangan qismi) korpus flanesi va korpus yuzasining namlangan holatdagi puxtaligi bilan aniqlanadi.

Vakuum kamerasida vibratsiyaga yo'l qo'yilmaydi, chunki u metallni critib, chayqalishi va to'kilishiga sabab bo'ladi. Bu holat kontakt yuzasining kamayishiga, ishchi yuzaning yomonlashuviga va ichki qism buluti tufayli yuzaga changli metall cho'kishiga olib keladi. Natijada, kameraning elektr puxtaligi yomonlashadi va ishlash muddati qisqaradi.



5.19-rasm. Bir jinsli maydonda razryad kuchlanishining har xil kontaktlar oraliq'iga bog'liqligi: 1 — vakuumdagi; 2 — moyda; 3 — elegazda; 4 — havoda.

Vakuum yoy o'chirgich kameraning shartli belgilarini bitta misolda ko'rib o'tamiz.

| | K | A | V | - 10 | - 20 | 1600 | - U | 2 |
|----------------------------------------------------|---|---|---|------|------|------|-----|---|
| Kamera | | | | | | | | |
| Yoy o'chirgich | | | | | | | | |
| Vakuum | | | | | | | | |
| Nominal kuchlanish, kV | | | | | | | | |
| Uzilish nominal toki, A | | | | | | | | |
| Nominal tok, A | | | | | | | | |
| Iqlimga mosligi | | | | | | | | |
| GOST 15543—70 va GOST 15150—59 bo'yicha joylanishi | | | | | | | | |

Keyingi yillarda elektr amaliyotida bir qancha elektr texnika qurilmalari: o'zgaruvchan tokli temir yo'l tortuvchi tarmoqlarida, metropoliten tortuvchi nimstansiyalarida, neft burg'ilash qurilmalarida, rotor komplekslari va boshqa qurilma va jihozlarda vakuumli uzgichlar keng tarqalmoqda. Ular o'zlarining qator afzalliklari bilan havo, moyli va elektr magnitli kommutatsiyalovchi apparatlarni ishlab chiqarmoqda (bu ko'proq 3—35 kV elektr tarmoqlarga taalluqli).

Keyingi o'n yilliklarda AQSH va Yaponiyada yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tokli elektr uzatish liniyalari uchun hamda induktiv energiya yig'uvchilari kommutatsiyasi uchun vakuum uzgichlar yaratish bo'yicha ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari olib borilmoqda.

Hozirgi vaqtga kelib Rossiyaning bir qator elektrotexnika zavodlarida vakuum yoy so'ndirgichli uzgichlarning avlodi yaratilib, bir qancha seriyalari (VV, VVTP, VVTE va b.) ishlab chiqarilmoqda. Uning nomenklaturasi doim o'sishda, uzgichlarning yangi, takomillashgan turlari yaratilayapti.

5.7-jadvalda Rossiya mahsulotlariga taalluqli kommutatsiyalovchi apparatlar resurslari keltirilgan.

Rossiya sanoati ishlab chiqargan vakuumli yoy so'ndirgichli uzgichlarning konstruksiyalari va texnik ko'rsatkichlari bilan tanishib o'tamiz.

YUQORI KUCHLANISHLI UZGICHLAR KOMMUTATSION RESURSLARI

| Uzgich turi | Taftishsiz har xil toklardagi (nominal tokka nisbatan foiz hisobida) uzilish soni | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| | 100 | 10 |
| Vakuumli | 30—100 | 10000—30000 |
| Elegazli | 10—20 | 100—200 |
| Kam moyli | 3—6 | 1000 |
| Elektromagnitli | 5—10 | 10000 gacha |

VVE—10 turidagi vakuumli uzgich. Uzgich ommaviy ravishda qo'llanilib, asosan, tez-tez kommutatsiyalanib turuvchi tarmoqlarda ishlatiladi. U KRU shkafi ichiga joylashtirilgan holda uch fazali o'zgaruvchan tok tarmoqlarida (chastotasi 50 va 60 Gs) foydalaniladi.

Uzgich elektromagnitli yuritmaga ega. Uni atrof-muhit harorati -45 — $+50^{\circ}\text{C}$, namligi 90% gacha, portlash jihatidan xavfsiz bo'lganda, zanglatuvchi aktiv agent — oltingugurtli gaz sutkasiga 20 dan PO mm/m^3 gacha, xloridlar $0,3 \text{ mm/m}^3$ bo'lganda bemalol qo'llaniladi.

VVE seriyasidagi uzgichlar texnik ko'rsatkichlari (ular 4.2-jadval (4-ilova) da keltirilmagan):

Ishchi kuchlanishning eng katta qiymati, kV..... 12
 o'zgarmas va to'g'rilangan yordamchi zanjir toklari 220
 elektromagnit boshmoqlaridagi kuchlanishining o'zgarish
 ko'lamlari, % hisobida:

ulanganda 85—110

uzilganda (o'zgarmas tok) 70—110

uzilganda (to'g'rilangan tok) 65—120

Iste'mol qilinayotgan tok; elektromagnit ulanganda

kuchlanish 220 V da 40

kuchlanish 110 V da 80

Elektromagnit uzilganda

kuchlanish 220 V da 2,5

kuchlanish 110 V da 5

Kommutatsiyali nurashga bardoshlik, sikl VO

nominal tok $I_{\text{nom}} = 630$ va 1000 A 20000

$W = 1600 \text{ A}$ 10000

Puxtalik ko'rsatkichlari

o'rtacha ta'mirlashgacha o'rtacha ishlash miqdori 8 yil

to'liq ta'mirlashgacha 25 yil

ishga yaramay qolgungacha davr 28,5 yil

uzgich vazni 130—135 kg.

Uzgiçlar nominal tokka nisbatan % hisobida 10, 20, 30, 40 toklarni $\cos \psi > 0,3$ va yuklanmagan transformatorlar magnitlovchi toki amplituda jihatdan 2 dan to 4 A gacha bo'lganda, uza olish qobiliyatiga operatsiya sikllarini bajara oladi:

0-0,3 s-VO-180 s-VO,

0-0,3 s-VO-20 s-VO,

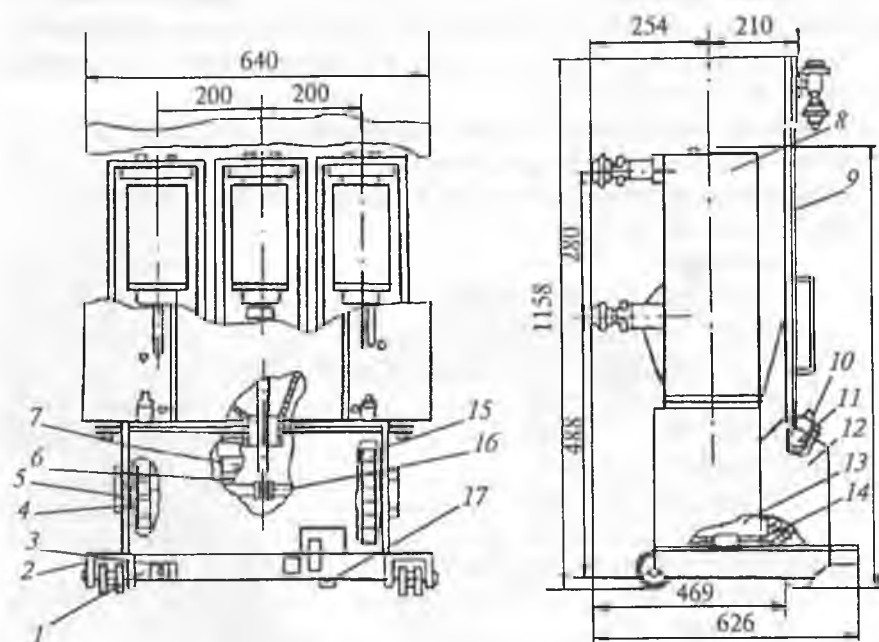
0-180 s - VO - 180 s - VO.

Tok uzgiç toki nominal qiymati $I_{n o'chir}$ bo'lganda, kamerani almashtirmasdan 30 ta uzish va ulash operatsiyalarini bajara oladi yoki tok 20 kA bo'lganda, 30 uzishni bajaradi va h. k.

Qo'zg'aluvchi kontaktlar harakat tezligi uzilishida 1/3 masofada 0,6—0,9.

Kommutatsiyalovchi kontaktlar texnik ko'rsatkichlari: tashqi yordamchi tok zanjirida 24—660 V, nominal tok 10 A dan ortiq emas.

VVE—10 uzgiçi (5.20-rasm) asos, elektromagnitli yuritma qutblar, to'siq, dastakni uzish knopkasi, qopqoq, izolatsiyalovchi tortish,



5.20-rasm. VVE—10 turidagi vakuumlı uzgiç:

1 — asos; 2 — rama; 3 — yerga ulash kontakti; 4 — podshipnik; 5 — signalizatsiya blok-kontakti; 6 — kontaktor; 7 — bitta qutb tortishi; 8 — qutb; 9 — to'siq; 10 — dastaki uzish knopkasi; 11 — yurish (qadam) o'chagichi; 12 — yuritma qopqog'i; 13 — elektromagnitli yuritma; 14 — bloklash mexanizmi; 15 — boshmoqlar qatori; 16 — val; 17 — fiksator.

signalizatsiya bloki, kontaktorlardan tashkil topgan. Elektromagnit yuritmani ulash uzgich elektromagnit energiyasi hisobiga bajariladi. Asosiy valdan qutb qo'zg'aluvchi kontaktlariga harakat izolatsiyalovchi tortuv asosida amalga oshiriladi.

Ulash uchun buyruq berilganda ulash kontaktori ishga tushib, elektromagnitni ulaydi. Yuritma harakati oxirida yordamchi kontaktlar ulanadi. Bunga uzgich vali harakati sababchi bo'ladi. Bu kontaktlar kontaktor zanjirini uzib qo'yadi, natijada kontaktor ulovchi elektromagnit zanjirini ham uzadi. Bu hol uzuvchi elektromagnit zanjirini ulashga tayyorlab qo'yadi. Uzish buyrug'i berilishi bilan uzuvchi elektromagnit ishga tushadi, o'z yordamchi kontaktlarini qayta ulaydi va uzgich uziladi. Uzish jarayonida yordamchi ulovchi kontaktlar qayta ishga tushib, kontaktor ta'minlovchi zanjirni ulashga tayyorlab qo'yadi.

Ulash va uzish operatsiyalarining qayta ulanishiga qarshi blok-lash quyidagicha ishlaydi: ulash uchun buyruq berilganda uzuvchi elektromagnit ishlaydi va uning yordamchi kontaktlari kontaktor ta'minlovchi zanjirini uzib qo'yadi va uzuvchi elektromagnit ta'minlovchi zanjirini ulaydi. Elektromagnit yakori ulashga buyruq berilgan paytdan tortilgan holatda bo'ladi. Uzgich zanjiridan uziladi va qayta ulanishga buyruq berilmaguncha ulanmasdan turaveradi.

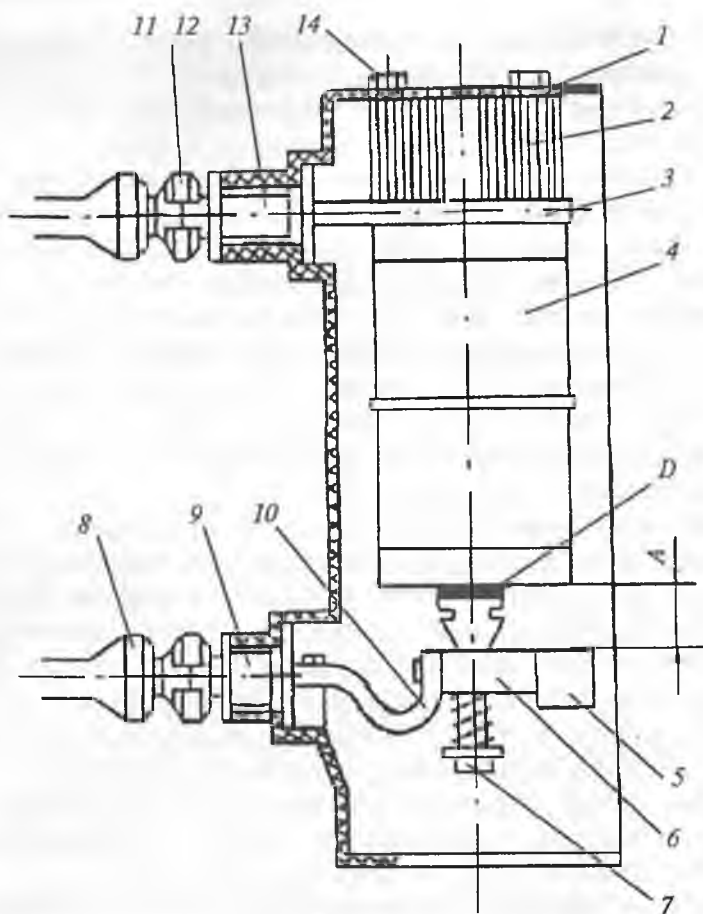
Ikkita sharikli podshipnikka o'rnatilgan uzgich vali, yuritma mexanizmi richagi va uzuvchi qulf orqali kinematik aloqaga ega. Bloklash mexanizmi mahalliy dastaki uzish operatsiyasini bajaradi va uzgichni oraliq holatda ulanishga yo'l bermaydi.

Uzgichning elektr yuritmasiga quyidagilar kiradi: yuritma mexanizmi va ikkita elektromagnit (ulovchi va uzuvchi). Yuritma mexanizmi ulovchi elektromagnitning vali va korpusiga o'rnatilgan. Kooperativ ulashlar uchun dastaki ulovchi richagdan foydalaniladi.

Yuritmaning oldingi paneliga yurish hisoblagichi o'rnatilgan. U ishlatilgan siklni hisoblaydi.

Signalizatsiya bloki uzgich boshqarish sxemasi ishini ta'minlash uchun xizmat qiladi. Uning erkin yordamchi kontaktlari sxema himoyasi va KRU shkafida uzgichning holati haqida signal berish uchun ishlatiladi.

Uzgich qutbiga (5.21-rasm) izolatsiyalovchi korpus kiradi va u boltlar yordamida asosga o'rnatiladi. Korpusning turli yerlarida teshiklar o'yilgan. Ular orqali tok o'tkazgichlar o'tkazilgan. O'tkazgichning qo'zg'aluvchi kontaktga boruvchilari egiluvchan qilib yasalgan.



5.21-rasm. VVE—10 turdagi uzgich qutbi:

1 — izolatsion korpus; 2 — qovurg'ali qopqoq (faqat 1600 A li uzgichda); 3 — yuqori tok o'tkazgich; 4 — VDK; 5 — radiator; 6 — qo'zg'aluvchi kontakt; 7 — tortish bo'g'ini; 8 — tortiluvchi elementning rozetka turidagi kontakti; 9, 13 — kontakt sterjeni; 10 — egiluvchan aloqa; 11, 12 — shayba va gayka; 14 — bolt; A — qo'zg'aluvchi kontaktlar yurish farqi; D — kontaktning siqilish zonasi.

1600 A ga mo'ljallangan uzgich qutbi 630 va 1000 A ga mo'ljallangan qutbdan o'zining g'adir-budur qopqog'i bilan farqlanadi (bu g'adir-budurlik sovituvchi radiator vazifasini bajaradi).

To'siq yupqa po'latdan yasalgan bo'lib, tok o'tkazgichlariga tegib ketish xavfining oldini olish uchun xizmat qiladi.

VVE turidagi uzgichlarda tok o'tkazgich (tok o'tkazuvchi sterjenlar oralaridagi) qarshiligi qiymati tok 630 A bo'lganda 60 mkOm; 1000 A da—55 mkOm; 1600 A da—38 mkOm ga teng.

1990-yilda yangi vakuum uzgichlarining seriyasi o'zlashtirildi. U elektromagnitli yuritmaga ega va elektr parametrlari yuqori bo'lib, texnik ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat:

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| nominal tok, A..... | 630, 1000, 1600, 2000, 3150 |
| uzish nominal toki, A | 20 va 31,5 |
| Tokning normallangan ulanish parametri, kA: | |
| amplitudaviy qiymati | 52 va 80 |
| boshlang'ich harakat qiymatining davriy tuzuvchisi | 20 va 31,5 |
| To'g'ri o'tuvchi QT tokining normallangan qiymati, kA: | |
| amplitudaviy qiymati | 52 va 80 |
| boshlang'ich harakat qiymatining davriy tuzuvchisi | 20 va 31,5 |
| 3 s vaqt oralig'idagi tokning tezlik bardoshliligi, kA | |
| | 20 va 31,5 |
| Uzgichning xususiy uzilish vaqti, s | 0,055 dan ko'p emas |
| Uzgichning to'liq uzilish vaqti, s | 0,075 dan ko'p emas |
| Uzgichning xususiy ulanish vaqti, s | 0,3 dan ko'p emas |
| VDK kontaktlarining maksimal kuyishi, mm | 4 |
| Elektromagnit ulanganda qabul toki, A. Kuchlanish 110 V bo'lganda: | |
| 630—1600 A li uzgichda | 110 |
| 2000 va 3150 A li uzgichda | 135 |
| Kuchlanish 220 V bo'lganda; | |
| 630—1600 A li uzgichda | 65 |
| 2000 va 3150 A li uzgichda | 70 |
| Uzgich vazni, kg: | |
| 630—1600 A da | 164—184 |
| 2000 va 3150 A da | 261—278 |
| Yuritma vazni, kg | 51—32. |
| Shu toifadagi boshqa uzgichlar ko'rsatkichlari keltirilgan parametrlarga o'xshash. | |

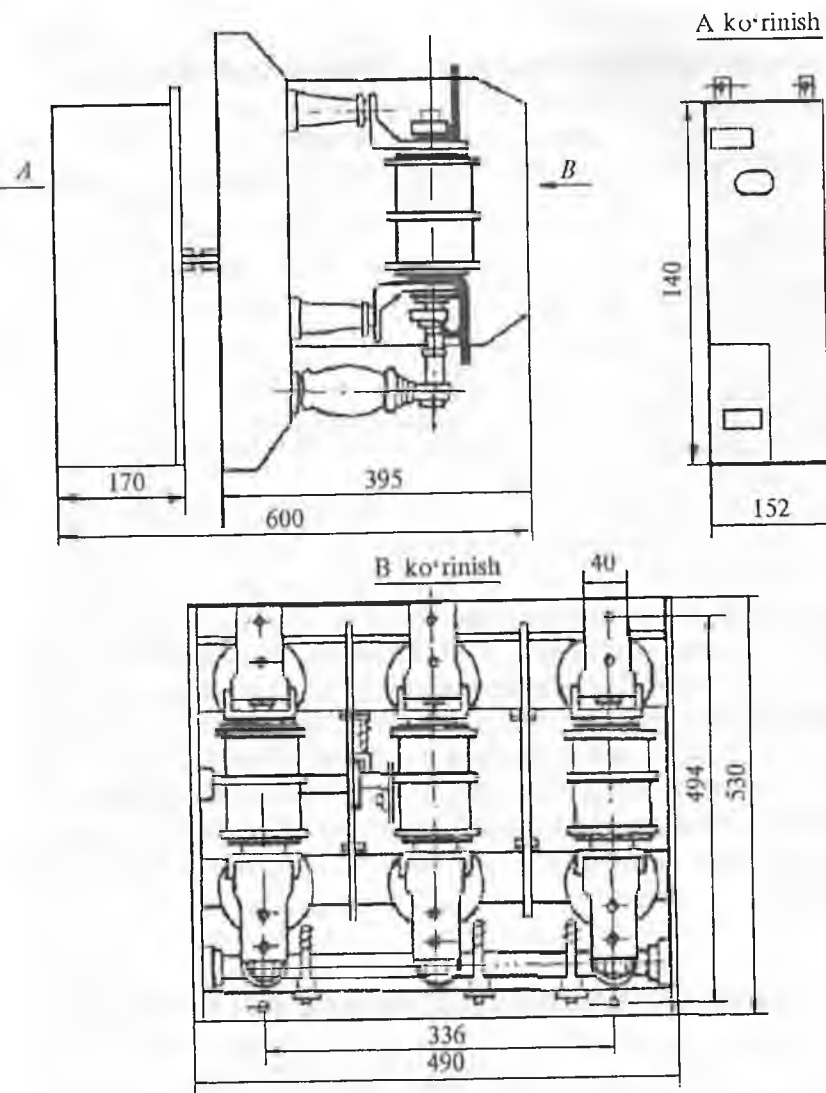
Ko'pgina turdagi uzgichlar nominal tok qiymatlari bilan farqlansalarda, konstruktiv jihatdan farq qilishmaydi, qo'llangan yuritmalar har xil bo'lishi mumkin.

UZGICH

Texnik ko'rsatkichlari va boshqaruv zanjir:

| | |
|--------------------------------------|----|
| nominal kuchlanishi, kV | 10 |
| nominal ishchi kuchlanishi, kV | 12 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| nominal tok, A..... | 320 |
| Uzluksiz o'tuvchi ST tokiga bardoshlilik, A: | |
| dinamik tokka bardoshlilik..... | 10 |
| termik tokka bardoshlilik (4 s li) | 2 |
| Kommutatsion bardoshlilik, kA: | |
| ulash nominal toki | 2 |
| uzish nominal toki | 2 |
| minimal toksiz pauza VAPV..... | 0,4 dan ko'p emas |
| qutb kontaktlari qarshiliklari, mkOm | 300 dan ko'p emas |
| Izolatsiyaning elektr puxtaligi (50 Gs), kV; | |
| yuqori kuchlanishli zanjirlarda | 42 |
| boshqaruv zanjirlarda | 2 |
| yuritma bilan uzish vaqti, s..... | 0,03 dan ko'p emas |
| YOSK kontaktlari yurishi, mm | 4—5 |
| mexanik nurashga bardoshlilik, VO sikli | $5 \cdot 10^4$ |
| soat ichida uzilish soni..... | 100 |
| vazni, kg..... | 55 |
| Zanjirni operativ ulash kuchlanishi | |
| (elektromagnit ulanishi, 50 Gs da), V..... | 220^{+22} —44 |
| Zanjirni operativ uzishdagi kuchlanish | |
| (elektromagnit uzilishi, 50 Gs da), V | 220^{+44} —57 |
| Zanjirni operativ ulagandagi ishga | |
| tushirish toki, A | 25 |
| Zanjirni operativ uzgandagi tok, A | 0,1 |
| Uzgich KRU shkafiga o'rnatilgan bo'lib, $-40+40^{\circ}\text{C}$ haroratga | |
| mo'ljallangan, 40°C da namgarchilik 85% dan oshmasligi kerak. | |
| O'rnatilgan joydagi vibratsiya ($f= 10-100$ Gs) da 3 d dan oshmasligi | |
| kerak. Ruxsat etilgan zarbalar 10 g dan ortiq emas. | |
| VVV—10—2/320 U2 uzgichi (5.22-rasm) metall rama (oltita | |
| izolator tayanchlar bilan, izolatorlarga kronshteynlar o'rnatilib, unga | |
| VEK qo'yilgan). Ramaning yoy tomonlariga uzgichning asosiy va | |
| yordamchi vallari joylashtirilgan nuqta. Asosiy valga uchta richag — | |
| izolator o'rnatilgan bo'lib, ular har bir qutbning qo'zg'aluvchi | |
| kontaktlari bilan aloqalangan: uchala richagga qaytaruvchi prujinalar | |
| siqilgan. Yuritma richagi yordamchi valdagi richag bilan oraliq | |
| elementlar orqali birlashgan. Yordamchi valda tortish yuritmasi bilan | |
| richag joylashgan. | |
| Har bir qutbning tepadagi boshmoqlari shina bilan, pastki shinalar | |
| egiluvchan aloqa bilan, VEK qo'zg'aluvchi kontakti bilan tutashgan. | |



5.22-rasm. VVV—10—2/320 turidagi uzgich.

Prujina osti tortuv rostlanuvchi tiralma bilan yordamchi valga bog'langan va yuritma asosiy valda richagini siljishda cheklaydi. Qutblari oralariga izolatsiyalovchi to'siqlar qo'yiladi. Qo'zg'aluvchi kontaktning oxirlatuvchi bosish elementi tortqi, prujina va maxsus kontrgaykalardan tashkil topgan.

VV—10 UZGICHI QUTBLARINING ELEKTR QARSHILIKLARI

| Uzgich turi | Asosiy zanjir qo'zg'aluvchi kontaktlari orasida qutblar qarshiligi | Mk Om |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| | | Rozetkasiz boshmoqlar orasida |
| VVE—20/630 | 65 | 45 |
| VVE—10—31,5/630 | 65 | 40 |
| VVE—10—20/1000 | 60 | 40 |
| VVE—10—31,5/1000 | 60 | 40 |
| VVE—10—20/1600 | 45 | 25 |
| VVE—10—31,5/1600 | 45 | 25 |
| VVE—10—31,5/2000 | 20 | 15 |
| VVE—10—31,5/3150 | 20 | 15 |

Elektromagnitli yuritma payvandlangan korpus (u bir vaqtning o'zida uzuvchi elektromagnit uchun magnit o'tkazgich vazifasini ham bajaradi) va unga o'rnatilgan g'altak hamda ulovchi elektromagnit gilzasidan iborat. Gilzaning ichki qismida yakor va unga o'rnatilgan itargich harakatlanadi. Yuritma o'rnatilgan erkin uziluvchi mexanizm, prujina osti qulfi va ko'p bo'g'inli sharnirlar tizimidan iborat. Ular mahkamlangan prujinali richaglar va bo'g'inlar hamkorligida harakatlanib, tashqi kuchlar ta'sirida ichki belgilangan mavqeni egallaydi. Mexanizmning bir bo'g'ini tortqiga bog'langan va u uzgich bilan birlashgan.

VVE—10 UZGICHI KOMMUTATSIYALI YEMIRILISHGA BARDOSHLILIGI

| Sikl toki | Uzgich to'rining sikllar soni | | |
|------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | VVE—10—20 1600 | VVE—10—31,5 1600 A gacha | VVE—10—31,5/2000 VVE—10—31,5/3150 |
| 630—1000 A | 20000 | 20000 | — |
| 1600 L | 10000 | 10000 | — |
| 2000 A | — | — | 10000 |
| 3150 A | — | — | 3000 |
| 6 kA | 120 | — | — |
| 16 kV | 30 | — | — |

| Sikl toki | Uzgich to'ring sikllar soni | | |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | VVE—10—20 1600 | VVE—10—31,5 1600 A gacha | VVE—10—31,5/2000 VVE—10—31,5/3150 |
| 20 kV | 25 | — | — |
| 9,5 kV | — | 80 | 80 |
| 19 kL | — | 40 | 40 |
| 31,5 kA | — | 25 | 25 |

Yuritmada dastakni ulash richagi; uzgich kontaktlari; ulab-uzish richagini harakatga keltiruvchi tortuvchi richag (unda uzgich holatini ko'rsatuvchi element o'rnatilgan); rostlovchi vint; yordamchi kontaktlar; boshqaruv elektr sxemasi (u alohida panelda yig'ilgan) va boshqalar bor. VVV—10—2/320 U2 K—102, K—108 KRU larida qo'llaniladi.

VKA ning qo'llanish sohalari. Katta kommutatsiya soniga ega bo'lgan ulab-uzgichlarda VKA ni qo'llash o'ta dolzarb masala hisoblanadi. Bularga kosinusli kondensatorlar sig'imining rostlovchi qurilmalar, yuklama ostida kuch transformatorlari kuchlanishlarini rostlash va boshqalar kiradi. Rossiya va xorijda olib borilgan tajribalar bu usul yuqori puxtalikka ega ekanini ko'rsatdi.

Vakuumli yoy so'ndirgichlar qo'llanganida portlovchi atmosfera vujudga kelish ehtimoli $5 \cdot 10^{-6}$ dan oshmas ekan. Demak, VEK himoya qoplamasiz portlash xavfi bor muhitda ishlay olar ekan. Agar himoya qoplama bo'lganda, VEK to'la-to'kis yong'in va portlashdan xavfsiz hisoblansa bo'lar ekan.

Tezkor VKA ni qo'llash 6—10 kV tarmoqlarda uzib o'chirgichlar tizimini yaratishga imkon beradi. Ular atmosferada keragidan ortiq portlovchi aralashmalar yig'ilib qolsa muddatidan 10—15 ms (datchiklar aniqlashidan) oldin uzish imkonini beradi. Shuningdek, inson tok o'tkazgichlarga tegib ketganida ham uning xavfsizligini ta'minlaydi.

Shuningdek, VKA ni APV bilan jihozlagan tarmoqlarda seksiyalangan apparat sifatida qo'llash yaxshi samara beradi.

Kuchlanishi 27,5 kV bo'lgan temir yo'l va kuchlanishi 6—10 kV bo'lgan temir yo'l ta'minlanuvchilari uchun maxsus vakuumli uzgichlar yaratilgan va qo'llangan. [1.22] da elektrlashtirilgan temir yo'l tortuv nimstansiyalarida VVF—27,5.1 turidagi vakuumli uzgich bayon

qilingan. Bunday uzgichning uchta qutbi ketma-ket ulangan KDV—10—1600—20 turidagi yoy so'ndirgich kameradan tashkil topgan. Uning uzish vaqti yuritma ishlash vaqti bilan olganda 0,05 s dan iborat.

Vakuumli uzgichlarni tog' sanoatida qo'llash alohida ahamiyat kasb etadi, chunki portlash va yong'in xavfi bor joyda vakuumli uzgich juda katta afzalliklarga ega.

Vakuumli uzgich tanlashda texnik-iqtisodiy izlanish va hisob-kitoblar amalga oshirilishi kerak. Har xil sharoitga har xil uzgichlar to'g'ri kelishi mumkin. Yaqin kelajakda vakuumli uzgichlar boshqa turdagi uzgichlarni siqib chiqarishi ehtimoldan holi emas. Vakuumli uzgichlar ko'pincha KRU bilan birga loyihalalanayapti.

O'ta kuchlanishni oksid-qo'rg'oshinli varistorlarni qo'llash orqali cheklash usuli. O'rta va past kuchlanishli tarmoqlarda o'ta kuchlanishni cheklash maqsadida yaqin-yaqingacha ventilli razryadniklar qo'llanar edi. Uning himoya tavsifi, asosan, uchqunli oraliqning kuchlanish teshilishi va ketma-ket qarshilikning nochiziqli koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

Oksid-qo'rg'oshinli varistorlarni qo'llash uchqun razryadisiz bo'lgan himoya apparatini yaratish imkonini beradi: ishchi kuchlanishda varistor orqali o'tadigan tok milliampperlarni tashkil qiladi. O'ta kuchlanish ro'y berganda, bu tok qiymati yuzlab va minglab amperlarga yetadi; varistorlar orqali uzluksiz ravishda tok o'ta boshlaydi. Aktiv tokning ruxsat etiluvchi zichligi har bir kvadrat santimetrga bir necha mikroampelni tashkil qiladi, ya'ni 10—20 mA/sm² ga teng.

Ishchi kuchlanishi va o'ta kuchlanish impulsining tok aktiv tashkil etuvchisiga ta'siri kritik qiymatdan oshib ketguncha cheklagich o'z ish qobiliyatini saqlaydi, bunda issiqlik muvozanati buziladi.

Nochiziqli cheklagichlarning muhim afzalliklaridan biri uning ixchamligida. Shu tufayli uni vakuum uzgichiga o'rnatish mumkin.

Mutaxassislarning bashoratiga ko'ra yaqin kelajakda nochiziqli cheklagichlar har xil o'ta kuchlanishni cheklashda asosiy vosita bo'lib qoladi.

5.4. UZGICHLARNI TANLASH

Uzgichlar to'g'risida umumiy ma'lumotlar berilganda (5.1-§) ular parametrlari to'g'risida gap yuritilib, GOST 687—78 E bo'yicha tavsiflash bayon qilingan edi. Uzgichlarni tanlashda 12 ta har xil

parametrlarni inobatga olish zarur. Biroq, ishlab chiqaruvchi zavod ma'lum parametrlar bir-biriga bog'liqligini kafolatlashi lozim, masalan:

$$I_{ul.nom} > I_{uz.nom}, \quad I_{ul.nom} > 1,8\sqrt{2I_{uz.nom}} \quad (5.13)$$

bo'lgani uchun uzgichni muhim parametrlar orqali toklash mumkin. Bular — elektr qurilma kuchlanishi $U_{uzl.} < U_{nom.}$; uzluksiz tok bo'yicha $I_{ish.n.} < I_{nom.}$; $I_{ish.max} < I_{nom.}$; uza olish qobiliyati bo'yicha. Bu parametrlar bo'yicha tanlangan uzgichning $t_{o.s.}$ orqali τ va pgu davrga taalluqli QT tokining davriy tashkil etuvchisi I_p va nodavriy tashkil etuvchisi I topiladi.

5.10-jadval

UZGICHLARNI TANLASH SHARTLARI

| Zanjirning hisobiy parametrlari | Uzgichning katalogdagi qiymatlari | Tanlov shartlari |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| U_{ust} | U_n | $U_{ust} \leq U_{not}$ |
| $I_{ish.max}$ | I_{nom} | $I_{rab.max} \leq I_{nom}$ |
| I_n | $I_{o.nom}$ | $I_n \leq I_{o.nom}$ |
| $\beta = \frac{i_a}{\sqrt{2}I_n}$ | β_n | $\beta \leq \beta_n$ |
| $\sqrt{2}I_n + i_a$ | — | $(\sqrt{2}I_n + i_a) \leq \sqrt{2}I_{o.nom}(1 + \beta_n/100)$ |
| I_{no} | $I_{ul.}$ | $I_{no} \leq I_{ul.}$ |
| i_y | $I_{max.ul.}$ | $i_y \leq I_{max.ul.}$ |
| I_{no} | I_{din} | $I_{no} \leq I_{din}$ |
| i_y | $I_{max.din}$ | $i_y \leq I_{max.din}$ |
| B_k | I_T, t_t | $B_k \leq I_T^2 \cdot t_t$ |

Birinchi navbatda, uzilish simmetrik toki quyidagi shart bo'yicha tekshiriladi:

$$I_n \leq I_{o.nom} \quad (5.14)$$

Soʻngra QT toki nodavriy tashkil etuvchisining uzish imkoniyati tekshiriladi.

$$i_a < i_{a.nom} = \sqrt{2} \beta_n I_{o.nom} / 100, \quad (5.15)$$

bu yerda: $i_{o.nom}$ — t vaqtdagi uzuvchi tokning nodavriy tuzuvchisining nominal qiymati; i_a — kontaktlar ajralganda t vaqtdagi QT tokining nodavriy tuzuvchisi; β_n — uziluvchi tokning nodavriy tuzuvchisining meʼyorlangan qiymati, % (katalogdan yoki 5.2-rasmdan).

Ushbu $I_n \leq I_{o.nom}$ va $\beta \geq \beta_n$ shartlar: bajarilganda, GOST 687—78 ga, asosan, uzgich KZ toʻla tokini uza olish xususiyati boʻyicha tanlanadi:

$$(\sqrt{2} I_p + i_a) \leq \sqrt{2} I_{o.nom} (1 + \beta_n / 100). \quad (5.16)$$

$I_{o.nom}$ va β qiymatlarini 5.1 va 5.2-raslarda keltirilgan grafiklardan yoki katalogdan aniqlanadi.

Uzgichni uza olish xususiyati boʻyicha tanlanganda quyidagi shartlar bajarilishi yetarli:

$$I_{nom} \leq I_{ul}, \quad i_y \leq I_{max.din.}, \quad (5.17)$$

bu yerda: I_{nom} va i_y — QT toki davriy tashkil etuvchisining harakatdagi qiymati.

Tanlangan uzgichni ikki shart boʻyicha tekshirish yuqorida aytib oʻtilgan fikrlar boʻyicha olib boriladi. Tanlangan uzgich termik bardoshlilik QT tokining kvadratik impulsining hisobiy qiymati boʻyicha va katalogdan olinadigan qiymatlar boʻyicha olib boriladi:

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_\tau, \quad (5.19)$$

bu yerda: B_k — QT tokining impulsiv issiqligi (hisobiy); I_T — tokning oʻrtacha kvadratik miqdori (termik bardoshlilik toki, katalogdan); t_τ — termik bardoshlilik tokining oʻtish vaqti (katalogdan).

Shuni aytib oʻtish kerakki, QT tokining hisobiy koʻrinishi (elektrdinamik va termik barqarorlikni tekshirish uchun) uch fazali QT

ga to'g'ri keladi. Samarali yerga ulangan neytral tarmoqlarda (kuchlanishi 110 kV va yuqori) bir fazali QT toki uch fazali QT tokidan katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun uzish qobiliyatini eng og'ir hollarda tekshirish kerak bo'ladi.

Uzgichni tiklanuvchi kuchlanish bo'yicha tekshirish o'tkazilmaydi, chunki ko'p tizimlarda real shartlar bo'yicha tiklanuvchi kuchlanish uzgich kontaktlarida qo'yilgan shartlarga to'g'ri keladi. Shunga qaramay ba'zi bir hollarda tiklanuvchi kuchlanishlar real qiymatini aniqroq topish talab etiladi. 5.11-jadvalda uzgichni muhim parametrlar bo'yicha tanlash shartlari keltirilgan.

Agar hisobiy xususiy tiklanuvchi kuchlanish $U_B(t)$ 5.20-rasmda ko'rsatilgandek o'zgarsa, ya'ni, $U_B(t)$ ning o'zgarish cho'qqisi chegaraviy grafik I dan tashqariga chiqmasa, boshlang'ich qismida esa $U_B(t)$ bir marotaba kechikish chizig'ini kesib o'tsa, unda tanlangan uzgich VPN ning barcha parametrlari bo'yicha qanoatlantiradi.

Kerakli parametrlar aniqlangach, uzgichni konstruksiyali tanlash masalasi yuzaga keladi, chunki bir xil hisobiy parametrlarda har xil uzgich turlari tanlanishi mumkin. Bu tanlov texnik-iqtisodiy qiyoslar orqali amalga oshiriladi.

6-BOB. O'ZGARMAS TOKLI ELEKTROMAGNITLI TEZKOR UZGICHLAR

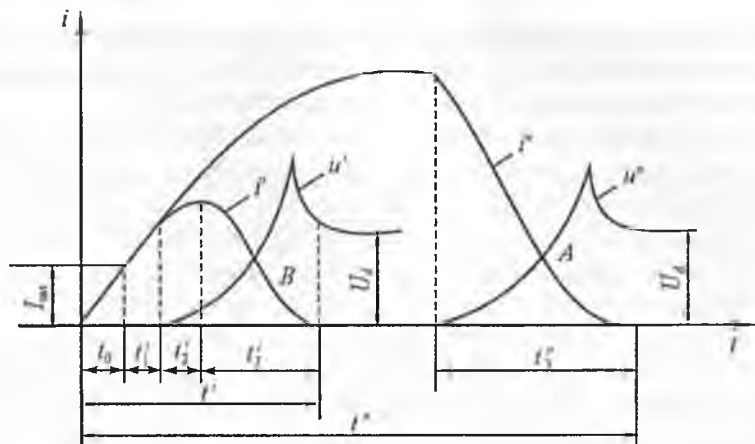
6.1. VAZIFASI, ASOSIY PARAMETRLARI, TASNIFI VA ULARGA QO'YILADIGAN TALABLAR

Tortish nimstansiyasi o'zgartgichlari va fiderlar kontaktlarini me'yorida ekspluatatsiya qilish holatlarida va QT davrida yoki o'ta yuklanish ro'y berganda ulab-o'chiruvchi asosiy apparatlardan biri tezkor uzgich hisoblanadi. Tezkor uzgichlar o'zgarmas tokli kuchli generatorlar va motorlarni QT va o'ta yuklanishdan tashqari mashina kollektorida doiraviy olov paydo bo'lganida ham himoyalaydi. Shunday qilib, kuchli o'zgarmas tok qurilmalarini va o'zgartirgichlarini elektr energiyasi bilan puxta va uzluksiz ta'minlash uchun turli xildagi tezkor uzgichlar zarur bo'ladi. Bunda, asosan, uzgichlar himoyalovchi va samarali bo'lishi bilan bir qatorda juda tezkor ishlashi talab etiladi.

Tezkor avtomat uzgichlarning xossalari quyidagilar bilan belgilanadi: ular ishi davomidagi jarayonlar, himoya kuchi, tezkorligi va boshqalar.

Uzgichning xususiy uzilish vaqti yuzdan besh soniyadan oshmasa, bunday uzgich *tezkor uzgich* deb ataladi. Uzgichning *xususiy uzilish vaqti* deb, unga tok berilganda tok qiymati qurilma toki qiymatiga yetgan paytdan uzgich kontaktlarida kuchlanish paydo bo'lgungacha o'tgan vaqt oralig'iga aytiladi. Qurilma uzgichni ishlatib yuboradigan tok qiymati I_{ust} ga *mo'ljal toki* deyiladi.

O'zgarmas tok uzgichlarini uzish tezligini tavsiflovchi grafik 6.1-rasmda keltirilgan. Tezkor uzgichning tok cheklash xususiyati rasmda i^1 bilan, tezkor bo'lmaganiniki esa i^{11} bilan ko'rsatilgan. Odatda, uzishning to'la vaqti t^1 uchta davrdan iborat. Birinchi davrning vaqti t_0 , bu vaqt tok qurilma toki qiymatiga yetguncha davom etadi va bu tok asosiy zanjir parametrlari (R , L , C) ga bog'liq bo'lgan holda qo'llangan uzgichning sifatini belgilamaydi. Bu vaqt barcha qo'llangan uzgichlarda bir xilda bo'lib qolaveradi. Rasmdagi t^1 — uzgichning *xususiy vaqti* deb atalib, uzgich tezkorligini ko'rsatuvchi asosiy parametr hisoblanadi. Bu davrda tokning o'sish sur'ati juda katta bo'lib, atigi bir necha millisoniyada kechsa ham himoya zanjiridagi tok qiymatini ko'tarib yuboradi. QT tokini maksimal cheklash uchun bu vaqt juda qisqa bo'lishi kerak. Bu vaqt, asosan, uzgichning konstruktiv xususiyatlariga, mexanik qismlar-



6.1-rasm. O'zgarmas tok uzgichining qisqa tutashish davridagi uzishida tok va kuchlanishlar o'zgarish grafiklari.

ning inersiyalari va magnit oqimining zanjir tokiga qarab o'sishining kechikishiga bog'liq. Shuning uchun tezkorlik uzgich konstruksiyasi bilan uzviy bog'langan. Bu hol hamma turdagi uzgichlarga ham taalluqli. Tezkor uzgichlarda xususiy vaqt mingdan bir soniyaga, tezkor bo'lmaganlarda o'ndan bir soniyaga teng.

6.1-rasmdan ko'rinadiki, tezkor uzgich QT tokini o'rnatilgan qiymatiga yetmasdan avval uzadi. Shunga ko'ra qo'shimcha «tezkor» atamasi «cheklangich» atamasi bilan almashtiriladi. Bu hol uzgich tezligini aniqlash bilan birga ikkinchi effektini ham ko'zda tutadi.

Kontaktlar ajralishi bilan zanjir qarshiligi yoy qarshiligi tufayli o'sa boradi. Biroq, ma'lum bir vaqtdan keyin (odatda, bir necha millisoniyadan so'ng) tok o'sishda davom etsada, uning o'sish tezligi kamaya boshlaydi. So'ngra yoy qarshiligi ancha kattalashgach, tok kamaya boshlaydi.

Tokni cheklash vaqti t_2 kesmasi bilan tavsiflanadi. Bu vaqt kontakt ajrala boshlagandan to zanjirda tok maksimal qiymatga ega bo'lgunga qadar o'tgan davrni qamraydi. Yoy so'nish vaqti t_3^1 bilan belgilanadi. Shu vaqt ichida yoy magnit puflagichi ta'sirida cho'zilib, yoy so'ndirgich kameraga kirib boradi va u yerda o'chadi. t_3^1 vaqt ichida qarshilik o'sa borishi tufayli, tok kamaya boshlaydi va uzgichning normal ishlashida nolgacha tushadi.

Katta toklarni o'chirganda zanjir induktivligida yig'ilgan magnit energiya elektromaydoni energiyasiga aylanadi. Shu tufayli tezkor uzgichning kontakti uzish oxirida o'ta kuchlanish ro'y beradi. Uziluvchi zanjir sig'imi kichik bo'lgani tufayli o'ta kuchlanish katta qiymatlarga

ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun yoyning so'nish vaqtini qisqartiruvchi yoy so'ndirgich qurilmasini qo'llash o'ta kuchlanish paydo bo'lishini hisobga olgan holda amalga oshirilishi kerak.

6.1-rasmda tezkor bo'lmagan uzgich parametrlari ikkita shtrixli harflar bilan ifodalangan. Ulardan ko'rinadiki, to'la vaqtlar t' va t'' larga asosan uzgichning xususiy vaqtlari t_1' va t_1'' ta'sir etar ekan. t_1' va t_1'' lar esa, o'z navbatida, uzgichning uzish mexanizmlariga bog'liq bo'lib qoladi.

Tezkor bo'lmagan uzgichlar, odatda, ushlab turuvchi qulflarga ega. Shunga ko'ra bu elementga ko'proq vaqt sarflanadi.

Uzgichning muhim ko'rsatkichlaridan biri uning kichik toklar ($0,1 \cdot I_N$) ni ham uza olishidir. Ma'lumki, barcha uzgichlarda yoy magnit maydoni ta'sirida kamerada harakatga keladi. Bu harakat zanjir toki qiymatiga bog'liq. Tok qanchalik kichik bo'lsa, maydon kichik bo'ladi va yoy so'nishi qiyinlashadi. Standart bo'yicha uzgichlar $0,1 \cdot I_N$ ni uzmasligi mumkin. Biroq, amalda bu shart hamma vaqt ham bajarilavermaydi. Gap shundaki, operativ talablarga ko'ra uzgichni ishlatib kuchlanishni olish uchun ma'lum bir yuklama (masalan, 600 A—6000 A li uzgichlar bilan) bo'lish sharti qo'yilmaydi. Undan tashqari, katod sifatida ishlovchi uzgichlar 200—300 A li uzuvchi avtomatik qurilmalarga ega. Kichik toklarni uzish ko'pincha yoy paydo bo'lishiga va u yoy so'ndirgich kameraning bir devoriga yopishishi, to nimstansiya shinasidagi kuchlanish olinmaguncha (to'g'rilagich agregat uzilmaguncha) davom etishiga olib keladi.

Hozirgi paytda liniyalı va katodli tezkor avtomatik uzgichlarning bir qancha turlari ishlab chiqarilmoqda. Ular 1500, 3000, 6000 A nominal tokka va 600, 825, 1650 va 3000 V nominal kuchlanishga; anodli uzgichlar 825 V to'g'rilangan kuchlanishga, 4000, 6000 A tokka mo'ljallab ishlab chiqarilmoqda.

Quyida eng ko'p tarqalgan uzgichlar konstruksiyalari va ishlash prinsipi bilan tanishib o'tamiz. Uzgichlarning texnik tavsiflari 6.1-jadvalda keltirilgan (VAT-42 va VAT—43 turidagi uzgichlar ham keltirilgan. VAB—42 tavsiflariga o'xshash tavsiflarga ega bo'lgani holda xususiy uzish vaqtlari qiymatlari bilan farqlanadi).

Uzgichlar ularni tavsiflovchi, bajarilishi va vazifasini belgilovchi shartli belgilarga ega. Masalan, VAB—28—3000/30—L uzgichi quyidagicha izohlanadi: V — ulagich, A — avtomatik, B — tezkor, 28 — konstruksiyaning tartib raqami, 3000 — nominal tok, A; nominal kuchlanish 3000 V gacha; L — liniyalı. Bulardan tashqari, boshqa harflar quyidagilarni belgilaydi: K — o'rnatilish joyi (katodli), f — fiderli, T — tok cheklovchi, u — iqlim sharoiti, undan keyin keladigan raqam — o'rnatish toifasini bildiradi.

6.1-jadvalda o'zgarma tok tezkor uzgichlarining texnik tavsiflari keltirilgan [6.2].

6.1-jadval

O'ZGARMA TOK TEZKOR UZGICHLARI TEXNIK TAVSIFLARI

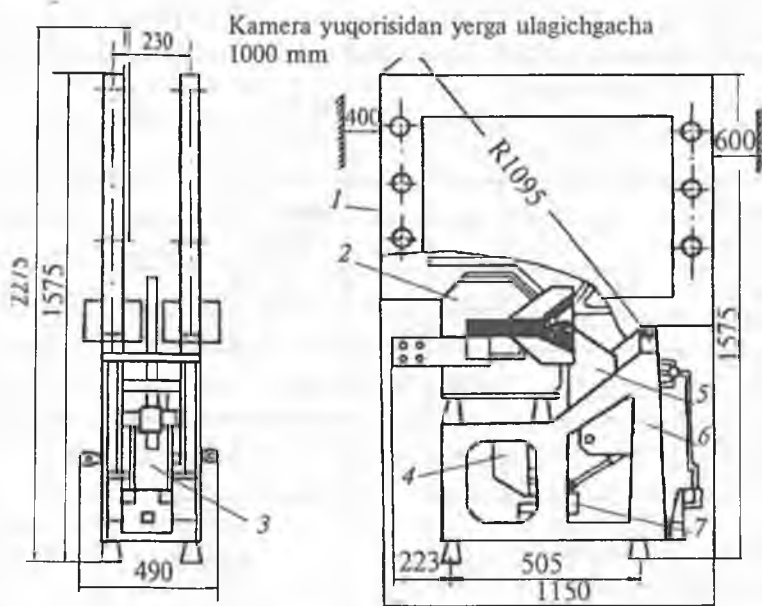
| Uzgich turi | Vazifasi | I_{nom} , A | U_n , B | Sozlash ko'lam, RDSH, A | Ushlovchi tok D_k , A | I_{ul} , A | Asosiy kontaktlar juftligi | Maksimal uzish toki, kA |
|-----------------------|------------------------------------------------|---------------|-----------|-------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| VAB-28-3000/15 K | Teskari toklarni uzish | 3000 | 825 | — | 1,1 | 55 | 1 | 30 |
| VAB-28-6000/15 K | | 6000 | 825 | | 1,1 | 55 | 2 | 30* |
| VAB-28-3000/15 ϕ | QT va o'ta yuklanishni uzish | 3000 | 825 | 2400—6000 | 1,1 | 55 | 1 | 30* |
| VAB-28-6000/15 ϕ | | 6000 | 825 | 6000—12000 | 1,1 | 58 | 2 | 220* |
| VAB-42-4000/10 | | 4000 | 1050 | 4800 | 2,5 | 60 | 2 | 50 |
| VAB-42-6000/10 | | 6000 | 1050 | 8000 | 5 | 1200 | 2 | 70 |
| VAB-42-9000/10 | | 9000 | | | | 180 | 6 | 70 |
| 6XVAB-43/1-3000 | Ichki shikastlardan to'g'rilagichni himoyalash | 3200 | | — | — | | | |
| 6XVAB-42/1-6000 | | 6300 | | | | | | |

6.2. VAB—28 TURIDAGI UZGICH

Yuqori quvvatli va nominal kuchlanishi 3300 V bo'lgan o'zgartgich qurilmalarini himoyalash maqsadida katta quvvatli o'zgaruvchi sifatida VAB—28 turidagi tezkor uzgich qo'llaniladi. O'chirish quvvatini oshirish uchun bu uzgich ketma-ket ulangan ikki juft kontaktlarga ega. Bu kontaktlar zanjirni bir vaqtning o'zida ikki joyda uzadi. Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi kontaktlar juftining biri o'z yoy so'ndirgich magnit puflagichli kameralariga ega. Kameralar yonma-yon joylashgan bo'lib, umumiy kontakt guruhlariga ega.

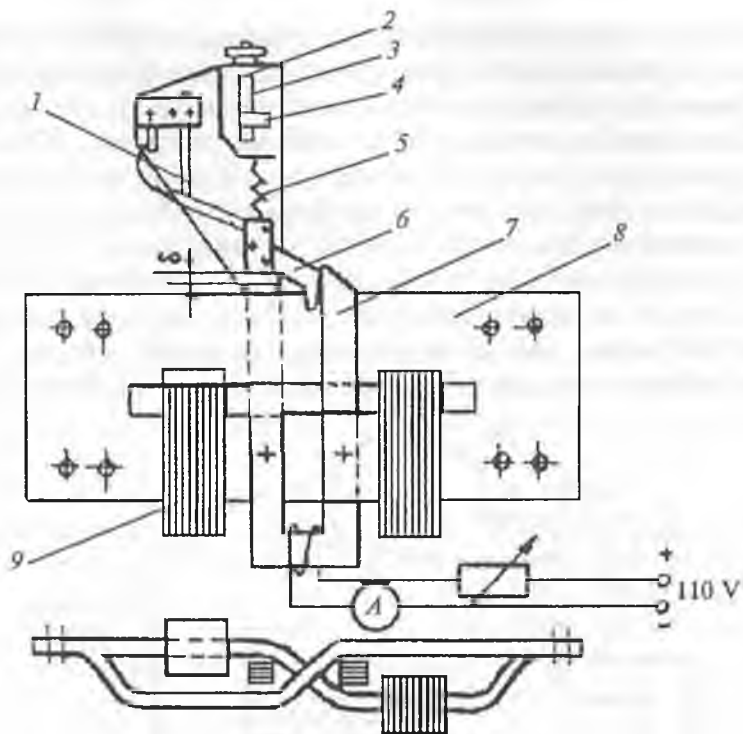
VAB—28 uzgichi (6.2-rasm, 6.1-jadval) vazifasi va nominal toki qiymatiga ko'ra 8 tizimga ega. Uziladigan zanjirga ko'ra liniyalı (fiderli) va katodli bo'ladi.

Liniyalı uzgichlar rele-differensial shunt RDSH bilan komplektlangan holda ishlab chiqariladi. Bu shunt maksimal tok relesi vazifasini bajaradi va nominal toki 3000 A (RDSH—1) va 6000 A (RDSH—11) bo'lgan ikki tizimda ishlab chiqariladi. Fider yuklamasi kattalashganda VAB—28—3000/30-L uzgichi nominal tokini oshirish uchun uning kuch kontaktlarini o'zaro parallel ulash kifoya va uning



6.2-rasm. VAB—28 turidagi tezkor uzgichning umumiy ko'rinishi:

1 — yoy so'ndirgich kamera; 2 — qo'zg'almas kontakt; 3 — magnit o'tkagich; 4 — yakor; 5 — qo'zg'aluvchi kontakt; 6 — korpus; 7 — ushlab turuvchi kontakt.



6.3-rasm. RDSH turidagi relening umumiy ko‘rinishi:

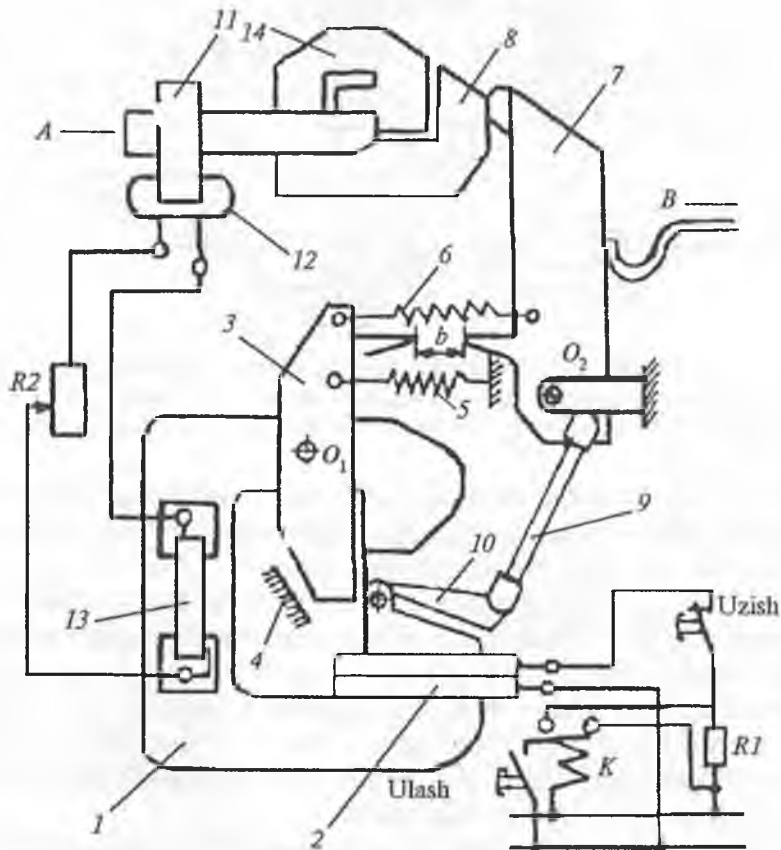
1 — kontaktlar; 2 — skoba; 3 — shkala; 4 — strelka; 5 — prujina; 6 — yakor; 7—magnit o‘tkazgich; 8 — shina; 9 — elektr texnika po‘lat paketlari.

nominal toki 3000 dan 6000 A gacha ortadi. Bu holda uzgichning dastlabki holatini saqlab qolish uchun ikkita uzgichni ketma-ket ulab, bitta RDSH—11 dan harakatlantirish kerak.

VAB—28—3000/30-K turidagi katod uzgichi VAB—28—3000/30-L uzgichdan magnit o‘tkazgichiga teshik orqali kirib boruvchi shinalar borligi bilan farqlanadi. Hozir mavjud uzgich konstruksiyalari ancha universal bo‘lgan VAB—28 tezkor uzgichlari nominal toki 1,5 dan to 6 kA gacha, nominal kuchlanishi esa 825 dan 3000 V gacha ko‘lamni qamraydi. VAB—28 uzgichning umumiy ko‘rinishi va asosiy o‘lchamlari 6.2-rasmda keltirilgan.

Uzgich mexanizmning ishlashi kuchli prujinalar yordamida amalga oshiriladi. Prujina ushlab qoluvchi g‘altak zanjiridagi uzuvchi kontakt richagiga ta‘sir etadi. Ushlab qoluvchi g‘altak zanjirining uzilishi uzgich avtomatik ravishda ishlaganda, tezkor RDSH ning (6.3-rasm) maxsus kontaktlari yordamida bajariladi.

RDSH turidagi differensial shuntli maksimal tok releining asosiy elementi Π simon magnet o'tkazgich bo'lib, u yakor bilan sharnir orqali bog'langan. Rele chulg'ami sifatida shunt xizmat qiladi. Shunt sifatida esa ikkita parallel ulangan shina kesmalari ishlatilgan. Shinalarda himoyalananayotgan zanjir toki oqadi. Har bir shina kesmasi magnet o'tkazgich atrofida ikkita yarim o'ram hosil qiladi. Ulardan tok o'tganda o'zakdan bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan magnet oqimlari oqa boshlaydi. Shina kesmalarining bittasiga ikkita paket o'rnatilgan. Ular yupqa transformator po'lat tunukalaridan yig'ilgan. Bu shina bo'lagidagi induktivlik boshqa parallel ulangandagiga qaraganda kattaroq bo'lib, asosan paketga sarflangan po'lat tunukalar soniga bog'liq. Yarim shinalar



6.4-rasm. VAB—28 turidagi uzgichning elektromagnitli mexanizmi:

1 — elektromagnit; 2 — ushlab turuvchi g'altak; 3 — yakor; 4 — tirgak; 5—6 — prujina; 7—8 — kontaktlar; 9 — tortgich; 10 — yordamchi yakor; 11 — o'zak; 12 — chulg'am; 13 — uzuvchi g'altak; 14 — magnet puflagich g'altagi.

ko'ndalang kesimi bir xil bo'lgani uchun magnit o'tkazgichdagi umumiy magnit oqimi nolga teng va u releni ishlata olmaydi. QT ro'y berganda, tok eksponenta bo'yicha o'sa boradi va pastki shina bo'lagida EYUK— Ldi_{nij}/dt hosil bo'ladi. Bu EYUK o'tayotgan tokka qarshilik ko'rsatadi. Natijada, tokning ko'p qismi shinning yuqori bo'lagidan o'ta boshlaydi — magnit yurituvchi kuch MYUK paydo bo'ladi va u releni ishlatib yuboradi va yakor qutbga tortilib, kontakti uzadi.

Tokning o'sish tezligi qancha katta bo'lsa, rele shunchalik tez ishlaydi va bu ishlash tok statik mo'ljaliga yetmasdan ancha avval ro'y beradi. Prujinaning tortish kuchini uning vintiga ta'sir etish bilan statik mo'ljal toki qiymatini rostlash va sozlash mumkin.

VAB—28 tezkor uzgichning ishlashi 6.4-rasmda keltirilgan sxema bilan izohlanadi.

Uzgich elektromagnitli mexanizmining asosi ushlab turuvchi g'altak va yakorli C simon o'zgarimas tokli elektr magnitdan iborat.

Yakor o'q C_1 atrofida «Ulangan»dan to «Uzilgan» holatigacha aylanadi. «Ulangan» holatida yakor o'zgarimas tok o'tuvchi g'altak hosil qiladigan elektr magnitli kuchlar yordamida ushlanib turadi. Elektr magnitning magnit tizimi «Ulangan» holatida tutashgan bo'ladi. Shu tufayli yakorning ushlab turishi uchun ozgina magnitlovchi kuch kifoya. Uzgichni ulash uchun g'altakdan katta tok o'tkazish zarur. Bu kontakt $K1$ orqali qarshilik $R1$ ni shuntlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Yakor qutbiga elektromagnit tortilganda, prujinalar cho'ziladi, binobarin prujina 6 qo'zg'aluvchi kontakt 7 ni uzish vaqtida kerakli tezlanish bilan harakatlanishini ta'minlaydi.

Yordamchi yakor bilan kontakt 7 ni bog'lovchi tortish uzgichda erkin uzilish imkonini beradi. Buning asosida kontaktlar 7 va 8 ning g'altak 2 da forsirovka olinmasidan oldin juftlanishiga yo'l qo'ymaslik yotadi.

Himoyalalanuvchi zanjir toki A shinaga kirib B shinadan chiqadi, masalan, A shinada elektr texnik po'lat o'zak o'rnatilgan. Uning g'altagi boshmoqlari qo'shimcha qarshilik $R2$ orqali uzgich uzuvchi g'altakka ulangan. Bu g'altak o'qi magnit oqimi yo'nalishiga 90% burchakka burilgan holda joylashgan va o'ramlar magnit o'tkazgich I ning maxsus teshiklaridan o'tkazilgan. Shu tufayli g'altakdagi tok ma'lum miqdorga yetishi bilan uzgich uziladi.

Tok teskari tomonga yo'nalganda va uzgich g'altakdan o'tganda zanjirda uning qiymati keskin tushib ketadi (tok nol qiymatdan o'tganda) va EYUK hosil qiladi. Bu EYUK uzuvchi g'altak $I2$ zanjirida tok paydo qiladi. Uzuvchi g'altak magnit oqimi elektromagnitli o'tkazgichlarini to'yintiradi, natijada, asosiy oqim yo'lidagi magnit qarshiligi

o'sadi. Yakorni tortuvchi kuch kamayadi va u prujinalar 5 va 6 ta'siri natijasida harakatga keladi. Qo'zg'aluvchi kontakt 7 ning ajralish tezligi yakor kinetik energiyasi hisobiga amalga oshadi. Havo bo'shlig'i tanlangandan so'ng bu energiya zarb bilan kontakt 7 ga uzatiladi. Ishlash tokini rostdash qarshilik 22 bilan bajariladi.

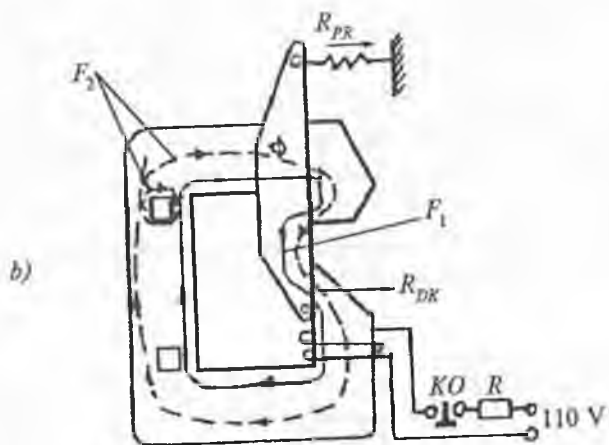
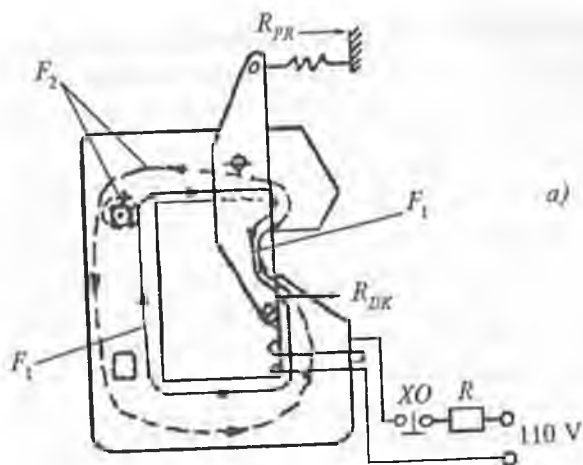
Yoyni so'ndirish asbomentdan yasalgan kameraning bo'ylama o'ymalarida amalga oshiriladi. Katod uzgichlar magnit tizimining ishlash tamoyili (BAOD uzgichi uchun) 6.5-rasmda ko'rsatilgan. Uzgich VAB—28 katod zanjirida rele RDSH bo'lmaydi. Bu holda teskari tokda uzgichni uzish uchun magnit o'tkazgichdan o'tuvchi shinachalardan foydalaniladi. Uzuvi o'ram magnit oqim F_2 asosiy magnit oqimi F_1 ga qarama-qarshi yo'nalgan. Uzuvi o'ram magnit o'tkazgich teshigidan o'tgan joyda o'ta magnit to'yinishi yuz beradi. Natijada, 200—300 A atrofida tokni ushlab turuvchi magnit oqimi harakati to'xtaydi. Uzuvi kuch F_{pr} kuchayadi va uzgich uziladi.

Agar tok to'g'ri (ishchi) yo'nalishda harakatlansa (6.5-*b* rasm), magnit oqimlar F_1 va F_2 yuqori magnit o'tkazgich bilan ilashib turgan joyida bir xil yo'nalishga ega bo'ladi, boshqacha aytganda, tok qiymati ortishi bilan ushlab turuvchi kuch ham ortib boradi. Tok qiymati 2000—3000 A bo'lsa, magnit oqimi F_2 yakorini ushlab turish quvvatiga ega (hatto ushlab turuvchi g'altak toksizlashtirilgan bo'lsa ham). Bu hodisa xavfli hisoblanadi, chunki operativ uzishda uzgich tok ta'sirida ham ulangan bo'lib qolaveradi. Bu hodisani yo'qotish maqsadida uzgich teskari tok boshqaruv sxemasida qutblashtirish (teskari yo'naltirish) ko'zda tutiladi. Shuningdek, to'g'rilagichni dasturli boshqarish ham ko'zda tutiladi.

Katod uzgich VAB—28 ni operativ boshqarish o'zgarmas tokda universal ulab-uzgich SA (6.6-*a* rasm) yordamida bajariladi. Uzgichni ulash maqsadida SA ulab-uzgichni «Vkl» (— 45) holatiga qarab bo'linadi.

Bunda 1—2 zanjirdagi SA3 kontakti ulangan holda qoladi va 5—3 zanjiridagi SA2 kontakti ulanadi. Kontakt g'altagi KM zanjiriga ulanadi, kontaktor kontaktlari g'altak YA1 ni ushlab turuvchi zanjirdagi qo'shimcha qarshilik R2 ni shuntlaydi, g'altakda tok 1 dan 50 A gacha (220 yoki 100 V da) ortadi va yakor tortiladi.

Biroq, erkin uzuvi mexanizm g'altakdan katta tok o'tmaguncha kontakti ulanmagan holda ushlab turadi. Yakorning 3 tortilishi bilan natijada 7—8 zanjirdagi (6.4-rasm) bloklovchi kontaktlar QF va 11—12 zanjiridagi kontakt QF ulanadi, 9—10 zanjiridagi QF kontakt esa uziladi. Bir vaqtning o'zida 5—8 zanjirdagi QF kontaktor g'altagi KM ni tokdan ajratadi va kontaktor uziladi.



6.5-rasm. VAB—28—K turidagi uzgich elektromagnetida magnet oqimlarining yo'nalishi:

a — tok teskari yo'nalishda oqqanda; *b* — tok to'g'ri yo'nalishda oqqanda; F_1 — ushlovchi g'altak tokidan hosil bo'lgan magnet oqimi; F_2 — uzuvchi o'ram tokidan hosil bo'lgan magnet oqimi.

Shuning uchun 3—4 zanjirdagi uning kontaktlari rezistor R_2 ni shuntlashdan ozod qiladi. Ushlab turuvchi g'altak toki 1 A gacha pasayadi, shunga ko'ra yakorning erkin uzuvchi kontaktlari bo'shshib, magnet o'tkazgichdan ajraladi va uzgich uziladi.

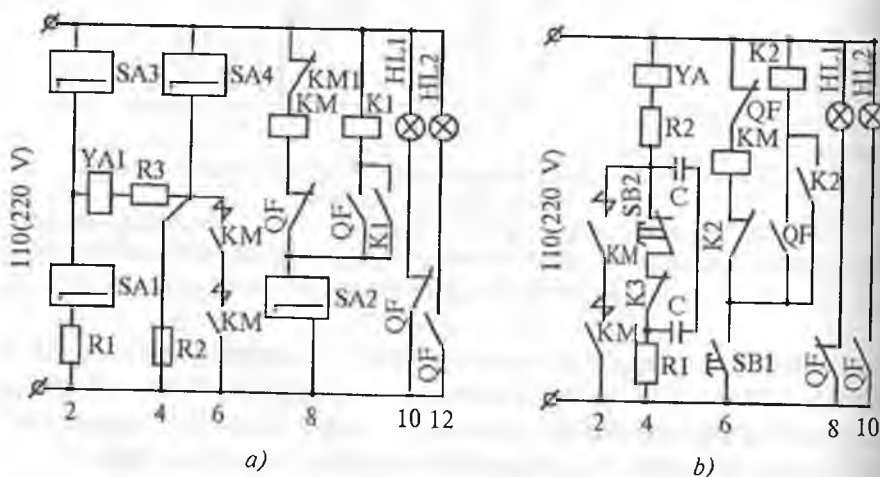
QF kontaktlari ulangach rele g'altagi $K1$ ga tok bera boshlaydi. G'altak o'z navbatida $K1$ 5—8 zanjirini va 7—8 zanjirini ulaydi.

Kontakt *K1* uzgichni *QT* da yuz beradigan «shovqin» dan asraydi *SA* dastagi tushirilganda, u nol holatiga qaytadi. Kontakt *SA2* uziladi va rele *K1* birlamchi holatiga qaytadi. Ushlab turgan uzgich g'altagidan uzluksiz ravishda 1 A tok o'tib turadi.

Uzgichni operativ uzish uchun, ushlab turuvchi g'altakdagi tok yo'nalishini o'zgartirish kerak. Bunda ishchi tok hosil qilayotgan magnit oqimi kompensatsiyalanadi. *SA* ni «otkl» (+45) holatigacha burash bilan 1—2 zanjiri uziladi va 1—2 va 3—4 zanjirlari ulanadi.

Liniya uzgichi (6.6-*b* rasm) boshqaruv sxemasida uzgichni avtomatik ravishda uzish rele *RDSH* ning *KZ* kontakti bilan bajariladi. *KZ* kontaktiga parallel ravishda ketma-ket ulangan ikkita kondensator (0,5 mkF) ulanadi. Kontaktor kontaktlarini ushlab turuvchi g'altak *YA1* zanjirdagi rezistor *R2* ni shuntlaydi, natijada, g'altakdan 220 V kuchlanishda 1 A dan 80 A gacha yoki 110 V da 100 A gacha kattalashgan tok oqa boshlaydi va yakor tortiladi. Biroq, bu holda ham erkin uziluvchi mexanizm ta'sirida kontaktni ulanishdan to'xtatib turadi. Bu hol g'altak *YA1* dan katta tok o'tguncha davom etadi. Natijada, yakor 3 tortilishi oqibatida 6.4-rasm bloklovchi kontakt *QF* 7—8 zanjirida va *QF* 11—12 zanjirida ulanadi hamda 9—10 zanjirida uziladi.

RDSH kontakti uzilganda, zanjirda tok tushishining tebranish holati paydo bo'ladi. Tokning yarim davri manfiy bo'lgani tufayli magnit o'tkazgichli qoldiqning magnitlanish qobiliyati yo'qoladi va bu holat uzgich tezkorligini oshiradi.



6.6-rasm. VAB—28 turidagi uzgichning prinsipial elektr sxemasi: katodli (a) va liniyali (b).

Tezkor uzgichni rostdash va sozlash bo'yicha texnik me'yorlar va talablar quyidagilardan iborat:

| Uzgich turi | VAB—28 | VAB—42 |
|-------------------------------------------|----------|---------|
| Asosiy prujinalarning tortish kuchi, H | 1470 | 1464 |
| Kontakt bosimi, H | 225—248, | 343—392 |
| Yoy so'ndirgich kontaktlar yo'nalishi, mm | 2—3 | 2—2,5 |
| Kontaktlar oralig'i, mm | 9—10 | 10—14 |

6.3. VAB—42 VA VAT—42 TURIDAGI UZGICHLAR

VAB—42 va VAT—42 turidagi uzgichlar TU-16-520. 160-75 talablarga javob bergan holda tiristorli o'zgartgichlar va boshqa o'zgarimas tok qurilmalarini kuchlanish 230, 460 va 1050 V bo'lganda himoyalash uchun xizmat qiladi. Uzgichlar xususiy ishlash vaqti uvariya tokining maksimal qiymatida va uning boshlang'ich o'sish qiymati 3—10°A/s dan kam bo'lmaganda VAT—42 uchun 2 ms, VAB—42 uchun—7 ms. Uzgichlar 2, 4, 6, 3 va 10 kA ga mo'ljallab chiqariladi.

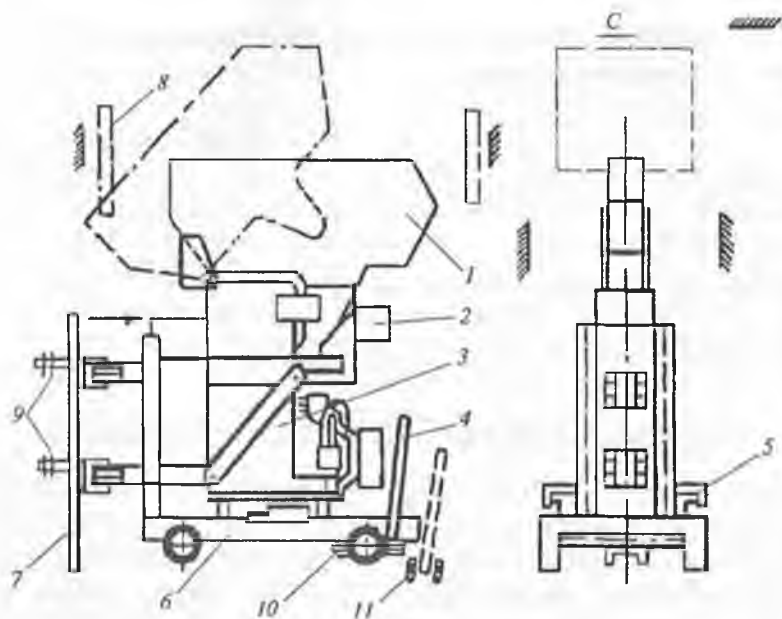
Uzgichlarning nurashga bardoshlilik resursi (bu resurs tok 4 kA aravacha, kontaktlar tozalanmaganda) 15 sikldan iborat. Mexanik nurashga bardoshlilik $I_{nom} = 2$ kA, $I_{nom} = 4, 6.3$ va 10 kA da esa 10 sikl, ishlash muddati — 20 yil.

Uzgichlar bir xillashtirilgan (unifikatsiyalangan) konstruktiv bloklardan tashkil topgan. VAT—42 turidagi uzgichlar yoy so'ndirgich kamera, induksiyali-dinamik yuritma, qutblar, dastak, yerga ulash plastinkalari, aravacha, izolatsiyalovchi ekran paneli, boshqarish zanjiri kontakt tizimi, qulf va tirgovich (6.7-rasm)dan iborat. Yoy so'ndirgich kamera 6.8-rasmda ko'rsatilgan.

Qutb kontakt tizimi asosiy qo'zg'almas va asosiy qo'zg'aluvchi kontaktlardan iborat, qo'zg'almas kontakt bir vaqtning o'zida magnit puflagich g'altagi vazifasini ham o'taydi. Uzgichning asosiy kontaktlari yoy so'ndirgich kontaktlari orqali himoyalanaadi. Asosiy kontaktlar yaqiniga elektrodlar joylashgan bo'lib, ulardan yoy siljiydi.

Erkin ajraluvchi mexanizm magnit o'tkazuvchi skoba, prujinalar, richag va yakordan tashkil topgan.

Tez harakatlanuvchi yuritma g'altak va magnit o'tkazgichdan tashkil topgan elektromagnitdan, yakor va uzuvchi prujina hamda



6.7-rasm. VAT—42 turidagi uzgich konstruksiyasi:

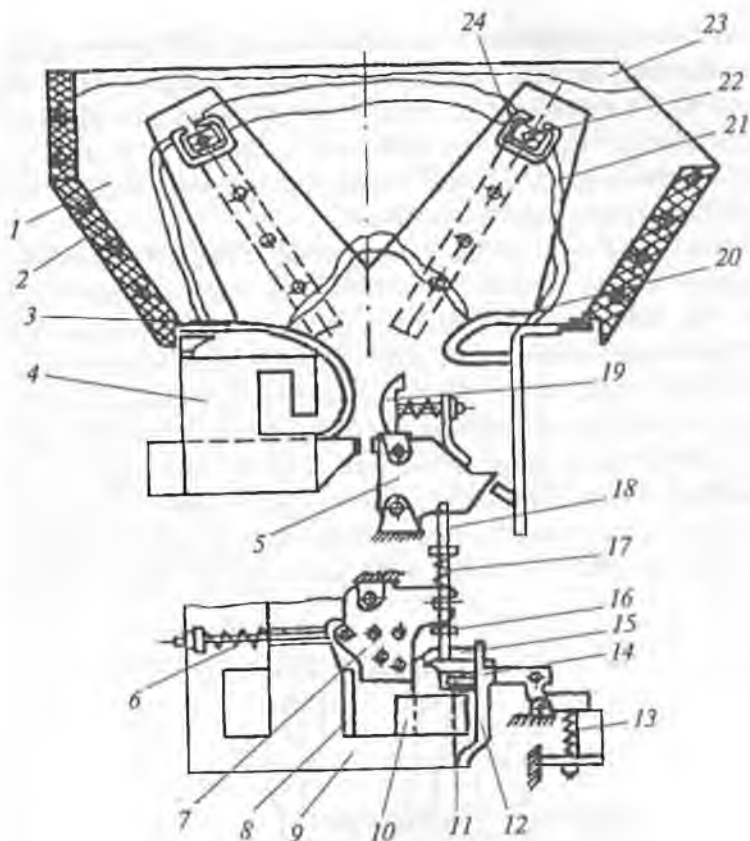
1 — yoy uzgich kamera; 2 — induksiyali-dinamik yuritma; 3 — qutb; 4 — dastak; 5 — yerga ulash plastinkasi; 6—aravacha; 7 — panel; 8 — izolatsiyali ekran; 9 — boshqarish zanjirining kontakt tizimi; 10 — qulf; 11 — tirgak.

tirgaktan iborat. Yuritma qo'zg'aluvchi kontakt bilan, tortgich esa richag bilan birlashgan.

Yoy so'ndirgich kamera asbosementli tashqi shchit, yonbosh o'rnatmalar, ichki V simon to'siqlar va П simon magnit o'tkazgichlardan iborat.

VAB—42 uzgichlari RDSH—200 relelari bilan ta'minlangan (6.9-rasm). Bu relelar ushlagich g'altak zanjirini uzish orqali signallar uzatish uchun mo'ljallangan. Bu relening tok o'tkazgich shinasini ikkita parallel shoxobchalarga ajralgan bo'lib, uning bittasiga elektr texnik po'latdan yasalgan plastinkalar tizilgan.

Shinaga magnit o'tkazgich birlashtirilgan. Yoninasiga joylashgan panelga strelkali pribor, uzuvchi kontakt o'rnatilgan. Pribor mo'ljalo'rnatuv toki qiymatini o'rnatishga mo'ljallangan, u yakor va magnit o'tkazgich oralaridagi prujina kuchini uzaytirish orqali rostlanadi, g'altak yordamida relening mo'ljal toki tekshiriladi. QT tez o'sa borganda, relening mo'ljal toki kamayadi. Bunga sabab — shina shoxobchalardan o'tadigan toklar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan.



6.8-rasm. VAT—42 turidagi uzgichning yoy so'ndirgich kamerasi:

1 — yoy so'ndirgich kamera; 2 — yonbosh ulagich; 3, 20, 24 — elektrodlar (shoxchalar); 4 — asosiy qo'zg'almas kontakt; 5 — asosiy qo'zg'aluvchi kontakt; 6 — uzuvchi prujina; 7, 11 — yakor; 8, 15 — tirgak; 9 — magnet o'tkazgich; 10 — g'altak; 12 — magnet o'tkazgich qisqichi; 13 — prujina; 14 — qulf; 16 — richag; 17 — qaytuvchi prujina; 18 — tortgich; 19 — yoy so'ndirgich kontakt; 21 — to'siqlar; 22 — П simon magnet o'tkazgich; 23 — shitlar.

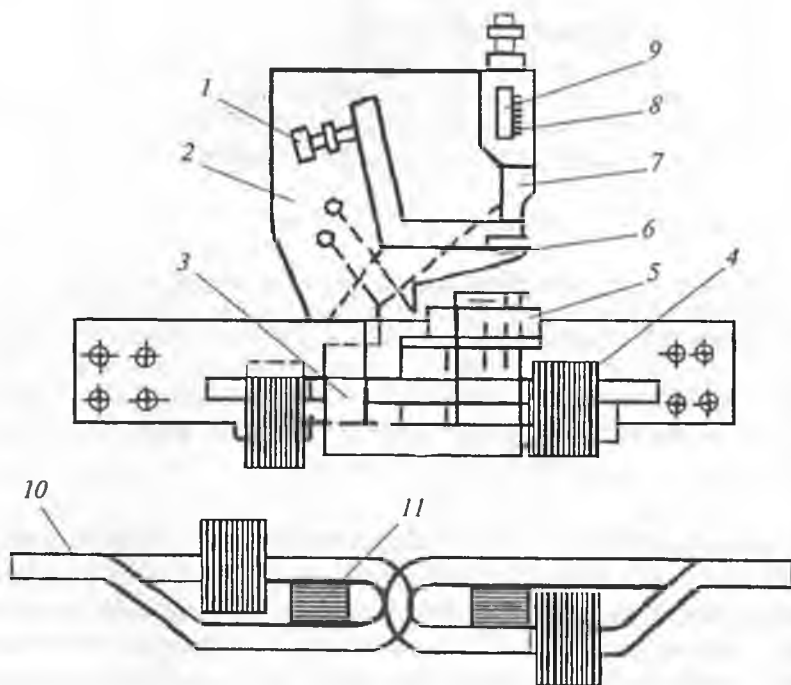
Uzgichning ishlash tamoyili. Ulangan holatda himoyalayotgan zanjir toki ulangan kontaktlar orqali o'tadi (6.8-rasm). Yakor magnet o'tkazgichdagi magnet oqimi tufayli kontaktlarni ulangan holda ushlab turadi. Magnet oqimi g'altakdan o'tayotgan o'zgarmas tok tufayli vujudga keladi. G'altak ham uzuvchi, ham ulovchi g'altaklarni o'zida mujassamlagan qilib yasalgan.

Yakorning tortish kuchi uning va prujinaning qarshilik kuchlaridan kattaroq bo'ladi. Qaytargich prujina tortgichni yuqoriga qarab hara-

katlantiradi va shu tufayli kontakt bosim hosil qiladi. Uzgichning ulangan holatida yakor tortishi bilan birga prujinani harakatlantirib, erkin uzilgich mexanizmni ishga soladi. Biroq, g'altak sochiluvchi magnit oqimi ta'sirida yakor ulangan holda ushlanib turilmaydi va prujina ta'sirida birlamchi holatiga qaytadi va qulfga uriladi hamda tortgichni ozod qiladi, natijada asosiy kontaktlar ulanishi ta'minlanadi.

Avariya toki paydo bo'lgan taqdirda RDSH—300 relesi tomonida uzgichga uzilish haqida buyruq beriladi. Agar avariya toki tezda sodir bo'lsa, masalan, QT holatida, shina shoxobchalaridan o'tadigan toklar (6.9-rasm) munosabati ular induktivliklari bilan aniqlanadi. Kichik kesim yuzali shina shoxobchasiga po'lat plastinkalar o'rnatilganligi sababli uning induktiv qarshiligi ancha yuqori bo'ladi.

Bu shoxobchalardan o'tadigan toklar orasidagi farqning kuchayishiga sababchi bo'ladi va rele mo'ljal tokidan ilgariroq ishlab ketadi. Agar avariya toki asta-sekin o'sa borsa, shina shoxobchalaridagi toklar farqi shu shoxobchalar aktiv qarshiliklari bilan aniqlanadi.



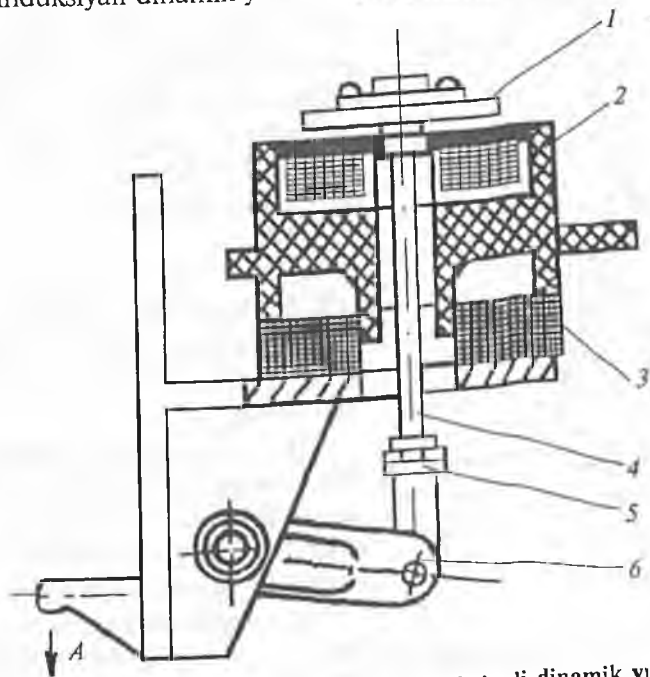
6.9-rasm. RDSH—300 relesi:

1 — uzuvchi kontakt; 2 — panel; 3, 11 — magnit o'tkazgich; 4 — plastinkalar; 5 — g'altak; 6 — yakor; 7 — prujina; 8 — shkala; 9 — mil; 10 — tok o'tkazuvchi shina.

Toklar farqi kichiklashadi va u magnit oqimi hosil qiladi. Tok kuchi qiymati mo'ljal tokiga yetganda, yakor magnit o'tkazgichga tortilgancha ushlanib qoladi va uzgich himoyalannuvchi zanjirdagi kontakti uzib, uni himoya qiladi (6.8-rasm). «Ushlovchi» g'altak zanjirida rele kontaktiga parallel ravishda kondensatorlar ulangan. Kontakt uzilganda tebranish jarayoni vujudga keladi va u magnit o'tkazgichdagi qoldiq magnitlanishni yo'qotadi. Shu yo'l bilan tezkorlik ta'minlanadi. «Ushlovchi» g'altak toksizlanganda, yakor magnit o'tkazgichdan ajraladi va tortgichni bo'shatadi (6.9-rasm). Bu avvaliga asosiy, so'ngra yoy so'ndirgich kontaktlarining uzilishiga olib keladi. Yoy so'ndirgich kontaktlarda paydo bo'lgan yoy elektrodlardan II simon magnit o'tkazgich maydoni tufayli yuqoriga tortiladi.

Ichki yoy so'ndirgich kameradagi U simon to'siqlar yuqoriga qarab toraya boradi. Shuning uchun to'siqlar bo'ylama teshiklar hosil qiladi va yoyni o'ziga tortib so'ndiradi.

Uzgichni boshqarish uchun standart elementlarda yig'ilgan maxsus kontakt yarim o'tkazgichli sxemalar yaratilgan. VAT—42 uzgichi VAB—42 uzgichiga nisbatan ancha tezkor bo'lishining asosiy sababi unda maxsus induksiyali dinamik yuritma (IDP) mavjudligidir (6.10-rasm).



6.10-rasm. VAT—42 turidagi uzgichning induksiyali dinamik yuritmasi:
 1 — disk; 2 — g'altak; 3 — qatlam; 4 — tortgich; 5 — gaykalar; 6 — richag.

Seriyali VAT—42 tezkor uzgichlarda ulash vaqti 2 ms gacha tushirilgan (oddiy tezkor uzgichlarda bu vaqt 7 ms ga teng).

IDP mis disk, g'altak, qistirma, tortgich, gayka va richaglardan yig'ilgan. Avariya toki ma'lum bir qiymatga yetganda boshqarish tizimidan IDP g'altagiga tok impulsi keladi (bu impuls oldindan zaryadlangan kondensatordan keladi). Bunda diskda teskari yo'nalgan toklar induksiyalanadi. Bu toklarning g'altak maydoni bilan o'zaro ta'sirlari natijasida disk itariladi, natijada, tortgich va richag orqali qo'zg'aluvchi kontaktlarga ta'sir ko'rsatib, diskning A strelkasi harakatga keladi.

VAB—42, VAT—42 va VAT—43 ham o'zaro almashinuvchi bloklarga ega. Ular kontaktlari harakatlanuvchi apparatlar toifasiga kiradi. Tortish nimstansiyalarida foydalanish jarayonlari va sinov sharoitlarida qurilgan uzgichlar ishda, ayniqsa, avariya holatlarida yuqori puxtalikka ega ekanliklarini ko'rsatdi.

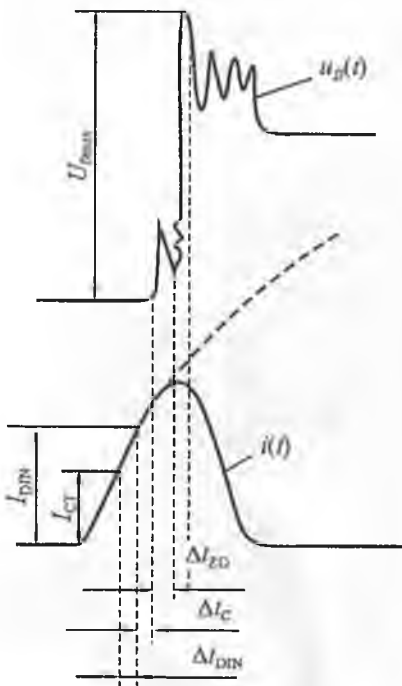
VAB—42—9000/10 (6.1-jadval) ikkita VAB—42—6000/10 qutblaridan yig'ilib, bitta umumiy izolatsiyalangan asosga o'rnatilgan. Liniya uzgichlari qutblanmagan va RDSH uzish relelari bilan jihozlangan.

VAT—42 uzgichning himoya tavsifi kuchli yarim o'tkazgich invertori jarayonlari o'zgarmas tok konturining quyidagi parametrlarida tekshirilgan: U_k -660 va 850 V, $I_{k\max} = 108$ kA, $L = 0,07$ mGn. Mo'ljal tokining ishlash ko'lamı 4—25 kA.

6.11-rasmda uzgichning nominal toki 6,3 kA bo'lganda tok va kuchlanish ossillogrammalari keltirilgan. Uzgich tezkorligi quyidagi tizimlardan iborat:

Δt_{din} — tokning dinamik tok I_{din} dan (avariya toki tezligi bo'yicha di/dt) statik tok (avariya toki I ning qiymati) bo'yicha RDSH qurilmasining ishlash vaqti;

Δt_0 — uzgichning xususiy ishlash vaqti — dinamik mo'ljal qiymatidan kontaktlar ajralayotganga bo'lgan vaqt;



6.11-rasm. VAT—42 ($I_{\text{nom}} = 6300$ A) turidagi uzgichning tok va kuchlanish ossillogrammalari.

Δt_{zd} — yoy ulanish vaqti, yoy paydo bo'lgandan to yoy kuchlanilishining chiziqli qonun bo'yicha o'zgarishining boshlanishigacha.

Δt_{din} asosan 0,1—2 ms vaqt ichida tok tezligi 1,0—9 kA/ms chegarasida ekanligini va induktivlikka bog'liq emasligi aniqlangan. Δt_0 , asosan, IDP inersiyasi bilan belgilanadi, yuklama zanjiri parametriga bog'liq emas, o'zgarish chegarasi 0,6—1,8 ms. Δt_{vd} uzgichning konstruktiv parametrlari (kontaktlar holati, ularning ajralishi tezligi, magnit puflagich kuchi) bilan bir qatorda yoy tavsifiga (qayta teshilish va b.) bog'liq. Shuning uchun Δt_{vd} — tasodifiy qiymat deb qaralishini, umuman 1—3 ms ko'lamda, o'rtacha esa 1,89 ms deb, kvadrat og'ish 0,454 ms deb qabul qilish tavsiya etiladi.

VAT—42 uchun joul sarfi texnik shartlar bilan cheklanmagan. Nominal toki 6300 A va mo'ljal toki $2I_n$ bo'lganda, sarf $(2—5) \cdot 10^6 \cdot A^2 \cdot s$ atrofida, vaqt doimiysi 50 ms gacha bo'ladi. Vaqt doimiysini oshirsak (30—50 ms) yoki kamaytirsak (5—12 ms), joul integrali keskin kattalashadi.

VAB—42 avtomatik uzgichlarda joul integrali va xususiy ishlash vaqti IDP yo'qligi uchun sezilarli darajada katta.

7.1. YUQORI KUCHLANISHLI AJRATKICHLAR

Umumiy ma'lumotlar. *Ajratkich* — bu yuqori kuchlanishli kontaktli kommutatsiyalovchi apparat bo'lib, kuchlanishni ulash yuklama yo'g'ida, ya'ni toksiz zanjirni manbadan ajratish uchun xizmat qiladi.

Ajratkichlar elektr tarmoqlarida ta'mirlash ishlari olib borilganda, tok zanjiri ko'rinadigan qilib manbadan ajratilishi uchun xizmat qiladi. Ajratkichlar o'zining asosiy vazifasidan tashqari boshqa maqsadlar uchun ham xizmat qiladi, chunki uning konstruksiyasi buni bemalol bajara oladi:

— taqsimlovchi qurilmalar (TQ) ni bir shina tizimidan ikkinchisiga tok uzmasdan uzib ulash;

— uzilgan va ajratilgan tizim uchastkalari ajratkichning yordamchi pichoqlari bilan yerga ulanadi (bunday pichoqlar ajratkichda ko'zda tutilgan).

Ajratkich — bu TQ larda keng tarqalgan apparat bo'lib, TQ sxemasi va konstruksiyasi bilan uzviy bog'langan. TQ ning sxema va konstruksiyalari har xil bo'lishi ajratkichlar konstruksiyalarining ham har xil bo'lishini taqozo etadi.

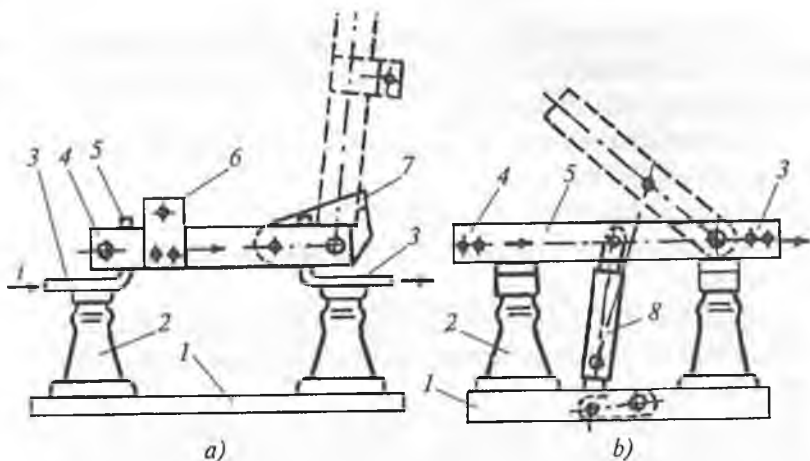
Tasnif. Har xil turdagi ajratkichlarning o'zaro farqi, asosan, qo'zg'aluvchi kontaktlar harakati bilan belgilanadi. Bu belgi bo'yicha uning quyidagi turlari mavjud:

— vertikal aylanuvchi (tarqaluvchi) (7.1-rasm) va gorizontal aylanuvchi. Bular da pichoq tekislik bo'yicha ushlab turuvchi izolator o'qiga parallel yoki perpendikular holda harakatlanadi;

— tebranuvchi, bunda uning pichog'i uni ushlab turuvchi izolator bilan birgalikda izolator o'qiga parallel bo'lgan tekislik bo'ylab harakatlanadi;

— dumalovchi, bunda ajratkich pichog'i uni izolator bilan birga izolator o'qiga parallel bo'lgan tekislikda aylanib harakatlanadi;

— ajratkich pichog'i ushlab turuvchi izolator o'qiga parallel tekislikda to'g'ri yoki ko'ndalang harakatlanadi;



7.1-rasm. Vertikal aylanuvchi ajratkichlarning tuzilish sxemasi:

1 — rama; 2 — tayanch izolatori; 3 — shinalar ulanadigan boshmoqlar; 4 — pichoq (qo'zg'aluvchi kontakt); 5 — qo'zg'almas kontakt; 6 — operativ shtanga «qulog'i»; 7 — pichoq harakatini cheklovchi tirgak; 8 — izolatsiyali tortish.

— pichoqlari yig'iladigan ajratkichlar. Bularda qaytish va yig'ilish harakatlari ushlab turuvchi izolator o'qiga parallel tekislikda bajariladi.

Bulardan tashqari, ajratkichlar boshqa ko'rsatkichlar bo'yicha ham tavsiflanadi. Ular quyidagilar:

— o'rnatilishi bo'yicha — ichki, tashqi o'rnatiladigan ajratkichlar. Bular ham, o'z navbatida, mintqa parametrlari (GOST 15543—70) ga ko'ra bo'linadi.

Qutblar soniga ko'ra — bir va uch qutbli ajratkichlar. Uch fazali ajratkichlarda qutblar bitta umumiy ramaga joylashtirilgan yoki har bir qutb alohida-alohida ramalarga o'rnatilgan bo'lishi mumkin:

— boshqarish turiga qarab — dastaki «richagli yoki shturvalli, operativ shtangali» yuritma va motorli (elektr, pnevmatik yoki gidravlik motorli) yuritmal;

— yerga ulash pichog'i bor yoki yo'qligi bo'yicha;

— o'rnatish turi bo'yicha (gorizontal, vertikal yoki og'ma o'rnatilgan ajratkichlar).

Izolatsiya so'nishi yo'li bo'yicha — A yoki B toifali (GOST 9920).

Har xil konstruksiya va turdagi ajratkichlarga qo'yiladigan talablar. Elektr qurilmalar sxemasida ajratkichlar juda katta ahamiyat kasb etadi. Ularning ishlash puxtaligidan elektr qurilma ishining puxtaligi bog'liq bo'lib qoladi. Ularga quyidagi talablar qo'yiladi:

— havoda elektr zanjirining koʻzga koʻrinadigan ajratilishini hosil qilish (ajratkich elektr puxtaligi kuchlanishning impulsiv maksimal qiymatiga mos kelishi kerak);

— qisqa tutashish toki oʻtganda elektr dinamik va termik puxtaligining yetarli boʻlishi;

— oʻz-oʻzidan uzilib qolishini taʼminlash;

— foydalanish jarayonida ogʻir ahvollarda ulanish va uzilishlar aniq boʻlishi.

Ajratkichlar konstruksiyasida izolatorlarning joylanishi shunday boʻlishi kerakki, tok ajratilganda ajratkichlar qutblaridan emas, balki yerga oʻtib ketsin.

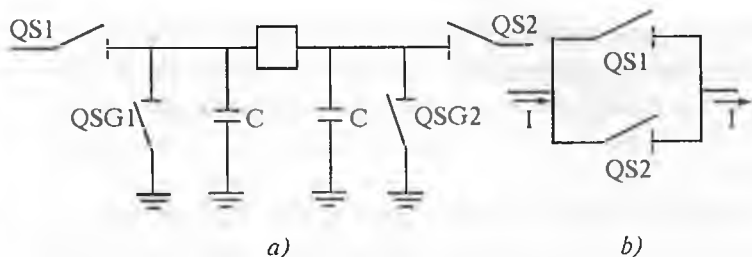
Ajratkichlarning tur belgilari. Ajratkichlar turlari uch-toʻrt harf, chiziqcha va raqamlar bilan belgilanadi. R harfi ajratkichni belgilaydi. Qolgan belgilarning izohi quyidagicha: V — ichki oʻrnatuv, yoki vertikal oʻrnatuv, N — tashqi oʻrnatuv, O — bir qutbli, F — figurali bajarilgan, D — ikki kolonnali konstruksiya, P — osilgan yoki richag bilan harakatlanuvchi, Z — yerga ulovchi pichoq, L — liniya kontakti.

Ajratkich yerga ulovchi pichoq bilan yoki usiz boʻlishi mumkin: yerga ulovchi pichogʻisiz seriyalariga — RV, RVR, RND lar; bitta yerga ulovchi pichoqligiga RVZ—1A, RVZ—16, RND—1 kiradi. 1 A va 16 belgilari faqat vertikal aylanuvchi ajratkichlardan RVZ va RVZ ga taalluqli boʻlib, oʻq tomonidagi kontakt (1B) yoki ajraluvchi kontakt (1 A) (ikkita yerga ulovchi pichoqli — RVRZ—2, RNDZ—2) ekanligini bildiradi.

Chiziq yoki harf, belgi, raqam ortidan keluvchi kasr sonlari nominal kuchlanish (kV) (surat) va nominal tok (A) (maxraj) ni bildiradi. B — qurilmaning vertikal tuzilishga ega ekanligini, u — kuchaytirilgan izolatsiyali ekanligini aniqlaydi. Nominal tok ortidan keluvchi harflar (U, XL, UXL, T) iqlimga mos maxsus konstruksiyali ajratkich va ulardan keyingi raqamlar (1, 2, 3) oʻrnatish toifalarini belgilaydi.

Ishlash sharoiti. Uzgichni taʼminlash uchun tayyorlashda, u manbadan uzilgan va unga yondashuvchi izolatsiyalangan boʻlishi kerak. Buning uchun uzgichning sxemasidagi ikkala ajratkichlar QS1 va QS2 (7.2-rasm) ajratilgan boʻlishi kerak.

Ajratkichlar zanjirdagi — zanjir kuchlanishi va sigʻimi sababli vujudga keluvchi sigʻim toʻla-toʻkis uzilishi shart. Bu tok kichik qiymatga ega boʻlganligi uchun, ajratkich kontaktlarida yoy razryadi



7.2-rasm. Ajratkichlar qo'llanilishini tushuntiruvchi sxema:
 a — ta'mirlash ishlari uchun izolatsiyalash; b — ulagichlarni qayta ulash.

hosil qilmaydi. Uzgich Q ajratilgach ikkala tomonidan QSG1 va QSG2 lar qo'shimcha pichoqlari yordamida yerga ulanadi.

TQ dagi ulab-uzishlar tok ostida ajratkichlar yordamida kichik qarshilikli parallel ulangan shoxcha bo'lgandagina amalga oshiriladi. Masalan, ajratkichlari QS1 va QS2 bo'lgan ikkita shoxobchada (7.2-b rasm) bitta ajratkichni hech qanday xavfsiz ravishda toki borligida ham uzish mumkin. Bunda ajralgan ajratkich toki ajralmagan ajratkichdan o'ta boshlaydi, tok uzilishi tufayli yoy hosil bo'lmaydi.

Ajralgan ajratkich kontaktlari orasidagi masofa kuchlanish ostidagi qo'shni qutblar orasidagi masofadan katta bo'lishi kerak. Qo'shni qutblarning yerga ulangan qismlari bo'lgani uchun, o'ta kuchlanish davrida razryad faqat kuchlanish ostidagi qutb va yerga ulangan qism orasida hosil bo'ladi. Bu liniyada ishlovchi ishchilarning xavfsizligini ta'minlashda katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, GOST 9920—76 bo'yicha B toifali izolatsiyaga ega ajratkichlarda ifloslangan atmosfera ishlaganda, tayanch izolatsiya balandligi iflos atmosfera sharoitidan va izolator yuzasi namlanishidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Bunday izolatsiya balandligi uzilgan kontaktlar orasidagi masofadan katta bo'lishi mumkin.

Keluvchi shinalar, qo'zg'almas kontaktlar va ajratkich pichog'idan kontur hosil bo'ladi. Bu konturdan QT toki o'tganda shunday kuchlar hosil bo'ladi, natijada ular konturni to'g'rilashga harakat qiladi. Bu kuchlar tok o'zgarishi keskin bo'lganda, kattalashib ketadi. 7.1-a rasm pichoqni kontaktdan chiqarib tashlashga harakat qiluvchi kuchlar 7.1-b rasmdagidan ko'proq bo'ladi, chunki birinchi holda tok (uning konturdagi yo'li punktir chiziqlarda ifodalangan) konturdan o'tganda o'z yo'nalishini keskin o'zgartiradi, ikkinchi holda esa umuman o'zgartirmaydi. Shuning uchun 7.1-a rasmda ko'rsatilgan operativ shtanga orqali boshqariladigan bir qutbli ajratkichlar mexa-

nik qulflarga ega bo'lishi kerak. Bu qulflar QT vaqtida o'z-o'zidan ajratkich pichog'ini kontaktdan chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydi.

Yuritma orqali boshqariluvchi ajratkichlarda qulfga hojat yo'q, chunki ajratkich pichog'i yuritma mexanizmi tomonidan ushlab turiladi.

Yolg'on yoki xato operatsiyalarga yo'l qo'ymaslik maqsadida ajratkichning asosiy va yerga ulanuvchi qo'zg'aluvchi kontaktlari, odatda, mexanik to'siqli bo'lishi zarur, ya'ni asosiy kontaktlar ulananda yerga ulanuvchi kontakt uzilgan bo'lishi shart, aksincha, yerga ulanuvchi kontakt ulananda asosiylari uzilgan bo'ladi.

Ajratkichlarda mexanik blokirovka o'rniga yuritma orqali to'sishdan ham foydalanish mumkin. Agar asosiy kontaktlar va yerga ulanuvchi kontakt alohida-alohida yuritmalarda harakatlansa, boshqacha aytganda, individual yuritmalar qo'llanganda mexanik to'siqni elektr to'siqqa almashtirish mumkin.

Ajratkichning umumiy va alohida elementlarining mexanik turg'unligi uning shikastsiz ishlash operatsiyalari soni bilan belgilanadi.

Rossiyada ishlab chiqarilgan nominal kuchlanishi 35 kV gacha, nominal toki 6300 A gacha bo'lgan ajratkichlarni shikastsiz 2000 marotaba ulab-uzish mumkin. Nominal kuchlanishi 110 va undan ortiq kV bo'lgan ajratkichlarda aytib o'tilgan son 1000 dan kam emas.

Ulovchi pichoq holatini nazorat qilish yordamchi zanjir kontaktlari orqali olib boriladi. Bir qutbli operativ shtanga bilan boshqariluvchi ajratkichlarda yordamchi zanjir kontaktlari ajratkich ramasisga o'rnatiladi va pichoq izolatsiyalangan tortgichi bilan birlashtiriladi. Ba'zi bir qutb pichoqlarining bir-biridan orqada qolishi 35 kV li ajratkichlarda 3 mm dan oshmasligi kerak. Boshqa konstruksiyali ajratkichlarda bunday orqada qolish o'lchami normallanmagan ajratkich ramasi (sokoli)da yerga ulash uchun alohida bolt ko'zda tutilgan va uning yuziga yer degan so'z yozib qo'yilgan bo'ladi.

Vertikal aylanuvchi (yoruvchi) ajratkich turi

Bu turdagi ajratkichlar ichki va tashqi qurilmalarning elektr ta'minot zanjirlarida keng qo'llaniladi. Tashqi qurilmalardagi ajratkichlar 50 kV kuchlanishga, ichki esa 35 kV kuchlanishga mo'ljallab ishlab chiqariladi. Ichki qurilma ajratkichlari quyidagi variantlarda qo'llaniladi:

- har qutb ikki tayanchli izolatorida (7.1-a va b rasm);
- har bir qutb bir tayanchli va bir o'tkazuvchi izolatorli bo'lib, ajratkich pichog'i o'tkazuvchi izolatorida aylanadi;
- har bir qutb ikki o'tkazuvchi izolatorli;
- uch qutbli ajratkichlarda ikki tayanchdagi bitta o'tkazuvchi izolatorli va pichoq ana shu izolator ustida aylanadigan bo'ladi.

Bir qutbli ajratkichlarda ikki tayanchdagi bitta o'tkazuvchi izolatorli ikki pichoqli — ulardan bittasi o'tuvchi izolatorida, ikkinchisi tayanch izolatorida aylanadigan qilib yasaladi.

Ajratkichlar to'g'ridan to'g'ri tok o'tayotgan zanjirni ajratish uchun qo'llanmaganligi sababli ularda yoy so'ndirgich qurilmalar bo'lmaydi. Mavjud qoida bo'yicha mexanik yuritmalik ajratkichlar 10 kV li tarmoqlarda yerga o'tuvchi tok miqdori 30 A gacha bo'lganda ulab-uzish operatsiyalarini bajarishlari mumkin; shuningdek, tenglash-tiruvchi tok miqdori 70 A gacha bo'lganda va quvvati 75 kV li transformatorning magnitlovchi toki ham ajratkichda ulab o'chirilishi mumkin.

Ichki qurilmalar uchun qo'llaniladigan ajratkichlar bir qutbli (RVO turi) va uch qutbli (RV, RVK, RBRZ, RV 0 turlari) bo'ladi.

7.1-jadval

ICHKI QURILMALARDA QO'LLANILUVCHI AJRATKICHLARNING TEXNIK TAVSIFLARI [1.18, 1.19]

| Ajratkich turlari | Elektr-dinamikli chidamlilik chegaraviy toki, kA | Termik chidamlilik chegaraviy toki, kA | Vazni (yerga ulanuvchi pichoqdan tashqari), kg |
|-------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| RVO—10/400 | 41 | 16 | 5,9 |
| RVO—10/630 | 52 | 20 | 6,2 |
| RVO—10/1000 | 100 | 40 | 12,5 |
| RV—6/400 | 41 | 16 | 24 |
| RV—10/400 | 41 | 16 | 26 |
| RV—10/630 | 52 | 20 | 29 |
| RV—10/1000 | 100 | 40 | 42 |
| RV ϕ —6/400 | 41 | 16 | 35 |
| RV ϕ —6/630 | 52 | 20 | 33 |
| RV ϕ —6/1000 | 100 | 40 | 63 |

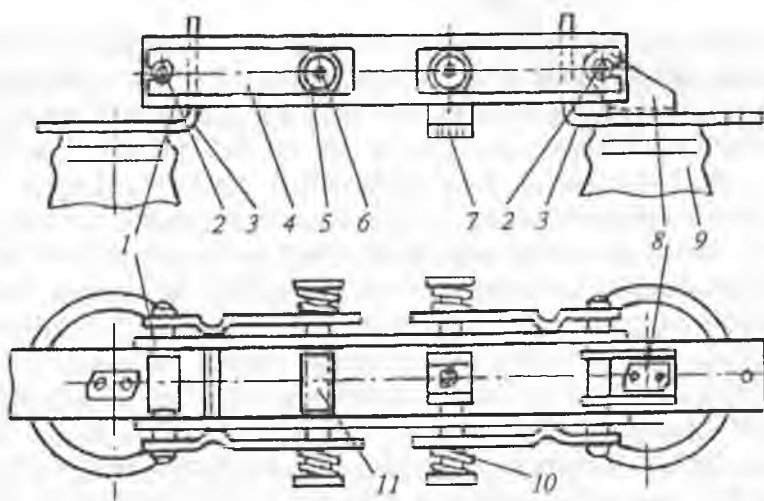
| Ajratkich turlari | Elektr-dinamikli chidamlilik chegaraviy toki, kA | Termik chidamlilik chegaraviy toki, kA | Vazni (yerga ulanuvchi pichoqdan tashqari), kg |
|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| $R V \phi - 10/400$ | 41 | 16 | 37 |
| $R V \phi - 10/630$ | 52 | 20 | 40 |
| $R V \phi 3 - 10/1000$ | 100 | 40 | 65 |
| $R V \phi 3 - 6/630$ | 52 | 20 | 44*) |
| $R V \phi 3 - 6/1000$ | 100 | 40 | 70*) |
| $R V \phi 3 - 10/630$ | 52 | 20 | 45*) |
| $R V \phi 3 - 10/1000$ | 100 | 40 | 71 |
| $R V \phi - 10/2500$ | 125 | 45 | 40 |
| $R V P - 10/4000$ | 125 | 45 | 40 |

RVO seriyali bir qutbli ajratkichlar (7.3-rasm). Nominal toki. 400...Q20 A li ajratkichlarda pichoq 100—110° burchakka aylanadi va aylangan joyda o'z vazni ushlanib turadi. Aylanish burchagi cheklagich bilan belgilanadi. Shtanganing barmog'ida maxsus «quloqcha» o'rnatilgan. RVO seriyali ajratkichlarning 1 kA ga mo'ljallangan konstruksiyalariga pichoqni qo'zg'almas kontaktlardan chiqarilishga sarflanadigan kuchlarni kamaytirish maqsadida oraliq o'q ko'zda tutilib, bu o'qqa operativ shtanga ilgagi uchun teshikli richag o'rnatilgan. Kerak bo'lganda, bu shtangaga yuritmadan tortgich qo'shilishi mumkin. Tayanchli va o'tkazuvchi izolator bir qutbli 400 va 630 A li bo'lganda, ramaga o'rnatiladi. Biroq, bu ajratkichlar ramasiz bo'lishi ham mumkin, bunda izolatorlar bevosita TQ ning karkasi yoki devoriga o'rnatiladi. Operativ shtanga orqali boshqariluvchi RVO turidagi ajratkichlar aylanish o'qi yerga qaragan vertikal tekislikka o'rnatiladi. Dastali yuritmalar ichida PR turi eng ko'p tarqalgan.

Ajratkichlar nominal kuchlanish va toklar orqali tanlanib, *QT* rejimidagi elektr dinamikli va termik puxtalikka tekshiriladi. Ajratkichlarning texnik ko'rsatkichlari 7.1-jadvalda keltirilgan.

RV (3) seriyasidagi uch qutbli ajratkichlar. Bu seriyadagi ajratkichlar to'rt xil tuzilishga ega:

- yerga ulanuvchi pichoqsiz (RV), uziluvchi kontakti bitta;
- yerga ulanuvchi pichoqli (RV3—1a), o'q kontaktida bitta;



7.3-rasm. 630—1000 A turidagi 10 kV li ajratkichning kontakt tizimi.

— yerga ulanuvchi pichoqli (RVZ—16) va ikkita yerga ulanuvchi kontaktli (RVZ—2). Ularning texnik belgilari 7.1-jadvalda keltirilgan. Tasodifiy va yanglish ulanishlar bo‘lmasligi uchun asosiy va yerga ulanuvchi kontaktlar o‘zaro bloklangan. 6—10 kV li RVZ ajratkichlarning valga o‘rnatilgan yerga ulanuvchi pichoqlari bor bo‘lib, ular egiluvchi aloqa orqali ramaga birlashtirilgan. Nominal toki 1 kA dan ortiq bo‘lgan ajratkichlar qutb ko‘rinishida bajariladi, ya’ni har bir qutb o‘zining ramasiga ega va qutblarning uch fazali ajratkichlarga ulanishi muftalar orqali bajarilgan.

1 kA bo‘lgan tokli ichki qurilma ajratkichlari ikki parallel ulangan plastinadan tashkil topgan pichoqli qilib yasaladi. Katta toklarga mo‘ljallangan ajratkichlar ikkita tog‘ora profilli detallardan tashkil topgan («tog‘ora profil» materialdan yaxshi foydalanish, kichik vaznda mexanik puxtalikni oshirish imkonini beradi).

Ajratkichlarni boshqarish tortish tarmoqlarini tanlash uchun aylanma yo‘llar topish, ayniqsa, 825 V kuchlanishga va elektr yuritma yordamida ulab-uzish postlarida vazifalarni bajarish uchun qo‘llaniladi. Nominal toki 2,5 kA va undan yuqori bo‘lgan ajratkichlarni boshqarish PR turidagi dastali yuritmalar yordamida bajariladi.

Ichki qurilma ajratkichlarining kontakt tizimlari. Vertikal-aylanuvchi ajratkichlar kontakt tizimlarini ko‘rib o‘tamiz. Ular ichki qurilmalarda juda keng tarqalgan bo‘lib, o‘zlarining soddaligi va ishlash puxtaligining yuqoriligi bilan farqlanadi. 7.3-rasmda 1 kA gacha tokka mo‘ljallangan

ajratkichning kontakt tizimi keltirilgan. U bir-biridan ma'lum masofada joylashgan ikkita bo'lak 1 dan tashkil topgan. Tok 200 A bo'lganda bitta bo'lagi misdan, ikkinchisi po'latdan yasalgan bo'lishi mumkin. Tok 400—1000 A ga yetganda, ikkala bo'lak misdan yasaladi. Qo'zg'almas kontaktlar 3 to'g'ri burchak bo'ylab bukilgan mis shinalardan tashkil topgan. Qo'zg'almas kontaktning bir tomoni tayanch izolatori 9 qalpog'iga birlashtiriladi va yana keluvchi shina kontaktiga ulanadi. Qo'zg'almas kontaktning ikkinchi tomoni pichoq plastinalari bilan qamrab olinadi. Plastinalar prujinalar 10 yordamida qo'zg'almas kontaktlarning yon tomoniga siqiladi. Sterjenlar *b* ning uchlarida halqalar bo'lib, ular ichiga qirg'ilgan shayba 12 lar, ushlab turuvchi qalpoqlar 5 kiradi. Pichoq o'z o'qi 2 atrofida aylanadi. O'q o'ng tomondan qo'zg'almas kontaktga birlashtiriladigan podshipnik 8 ka ega. Pichoqni taxminan 60° ga aylantirish vilka 7 bilan birlashtirilgan chinni tortgich yordamida bajariladi. O'zak 6 ka kiygizilgan vtulka 11 ajratkich uzilgan holatida pichoq plastinalarining o'zaro yaqinlashishini cheklaydi. Pichoqning har bir burilishida plastinalar 1 va o'zgarmas kontaktlar 3 oralarida pichoq ishqalanishi kontakt yuzlarida hosil bo'luvchi zanglarni chiqarib tashlaydi.

Kontakt tizimidan QT toki o'tganda kontaktning bosimi kuchayadi, chunki pichoq plastinalardan o'tayotgan toklarning o'zaro ta'siri ularni tortilishiga olib keladi. Shuningdek, elektr dinamik kuchlar natijasida qo'zg'almas kontakt bilan pichoq plastinalari orasidagi kuch kontakt bilan pichoq yuzalari birlashtirilgan joyda ularni bir-biridan ajratmoqchi bo'ladi.

QT toki kattalashganda elektr dinamik kuchlar siqilish kuchi pichoq plastinalari o'zaro tortilish kuchi va kontakt prujinasi kuchidan katta bo'lishi, natijada plastinalar pichoq bilan qo'zg'almas kontaktdan uloqtirilishi mumkin. Bu esa avariya olib keladi. Shuning uchun ko'p hollarda ajratkich konstruksiyasiga magnit qulflar kiritiladi va ular QT toki o'tganda kontakt bosilishini kuchaytiradi va shu bilan birga elektr dinamik bardoshlikni kuchaytiradi.

Ko'rilayotgan tizimda qo'llangan qisqich ko'rinishidagi magnit qulf pichoq 1 plastinasi tashqarisida joylashgan ikkita plastinadan tashkil topgan. Plastinalar chap tomondan o'yilgan va o'q 2 ning charxlangan oralig'iga kiradi, o'ng tomondan esa prujina 10 tomonidan tortiladi. Prujinalar bo'shshga harakatlanib, plastina 4 ga bosadi. Bunda plastinalarning chiqib turgan qismlari 4 bilan pichoq plastinalarini qo'zg'almas kontakt 3 ga tomon siqadi.

Pichoq plastinalaridan o'tuvchi tok ta'sirida hosil bo'luvchi magnit oqimi plastinalar 4 va ular orasidagi havо bo'shlig'i orqali kontur hosil qiladi. Bu pichoqning kuch chiziqlari o'z yo'llarini qisqartirishga intiladi. Demak, plastinalar 4 yaqinlashtirishga harakatlanib, pichoq plastinalarini qo'zg'almas kontaktga qarab siqadi.

Ko'rib o'tilgan kontakt tizimi texnologiyaga boy va juda soddaligi bilan ajralib turadi. Biroq, bir xildagi kontakt bosilishini ta'minlash uchun prujinalarni juda aniq qilib yasash va trassirovkalash talab etiladi. Prujinalarni kontaktlarga boshqacha o'rnatish usullari ham bo'lishi mumkin va ular kontakt tortilishini rostlash va sozlash imkoniga ega bo'lishlari mumkin.

Ajratkichlarni tanlash. Ajratkichlar TQ yuqori kuchlanish apparatlarining eng keng tarqalgani bo'lib, uzgichlarga nisbatan 2,5—4 marta ko'plab ishlab chiqariladi. Ularning tavsiflari ichida ular egallaydigan sath, hajm, ishlatilish soddaligi, ta'mirlash va montaj ishlarining qulayligi katta ahamiyat kasb etadi. Ajratkichlar yuqori ish puxtaligiga ega bo'lishlari kerak, chunki yil davomidagi ular bajaradigan operatsiyalar soni bir necha yuzlab bo'lishi mumkin. Ularning shikastlanishi kuchli avariyalarga, elektr ta'minotining buzilishiga olib kelishi mumkin.

Toksizlanmagan zanjir uchastkasini ajratkich orqali uzish xavfsiz emas, chunki ajratkich kontaktlarida hosil bo'ladigan yoy juda katta o'lchovlarga ega bo'lishi va hatto qo'shni fazalarga va yerga ulangan konstruksiyalarga o'tib ketishi ham mumkin: bu ikki, uch fazali qisqa tutashishlarga olib kelib, ajratkich kontaktlaridan katta tok oqishga sababchi bo'ladi. Ajratkichlar atmosferaning eng og'ir sharoitlarida ham puxta ishlashlari kerak. Ularning konstruksiyalari TQ kompanovkasi bilan bog'liqdir, ya'ni asosiy elektr bog'lanishlar, konstruktiv tuzilishlar; ya'ni tok va kuchlanish transformatorlari, himoyalovchi va boshqa apparatlar bilan. Shuning uchun universal ajratkichlar bo'lmaydi. Shunga ko'ra, yuqori kuchlanishlarning turli-tuman konstruksiyalari yaratilgan va har bir konkret hol uchun ma'lum konstruksiyadagi ajratkichlar tanlanadi.

Ajratkichlarning puxta ishlashi va xavfsizligini oshirish maqsadida iloji boricha uch qutblilarini qo'llash ma'qul. Operatsiyalarda xato harakatlar bo'lmasligi uchun elektr yoki mexanik blokirovkalardan foydalanish zarur. Ular ajratkichni uzgichdan keyin uzilishi mumkinligini kafolatlaydi.

Ajratkichlarni tanlash shartlari 7.2-jadvalda keltirilgan. Jadvalda B_k — elektr apparatining mumkin bo'lmaydigan o'ta yuklanishining normallangan koeffitsiyenti.

Ajratkichlar yana qurilma turi, konstruktiv tuzilishi (bir yoki uch qutbli) bo'yicha ham va xuddi uzgichlardagi kabi shartlar va formulalar bilan tanlanadi. Farqi shundaki, tanlangan ajratkichlar chegaraviy uziladigan tok va quvvatga tekshirilmaydi, chunki QT zanjirini uzish ajratkichlarning vazifasiga kirmaydi.

7.2-jadval

AJRATKICHLARNI TANLASH VA TEKSHIRISH (1.13, 1.17, 7.3)

| Zanjirning hisobiy parametrlari | Ajratkichning katalogdagi qiymatlari | Tanlash sharti |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $U_{\text{tarm. nom}}$ | U_{nom} | $U_{\text{nom}} \geq U_{\text{tarm. nom}}$ |
| $I_{\text{nom. hisob}}$ | I_{nom} | $I_{\text{nom}} \geq I_{\text{nom. hisob}}$ |
| $I_{\text{prod. his}}$ | $I_{\text{ish. naib}}$ | $K_p I_{\text{nom}} \geq I_{\text{prod. rasch}} + I_{\text{ish. naib}}$ |
| i_v | i_{din} | $I_{\text{din}} \geq i_v$ |
| B_k | $I_{\text{T}\Gamma}$ | $\rho_{\text{T}\Gamma} \geq B_k$ |

8-BOB. SAQLAGICHLAR VA ELEKTR QURILMALARINING TOK O'TKAZUVCHI QISMLARI

8.1. YUQORI KUCHLANISHLI SAQLAGICHLAR

Saqlagich — kommutatsiyalash elektr apparati bo'lib, himoyalalanuvchi zanjirni manbadan maxsus element yordamida ajratadi. U tok qiymati ma'lum bir miqdordan oshganda ma'lum bir tok o'tkazgichning erishi va zanjirni uzishga olib kelishiga asoslangan. Bir vaqtning o'zida uzilishi davomida hosil bo'ladigan yoy ham so'ndiriladi. Saqlagich TK ning eng sodda apparati hisoblanib, elektr qurilmani o'ta yuklanish va QT tokida himoyalash uchun xizmat qiladi.

Eruvchi saqlagichlarning eng qimmatli xususiyati — qurilmaning o'ta soddaligi, arzonligi, QT tokida juda tez zanjirni uzishi (hatto ba'zi bir saqlagichlarning QT tokini cheklashi) va boshqalar.

Kuchlanishi 1kV gacha bo'lgan elektr tarmoqlarida saqlagichlarning PR turi (patroni ajratiladigan va hech narsa to'ldirilgan), PN turi (ajraluvchi va to'ldirilgan patronli), NOTN turi (ajralmas to'ldirilgan patronli), shuningdek, tezkor turlari PNV, PVV va PVF qo'llaniladi.

Kuchlanishi 1 kV dan yuqori bo'lgan elektr tarmoqlarda saqlagichlarning PK turi (patron kvars bilan to'ldirilgan), PKTN turi (otuvchi tashqi qurilma uchun), PSN turi (otuvchi tashqi qurilma uchun, boshqariluvchi) va itarib chiqariluvchi PVT turidagilar qo'llaniladi. Har xil turlaridan GTKU (kuchaytirilgan), PKE (ekskavatorlar uchun) saqlagichlar mavjud.

Saqlagichlar shartli belgilarining seriyalaridagi birinchi raqam nominal kuchlanish qiymatini (kV), ikkinchisi nominal tokni (patronidan o'tuvchi), (A), uchinchi raqam eruvchi elementni nominal toki (A), to'rtinchisi — uzish nominal toki (kA) ni ko'rsatadi.

Kichik kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar milliamperdan minglab ampergacha, kuchlanishi esa 600 V gacha, yuqori kuchlanishga mo'ljallanganlari 35 kV gacha va undan yuqoriga ishlab chiqariladi. Ularning eruvchi elementi nominal toki va kuchlanishi

bilan, saqlagichning nominal toki, uzish tokining chegaraviy qiymati va boshqalar bilan tavsiflanadi.

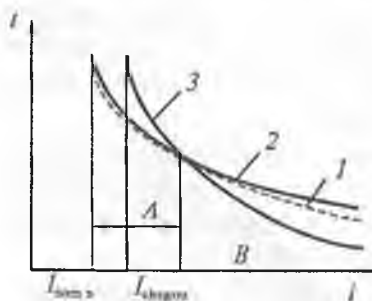
Saqlagichning *nominal toki* deb, uning tok o'tkazuvchi va kontakt qurilmalaridan o'tuvchi tokka aytiladi. Eruvchi element nominal toki — bu eruvchi elementdan uzoq vaqt o'tib, elementni erishgacha olib kelmaydigan tok. Uzilish tokining *chegaraviy qiymati* deb, saqlagichni uning qismlariga zarar yetkazmay uzadigan QT tokiga aytiladi.

O'zgaruvchi tok saqlagichlari 2 dan 220 kV kuchlanishlarga va quyidagi toklarga mo'ljallab chiqariladi:

| | |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Saqlagich nominal | 8; 10; 20; 32; 40; 50; 80; 160; 200; 320; 400. |
| Eruvchi element nominal toki, A | 2; 2,2; 5; 8; 10; 16; 20; 32; 40; 50; 80; 160; 200; 320; 400. |
| Uzish nominal toki (kV) | 2,5; 3,24; 4,5; 5,6; 3,8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40. |

Rossiya apparat zavodlari 110 kV li kuchlanishgacha eruvchi saqlagichlar ishlab chiqaradi. Saqlagichning eng muhim ko'rsatkichlaridan biri — eruvchi element tokining vaqtga nisbatan tavsifi (vaqt-tok tavsifi) dir. Takomillashgan himoya uchun saqlagich vaqt-tok tavsifi grafigi (8.1-rasmda 1-grafik) barcha nuqtalarda himoyalana-yotgan zanjir tavsifi (8.1-rasmda 2-grafik) dan pastroqdan o'tishi kerak. Biroq saqlagichning real tavsifi (3-grafik) 2-grafikni kesib o'tadi. Buni tushuntirib o'tamiz.

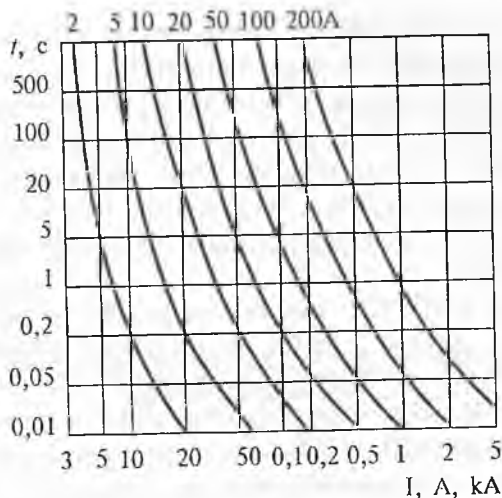
Agar saqlagich tavsifi 1-grafikka mos bo'lsa, unda u eskirish yoki elektr motorini ishga tushirish vaqtida kuyib qoladi. Zanjir xavfli



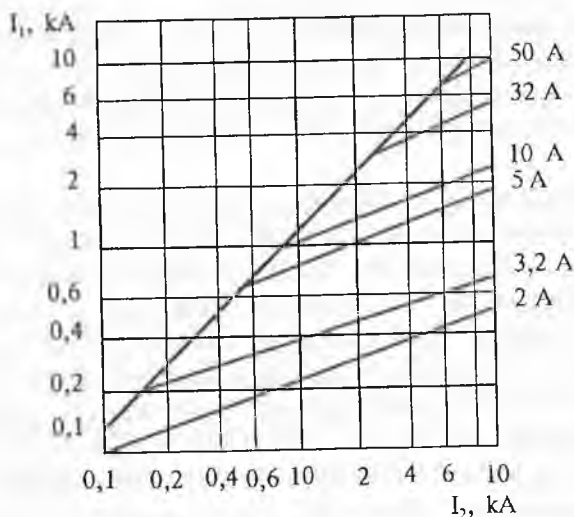
8.1-rasm. Saqlagich va himoyalalanuvchi obyekt tavsiflarining muvofiqlashuvi.

bo'lmagan o'ta yuklanishlarda uzilib qoladi. Shunga ko'ra eruvchi element toki yuklama nominal toki qiymatidan kattaroq qilib olinadi. Bunda 2 va 3-grafiklar o'zaro kesishadi. Yuqori o'ta yuklamalarda (B zonasi) saqlagich obyekti himoya qila oladi, A zonasida esa himoyalaniish kuzatilmaydi.

Katta o'ta yuklanish ($1,5-2$) I_n bo'lganda, saqlagich sekin qiziydi. Issiqlikning ko'p qismi atrof-muhitga uzatiladi.



8.2-rasm. PKT saqlagichning eruvchi elementi erish vaqtining tokka bog'liqligi.



8.3-rasm. PKT turidagi saqlagichning tok cheklash tavsifi:
 I_1 — saqlagichdan o'tadigan eng katta tok qiymati; I — nominal toki 2—50 A bo'lgan eruvchi elementning hisobiy qisqa tutashish toki.

Erish vaqti yoki ajralish vaqti bilan tok qiymati orasidagi himoya tavsifi 8.2-rasmda keltirilgan. Undan ko'rinadiki, juda katta vaqt orasida erituvchi tok qiymati o'zgarmay qoladi.

Vaqt intervali 0,01 dan to 1 soatgacha oʻrnatilgan saqlagichning himoya tavsiflari uni boshqa saqlagichlar va uzgichlar bilan muvofiqlashtirish uchun zarur boʻladi. Ular sinov tariqasida olinib, ishlab chiqaruvchi zavodlar tomonidan eʼlon qilinadi. 8.2-rasmdan koʻrinadiki, erish elementining nominal tokining oʻsishi bilan tavsiflar oʻng tomonga siljiydi. Erish elementi 1 soat mobaynida erishi uchun tok qiymati nominalga nisbatan 120% dan ortiq va 200% dan kam boʻlishi kerak.

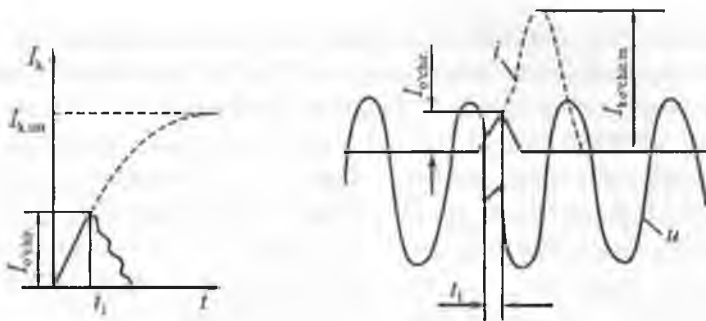
Saqlagichlar uzish toki qiymati oʻzgarish koʻlami boʻyicha 1-sinfga (erish toki qiymati 1 soatda uzish nominal tokigacha oʻzgarishi roʻy berganda) va 2-sinf (normallangan oʻchiruvchi minimal tok (u bir soatli erish tokidan ortiqroq) dan oʻchiruvchi nominal tokka oʻzgarganda (8.2-rasm) oʻchiruvchi tok erituvchi nominal tokka nisbatan koʻp karra oshganda saqlagich ishlashi tok cheklash bilan oʻtadi, 8.3-rasmdan koʻrinadiki, tok cheklash uzilgan (hisobiy) tok I_2 da (u erituvchi nominal tokka bogʻliq boʻlgan maʼlum minimal tokdan katta) roʻy beradi. I_2 qanchalik kichik boʻlsa, saqlagichning tok cheklashi sezilarli boʻlib boradi.

Chegara tokida erish vaqti katta (1 soat) boʻlganligi munosabati bilan materialning erish harorati Selsiy boʻyicha bir necha yuzlab gradusni tashkil qiladi va saqlagichning barcha detallari yuqori haroratlargacha qiziydi, natijada eruvchi elementning qarish holati yuz beradi.

Saqlagich qismlari qizishining eng yuqori harorati 8.1-jadvalda keltirilgan, tashqi havo harorati $+40^\circ$ dan oshmasligi kerak.

Agar eruvchi elementdan oʻtadigan tok nominalga nisbatan 3—4 marotaba katta boʻlsa, qizish jarayoni adiabatik koʻrinishda boʻladi, yaʼni erish elementi hosil qilayotgan barcha issiqlik uni qizdirishga sarflanadi. Erish elementidagi harorat erish qiymatiga yetgach murakkab koʻchuvchi erish jarayoni boshlanadi — element qattiq holatdan suyuqlik holatiga oʻtishi kuzatiladi. Biroq, elektr yoyi erish elementi suyuq holatga oʻtishidan oldinroq paydo boʻladi. Koʻndalang kesimi taralgan boʻyinda QT boshlangandan to yoy paydo boʻlishigacha oʻtadigan vaqtni keskin kamaytirish imkonini beradi. Yoy soʻnishi QT toki oʻrnatilgan (hatto amplitudaviy) qiymatga qadar oʻzgarishdan oldinroq roʻy beradi. Yoy QT dan soʻng t vaqtda hosil boʻladi. Bunda zanjir toki oʻrnatiladigan tok qiymatidan ancha kichik (8.4-rasm).

Yoy soʻndirgich vositalar uni milli soniyalarda oʻchirish imkonini beradi. Bunda, 8.4-rasmda koʻrsatilgandek, tok cheklash samarasi



8.4-rasm. Tokni cheklovchi saqlagichning o'zgaruvchan va o'zgarmas toklarni uzish tavsiflari.

namoyon bo'ladi. Shikastlangan zanjir tokini cheklab uzish yoyning so'nishiga olib keladi, chunki bunda QT tokining o'rnatilgan qiymati emas, balki erish elementining erish vaqti orqali aniqlangan tok o'chiriladi. Bunda QT toki $I_{o'chir}$ gacha cheklanadi (8.4-rasm). Nominal tok o'sishi bilan, tabiiyki, erish elementining ko'ndalang kesim yuzasi ham orta boshlaydi. Bu yuzaning ortishi erish vaqtini cho'zadi va tokning cheklash samarasi pasayadi. Nominal rejimda eruvchi elementdan issiqlikning jadal uzatilishi elementning ko'ndalang kesim yuzini kamaytirishga va tok cheklash samarasini oshirishga olib keladi.

8.1-jadval

SAQLAGICH QISMLARINING RUXSAT ETILADIGAN QIZISH HARORATLARI

| Saqlagich qismlari nomi | Eng katta harorat |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Patron ichidagidan mustasno tok o'tkazuvchi bo'laklar | 105 |
| Sopol izolatsiyali patronning eng qizigan yuzi | 155 |
| Organik izolatsiyali materialdan yasalgan patronning eng qizigan nuqtasi | 100 |

Saqlagichning tok cheklash qobiliyati nominal tok qiymatiga hamda kutiladigan QT toki qiymati bilan ulanish vaqtidagi faza burchagiga bog'liq. Eruvchi element nominal toki qanchalik katta bo'lsa, saqlagichning tok cheklash qobiliyati shuncha past bo'ladi. Masalan, $I_{nom} = 400$ A bo'lganda, tok cheklash qobiliyati umuman bo'lmaydi.

Zanjirni tok cheklagich saqlagichlar bilan uzganda, unda tok qiymati qanchalik tez kamaysa, o'ta kuchlanish shunchalik katta bo'ladi. O'ta kuchlanishlarni cheklash saqlagichning erish elementi ni maxsus shaklda tayyorlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Saqlagich zanjirlaridagi o'ta kuchlanishlar GOST 2213—79 bilan me'yorlanadi. Yuqori kuchlanishli saqlagichning ishlab ketishi o'sha tokning qiymati va qancha vaqt oqishiga bog'liq bo'ladi. Tok cheklashda o'ta kuchlanish ham katta va h.k. QT tokida saqlagichning uzishga sarflanadigan to'la vaqti 0,005—0,007 s ga teng.

Yuqori kuchlanishli saqlagichlarning kamchiliklariga quyidagilar kiradi: bir marotaba ishlashi, saqlagichni almashtirish yoki yangilash uchun tanaffus kerakligi.

Barcha tur va seriyadagi saqlagichlarga quyidagi talablar qo'yiladi:

— saqlagich erish elementining vaqt-tok tavsifi himoyalalanuvchi obyektning ana shunday tavsifidan pastroqdan o'tishi zarur;

— QT toki paydo bo'lganda saqlagichlarning selektiv ishlashi, ya'ni faqat shikastlangan uchastka saqlagichi ishlashi kerak;

— saqlagich tavsiflari mo'tadil (stabil) bo'lishi, ular o'lchamlari saqlagich himoya xususiyatlariga ta'sir etmasligi kerak;

— saqlagichlar yuqori darajada uzish va puxtalik xususiyatlariga ega bo'lishlari kerak;

— istalgan konstruksiyadagi saqlagichning eruvchi elementini almashtirish minimal vaqtda amalga oshirilishi kerak.

Saqlagichlarga qo'yiladigan texnik talablar GOST 2213—79 «3 kV va undan yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok saqlagichlari umumiy texnik sharoitlar» da keltirilgan.

Ishlash tamoyili. Hamma saqlagichlar uchun ishlash tamoyili bir xil: saqlagichning eruvchi elementidan nominalga nisbatan katta tok eruvchi elementning erishiga asoslangan. Yuklamadan nominalga nisbatan necha karra katta tok o'tsa, shunchalik tez eriydi.

Eruvchi element materiali sifatida ko'proq misdan foydalanadilar (uning erish harorati 1080°C ga teng). Vaqtni kamaytirish va haroratni pasaytirish maqsadida metall effektidan foydalaniladi. Bunda erish uchun mo'ljallangan simga yumaloq rux parchalari payvandlanadi. Uning erish harorati 230°C ga teng. Katta tok o'tganda payvandlangan rux tez eriydi va misning erishiga ko'maklashadi.

Eruvchi element saqlagichning almashtiriladigan bo'lagi hisoblanadi. Eruvchi elementlar yana qo'rg'oshin, qo'rg'oshin qotishmalari, rux, aluminiy, kumush va boshqalardan ham tayyorlanadi.

Eruvchi erigach saqlagichda yoy hosil bo'lad. Uni imkon qadar tez so'ndirish zarur. So'ndirish vaqti saqlagich konstruksiyasi va qabul qilingan yoy so'ndirish usuliga bog'liq. Bu jihatdan olganda yoini ochiq, yopiq va kvarts to'ldirish usullari bilan so'ndirish mumkin. Ochiq saqlagichlarda yoy elektrodlar orasidagi masofa uzoqlashganda ro'y beradi. Yopiq usulda — patronda katta bosim hosil bo'lganda yuz beradi. Kvarts to'latilgan yopiq usulda patron ichida mahalliy bosim vujudga kelib, yoy deionlashadi.

Yuqori kuchlanishli saqlagichlar konstruksiyalari. Yuqori kuchlanishli saqlagichlar ham 1 kV gacha bo'lgan saqlagichlarnikiga o'xshash ishlash tamoyili va konstruksiyalarga ega.

PK seriyali saqlagich patroni, mayda qumsimon zarrachalar bilan to'ldirilgan bo'lib, 3,6, 10, 35 kV li zanjirlarda tok 400, 300, 200 va 40 A bo'lganda ishlatiladi. Bu saqlagichlar tokni cheklash xususiyatiga ega. QT ro'y berganda to'la ishlash vaqti 0,0005—0,007 s.

3—35 kV kuch transformatorlari, havo va kabel liniyalarini saqlovchi PKT seriyasi ham tok cheklash xususiyatiga ega. Kuchlanish transformatorlarida PKN saqlagichlar ishlatiladi.

PKT saqlagichlar quyidagi nominal toklarga mo'ljallab ishlab chiqariladi: PKT 101-2-31.5 A; PKT 102-31, 5-80 A; PKT 103-50-100 A; PKT 104-100-200 A. PKN saqlagichlar 10 kV nominal kuchlanishga ega bo'lgan holda 3 kV li zanjirlarda ham qo'llanilishi mumkin.

Hozirgi zamon mayda qumsimon zarrachalar to'ldirilgan saqlagichlar konstruksiyalari va bo'laklari bilan tanishtirib o'tamiz.

Saqlagichning asosi — bo'linmaydigan tayanch bo'lib, u izolator, sokol (ba'zida u bo'lmasligi mumkin), kontaktlar va ularga o'rnatiladigan almashinuvchi elementlar yoki ushlagichlar, tashqi zanjirga ulanish uchun boshmoqlar, signal berish qurilmalari, bloklash va boshqaruv elementi (bular ham bo'lmasligi mumkin).

Almashinuvchi element ushlagichi saqlagichning ajratiladigan qismi. Unga almashtiriladigan element o'rnatiladi. Ushlagich har bir patronning uchini ushlab turishi uchun mo'ljallangan konstruksiyaga ega yoki to'la izolatsiyalangan korpus sifatida bo'lib, erkin elementini almashtirishga qulay bo'lgan moslamalar bilan jihozlangan. Bunda korpus ichki devorlari yoy so'ndirishda gazli generator sifatida ishlatiladi.

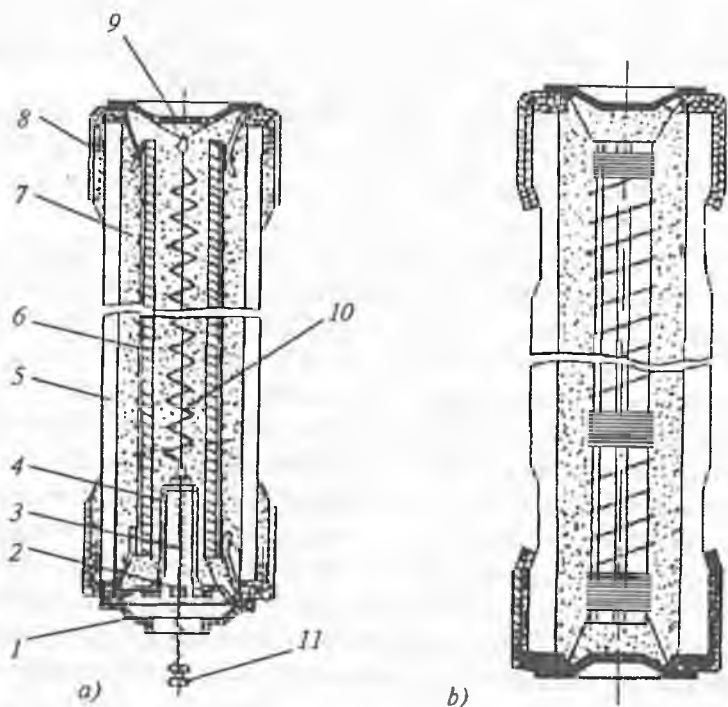
Zarba qurilmasi — saqlagichning bir bo'laki bo'lib, u ishlaganda normallangan mexanik energiyani ozod qiladi va u o'z navbatida boshqa apparatni — almashuv elementini (ushlagichni) yoki signal qurilmasini to'sadi va boshqaruvni qulay holatga keltirib beradi.

Bu ishlab ketgan bo‘lak saqlagich bo‘lagi bo‘lib, saqlagich joyla shadigan joyni ko‘rsatishga hamda u ishlagan-ishlamaganligini yoki erish elementi eriydimi-yo‘qmi aniqlashga yordam beradi. Saqlagichning almashuv elementi ham uning bir bo‘lagi hisoblanadi va u bir yoki bir necha patronlarda bo‘lishi mumkin,

Patron saqlagichning hajmiy tok cheklagich qismi bo‘lib, ichi qum zarrachalari bilan to‘ldirilgan. Patron izolatsiyalangan korpusga ega, kontaktli uchlari tokni keltiruvchi, erish elementini ichida ushlab turuvchi va pastki — tokni chiqaruvchi kontaktlardan tashkil topgan. Shuningdek, unda ishlaganlikni ko‘rsatuvchi zarba qurilmasi ham joylashgan.

Erish elementi saqlagichning almashtiriluvchi bo‘lagi bo‘lib, ma‘lum bir vaqtda va ma‘lum bir katta tokda eritish va zanjirni uzish uchun xizmat qiladi.

PKN va PKT saqlagich turlari chinni yoki shisha quvurchalar-dan (8.5-rasm), chetlari jez qalpoqlardan iborat. Kvars qumi quvurcha



8.5-rasm. PKT va PKN turlaridagi kvars to‘ldirilgan saqlagichlar:
a — PKT turidagi sopol g‘o‘lali saqlagich patroni; *b* — PKN turidagi saqlagich patroni; 3, 4 — ko‘rsatkichining prujinasi va korpusi; 1, 9 — qopqoqlar; 2 — ishlash ko‘rsatkichi; 5 — patron; 6 — sopol g‘o‘la; 7 — kvarsli qum; 8 — kontakt qalpog‘i; 10 — ko‘rsatkich bog‘lagichi; 11 — ishlash ko‘rsatkichi.

ichiga to'ldirilgan. Toki 7,5 A bo'lgan saqlagichlarda eruvchi element qopol g'olaga o'ralgan bo'ladi. Bu eruvchi element uzunligini oshiradi va uzilish ehtimoli ortadi. 7,5 A dan oshiq bo'lgan nominal toklarda eruvchi element parallel spirallar ko'rinishida yasaladi (8.5-b rasm). Parallel spirallar erigichni kichik diametrli mis yoki kumush simlardan yasash imkonini beradi va bu yoy sindirishdagi tor tekis samarasini saqlab qoladi.

Saqlagich kichik, lekin uzluksiz o'ta yuklanish bilan ishlaganda qizishni kamaytirish maqsadida eruvchi elementga qo'rg'oshinli sharchalar qo'shiladi.

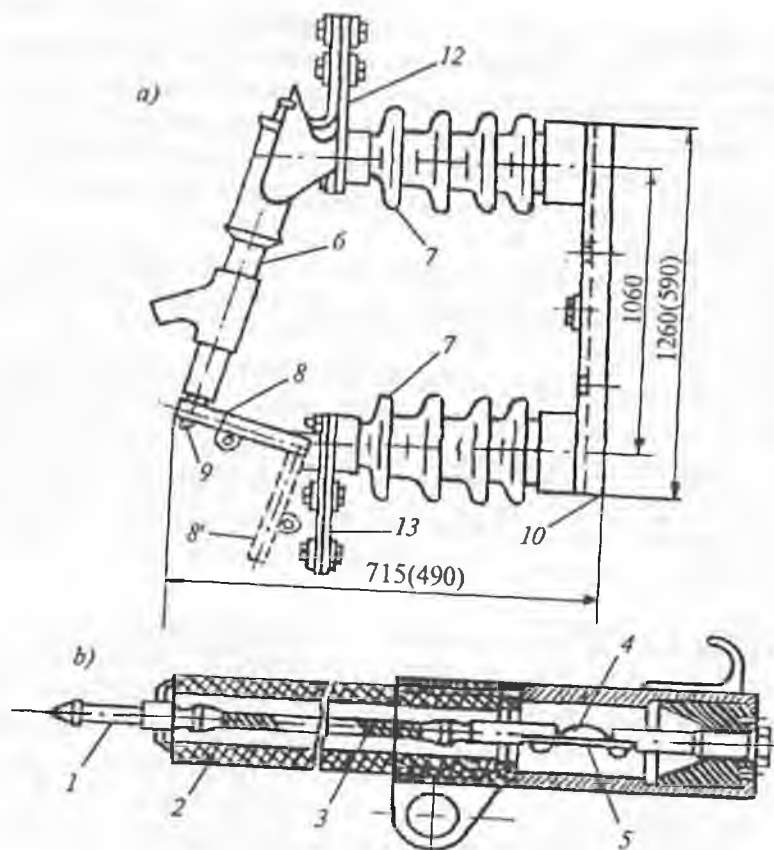
Saqlagich ishlaganligini bildiradigan ko'rsatkichga ega. Unda qisib qo'yilgan prujina bo'lib, maxsus eritish elementi bilan tutib turiladi. Asosiy eritish elementi erigandan so'ng yordamchi — maxsus element ham eriydi, ko'rsatkich bo'shab, II holatga o'tib oladi va uzilish ro'y berganini ko'rsatadi. Bu ko'rsatuvchi qurilmani QT dan ishlagan saqlagichdan so'ng uzgichni avtomatik ravishda uzishda ishlatish mumkin.

QT davrida eruvchi element butun uzunligi bo'yicha erib, bug'lanib ketadi va zanjirga uzun yoy kiritiladi. U tor teshikda yotib, yuqori qarshilikka ega bo'ladi (ayniqsa, boshlang'ich sharoitda, metall bug'lari yetarli ionlashmagan davrda). Bu sharoitda paydo bo'ladigan o'ta kuchlanishlarni cheklash maqsadida eruvchi element o'zgaruvchan ko'ndalang kesim yuzasiga ega bo'lishi kerak. Avval kichik kesim yuzali uchastka eriydi, keyin katta kesimlisi, natijada, yoy uzunligi sekin o'sadi.

Mayda zarrachali qum sifat to'ldirgichlarga ega saqlagichlarda tok cheklash xususiyati paydo bo'ladi. Uzluksiz rejimda ingichka eritkichlarni jadal sovitish ular simlarining ko'ndalang kesim yuzini minimal qiymatga tushirib, eritish toki qiymatini ham kamaytirishga imkon beradi. Kuchlanishi 10 kV li tarmoqlarda uzish nominal toki 20 kA gacha yetadi.

PK va PKTN saqlagichlar shovqinsiz ishlaydi. Shuningdek, alanga va qizigan gazlarning tashqariga chiqishi kuzatilmaydi. Saqlagichlarning normal ishlashida germetizatsiya katta ahamiyatga ega. Agar uning ichiga namlik o'tib qolsa, yoy so'ndirish qobiliyati yo'qoladi.

Yoyni avtogaz bilan so'ndiruvchi PVT turidagi saqlagichlar 10, 35, 110 kV tarmoqlarida ishlatiladi. Bu toifadagi apparatlarda asosiy qism — gazli generator quvurchasi 2 (8.6-b rasm) hisoblanadi. Uning ichida egiluvchan tok o'tkazgich 3 joylashtirilgan. O'tkazgich eruvchi element 4 va kontaktli boshmoq 1 bilan birlashgan. Mis eruvchi bilan



8.6-rasm. PBT—35 turidagi saqlagich
(qavs ichidagi o'lchamlar PB—10 ga taalluqli):

a — umumiy ko'rinish; b — saqlagich patroni; 1, 9 — kontakt boshmog'i; 2 — gazli generator quvurchasi; 3 — egiluvchan o'tkazgich; 4 — eruvchi element; 5 — po'lat prujina; 6 — saqlagich patroni; 7 — izolator; 8 — kontakt pichog'i; 10 — po'lat sopol; 12, 13 — boshmoqlar.

parallel ravishda po'lat eruvchi 5 joylashgan. Unga prujina ta'sir etib, tok egiluvchan o'tkazgichni chiqarib yuborishga harakat qiladi. Patron qalpog'i (8.6-a rasm) izolatoridagi ushlagich bilan qisiladi. Pastki izolatorida o'qqa kontakt pichog'i o'rnatilgan. Pichoqqa spiral prujina o'ralgan bo'lib, o'q pichoqni holatga burishga intiladi. Pichoq kontakt uchi 6 ni bo'ynidan ushlab turadi.

QT davrida avval mis element eriydi, keyin esa po'lat element eriydi. Pujina ta'sirida pichoq aylanadi va egiluvchan o'tkazgichni

chiqarib yuboradi. Erigichlar erigandan so'ng hosil bo'lgan yoy trubkaga tortiladi va jadal ravishda gaz ajraladi. Quvurchadagi bosim 10—25 MPa ga yetadi va tezlik bilan bo'ylama avtopuflash effekti paydo bo'lib, yoyni so'ndiradi. Yoyni so'ndirish erigan gazlarni shovqin-suron bilan tashqariga «uloqtirish» orqali amalga oshiriladi. Tok so'nishi tokning noldan o'tishi davrida ro'y berishi tufayli o'ta yuklanish hosil bo'lmaydi.

Erish elementi normal holatda yuqori haroratlarga qiziydi. Bunda gaz hosil bo'lmasligi uchun erish elementi trubka ichida emas, balki trubkaning berkituvchi metall qalpog'iga o'rnatilgan.

PNB turidagi saqlagichlar chinni quvurchadan, metall qopqoqdan, kontakt pichoqdan va mis erish elementidan tashkil topgan. Trubka — patron ichi quruq qumsimon kvars bilan to'ldirilgan. Kvars yaxshigina izolatsiyalash xususiyatiga ega. O'ta kuchlanishni cheklashga erish elementining bug'lanishi bilan erishiladi. Bu toifa saqlagichlarning tezkorligiga eruvchi elementni kumushdan tayyorlash bilan erishiladi, saqlagichni jadal sovitish maqsadida erigichning ingichka bo'lagi ikkita fayans plastinalar oralig'iga joylashtiriladi.

Saqlagichni tanlash. Kuchlanishi 1 kV gacha bo'lgan zanjirlar uchun saqlagichning nominal kuchlanishi U_n , uzoq muddat o'tuvchi tok va uzuvchi tok qiymatlari orqali tanlanadi.

8.2-jadval

SAQLAGICHNI TANLASH SHARTLARI

| Elektr jihozining nominal toki, A | Tanlanayotgan saqlagichning nominal toki, A | Saqlanuvchi elektr jihozning nominal quvvati, kV-A | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|------|-------|
| | | 5 kV | 6 kV | 10 kV |
| 0,5 | 2 | — | 5 | 10 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 20 |
| 1,9 | 5 | 10 | 20 | 30 |
| 3 | 7,5 | — | 30 | 50 |
| 5 | 10 | 20 | 50 | 75 |
| 8 | 15 | 30 | 75 | 100 |
| 10 | 20 | 50 | 100 | 180 |
| 14,5 | 30 | 75 | 135 | 240 |
| 20 | 40 | 100 | 180 | 320 |
| 20 | 50 | — | 320 | 560 |
| 54 | 75 | 240 | 560 | 750 |

Kuchlanish 1 kV dan yuqori bo'lgan saqlagichlar ham nominal kuchlanish U_n , nominal tok I_n va uzuvchi nominal tok $I_{uzil.n}$ qiymatlari orqali tanlanadi. Kuchlanishni tanlash quyidagi shartni bajargan holda olinadi:

$$U_{ust} \leq U_n.$$

PK turidagi saqlagichlarni (kvars qum to'ldirilgan) faqat zanjir nominal kuchlanishi saqlagichning nominal kuchlanishiga teng bo'lgan holda qo'llash mumkin.

Saqlagichlarni himoyalash tavsiflariga qarab tanlanadi, ya'ni ularning selektiv xususiyatlari bo'yicha tanlab, himoyalashlari hamda elektr motorlarni ishga tushirishdagi tok qiymatlari va transformatorlarda magnitlovchi tok keskin o'sishini hisobga olgan holda tanlanadi. Bular asosan 8.2-jadvalga qarab olib boriladi.

Saqlagichni tok bo'yicha tanlaganda quyidagi shart bajarilishi kerak.

$$I_{no} \leq I_{o'chir.n}.$$

PUE ga binoan himoyalanuvchi barcha apparat va o'tkazgichlar 50 A gacha tok o'tadigan bo'lsa, termik va elektr dinamik bardoshlikka tekshirilmaydi.

8.2. TEZKOR ERUVCHI SAQLAGICHLAR

Saqlagichning vazifasi va konstruksiyalari. Har xil tur va toifadagi yarim o'tkazgich qurilmalarini QT tokidan himoya qilish maqsadida tezkor saqlagichlar qo'llaniladi. Bir qancha turdagi saqlagichlarning nominal qiymatlari 8.3-jadvalda, ba'zi bir tezkor saqlagichlarning nominal qiymatlari esa 8.4-jadvalda keltirilgan.

Hozir chet davlatlarda tezkor saqlagichlarning o'nlab turlari ishlab chiqarilmoqda (masalan, bunday apparatlarning PP—57 turi). Sanoatda PP—59, PP—60 turlardagi tezkor saqlagichlarni ishlab chiqarish o'zlashtirilgan bo'lib, ular ventilli o'zgartgichlardan tashqari fider himoyasida ham ishlatiladi.

YARIM O'TKAZGICHLI O'ZGARTGICH QURILMALARINI
HIMOYALOVCHI TEZKOR SAQLAGICHLAR TURLARI (1.13)

| Tur va seriya | Vazifa va umumiy ma'lumotlar | Nominal qiymati | | |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | | Kuchlanish, V | | Tok, A |
| | | o'zgar- mas tok | o'zgaruv- chan tok | |
| PP-12 | Umumsanoat va tropikka mo'ljallangan liniya saqlagichlari | 850 | — | 1600—6300 |
| PP-61 | Kuch ventillarini o'ta yuklanish va QT tokidan himoyalash uchun tugmali erigich elementiga ega | — | 380 | 40—160 |
| PP-71 | Cho'tkasiz quvurchali generator uyg'otish tizimlari ventillarini himoyalash uchun tashqi sovitgich tizimiga ega | 1000- 1300 | — | 550—750 |
| PP-41 | Ventillarni QT tokidan himoyalash | 440 | 750 | 250—620 |
| PP-51 | Ventillarni QT tokidan himoyalash | — | 220 | 33—400 |

PP-59 saqlagichi kichik qiymatga va tezkor ishlash xususiyatiga ega. PP-60 saqlagichi 500 va 631 A nominal tokka, 380 va 600 V nominal kuchlanishlarga ega. Ular yoy oldi katta Joul integraliga ega bo'lib, inersion-tezkor saqlagichlar toifasiga kiradi.

PP-60 saqlagichlari nominal tokni kamaytirmagan holda siklik o'ta yuklanish bo'yicha yuqori bardoshlikka ega. Ularning eruvchi elementi kumushdan yasaladi. PP-60 m saqlagichlari mis eritkichiga va to'latkichga ega.

Har xil turdagi tezkor saqlagichlar o'zlarining vazifa va foydalanish xususiyatlariga qarab konstruktiv ko'rinishlarga ega. Bir qancha original konstruktiv va sxema yechimlariga qaramay hozirgi vaqtda saqlagichning asosiy turi bir marta ishlatiluvchi kumush eruvchi elementli, ichiga qum to'ldirilgan chinni patronli saqlagich hisoblanadi. Konstruktiv soddalik, tejamlilik, himoya tavsifining puxtaligi saqlagichlarni sanoatning har xil sohalarida keng tarqalishiga sababchi bo'ldi.

**BA'ZI BIR TEZKOR SAQLAGICHLAR PARAMETRLARINING
TEXNIK KO'RSATKICHLARI**

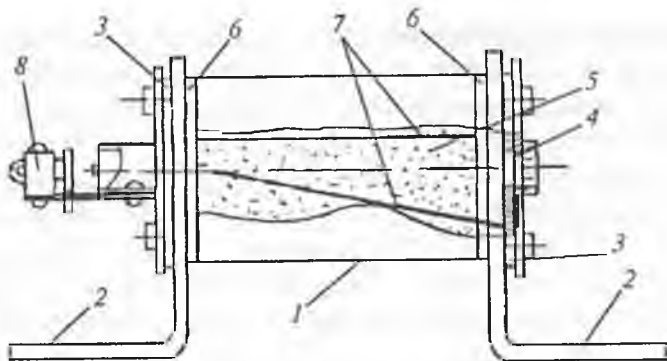
| Tur va seriya | Tok, A | Kuchlanish, V | Tok kvadrati integrali, A ² C | Uzish chegaraviy toki, kA | Nisbiy o'ta kuchlanish |
|---------------|---------|---------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| PPD12—43133 | 1000 | 150 | 1100 | 100 | 1,6 |
| PPD12—40433 | 6700 | 450 | 3000 | 200 | 1,8 |
| PP51—3340354 | 160 | 380 | 10 | — | — |
| PP—41 | 31—630 | 760 | 1350 630 Ada | 100 | 1,5 |
| PP57—31 | 100 | 660 gacha | 1,4 | — | — |
| PP57—34 | 250 | 660 gacha | 1,3 | — | — |
| PP57—34 | 400 | 660 gacha | 140 | — | — |
| PP57—39 | 630 | 1150 gacha | 300 | — | — |
| PP57—40 | 300 | 1250 gacha | — | — | — |
| PP—71 | 550—750 | 1300 | — | 40 | 1,5 |
| PP—61 | 40—160 | 330 | 100 | 100 | 1,5 |

8.7-rasmida PP—59 seriyali saqlagich konstruksiyasi keltirilgan. Ultra chinnidan yasalgan korpusga vintlar yordamida 4 mm li mis boshmoqlari o'rnatilgan. Ularga erish elementlari payvandlangan. Elementlar katta va kichik kesim yuzalariga ega bo'lib, o'zaro parallel yoki ketma-ket ulanadi. Patron kvarts qumi bilan to'ldirilgan. Kontakt δ signal aloqasi uchun qo'llaniladi.

Avariya toki o'tganda, patron ichida gaz hosil bo'ladi. Biz ko'rayotgan saqlagichning asosiy xususiyatlaridan biri saqlagich ishining ana shu avariya tokidan keyin hosil bo'lgan gaz hosil qiluvchi bosimiga munosabati. Adiabatik qizish va bug'lanish natijasida erish elementi ingichka bo'yinlari erib, bug'lanish hosil bo'ladigan yoy ustuni bosimi P quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$P = P_0 Y_0 \frac{V T}{\mu T_0}, \quad (8.1)$$

bu yerda: P_0 — normal bosim, u $1,01 \cdot 10^5$ Pa ga teng; Y_0 — gazning normal molar hajmi, u $22,413$ m³/km ga teng; γ — erish elementining



8.7-rasm. Tezkor saqlagich konstruksiyasi:

1 — korpus; 2 — boshmoqlar; 3, 6 — izolyatsiyali qatlamlar; 4 — teshik; 5 — to'ldirgich (kvars qumi); 7 — eruvchi elementlar; 8 — kontakt.

normal sharoitlardagi zichligi; μ — gazning molar vazni; T_0 — normal harorat (273 K).

Adiabatik bosimning P qiymati $T = 2 \cdot 10^4$ bo'lganda har xil materiallardan yasalgan erigich uchun quyidagicha:

| | | | | |
|-----------------------|-------|-----|-----|------|
| Element materiali | — Ad | Si | Al | Zn, |
| Bosim P , 10^6 Pa | — 160 | 235 | 155 | 180. |

Kvars qum eriganda adiabatik bosim $P = 5 \cdot 10^6$ Pa. 1 kg mis vakuumda $5 \cdot 10^6$ K haroratda eriganda uning bug'lari qattiq holatdagi metall hajmi 75 ming marotaba oshadi. Tezkor bo'lmagan saqlagich (PR seriyalari) patroni to'ldirilmagan bo'lsa, yuqori bosim hosil bo'ladi. Shu bosim saqlagich konstruksiyasini belgilaydi. Hajmi o'zgarmagan materialdagi nazariy ko'rsatkichlardan oshish patron to'ldirilmagan holda ichki bosimni kamaytiradi, unga qaramay bu bosim saqlagich konstruksiyasini to'la ishdan chiqarishga yetarli bo'ladi. Masalan, qo'rg'oshindan yasalgan erigich bo'yinlari eriganda (PR seriyasi) (tok $I_n = 200$ A, $U_n = 380$ V), bosim ta'sirida 9 alumin sixchalari (umumiy kesim yuzi 180 mm²) uzilib ketgan. Alumiyniying bardoshlilik 98 $\cdot 10^6$ ekanligini hisobga olsak, sixchalar uzilganda qanday yuqori bosim hosil bo'lishini tasavvur etish qiyin emas.

Erish elementi joylangan patron ichi, masalan, kvars qumi bilan to'ldirilganda, butunlay boshqa ko'rinish yuz beradi. Kvars qumi fizika nuqtayi nazaridan olganda suyuqlikni ifodalaydi va u ko'pik strukturaga ega bo'ladi. Yoy ustuni bosimi 10^7 — 10^8 Pa bo'lib, korpus devorlariga ta'sir etadi. Bunda to'ldirgich granulometrik o'zgarish uning zichlanish darajasi va korpus diametri korpus ichki devoriga

aloqador bosimga ta'sir etadi. Qum zarrachalari diametrini kamaytirishi (masalan, 0,1—0,2 mm atrofida) va korpus diametrini oshirish bu bosim qiymatining kamayishiga olib keladi. Spektroskopik tahlillar bilan shu narsa aniqlanganki, saqlagichdagi elektr yoyi, agar patron kvars qumi bilan to'ldirilgan bo'lsa, kremniy bug'larida yonadi. Bunday bosim kumush bug'laridagiga qaraganda 80 marotaba yuqori bo'ladi. Shunday qilib, saqlagichdagi bosim, asosan, to'ldirgich bug'lari bilan aniqlangan holda, erish elementi materialiga bog'liq bo'lmas ekan. Amalda bosim ta'sirida korpusning nurashi kuzatilmagan. Biroq noratsional konstruksiya va tayyorlangan texnologiyasi buzilganda yonish mahsulotlari va ionlashgan gazlarning erish elementi payvandlangan joylardan otilib chiqish xavfi tug'iladi va bu narsa qurilmaning portlashiga sababchi bo'lib qoladi.

Uzoq davom etgan ish rejimidagi asosiy tavsiflar. Tezkor bo'lmagan umumsanoat uchun mo'ljallangan saqlagichlarda nominal tok quvvati chiqish qismidagi harorat va quvvat isrofi bilan aniqlanadi. Bunda erish minimal erish toki va erimaslik maksimal toklarini hisobga oluvchi yordamchi koeffitsiyent kiritiladi. Tezkor saqlagichlar uchun o'tayotgan tokning siklik va shakl o'zgarishini tasvirlovchi foydalanish sharoitini hisobga olish kerak. Umumsanoat uchun qo'yilgan talablarga muvofiq aniqlangan nominal tok siklik rejim uchun topilgan o'rta kvadratik tok bilan bir xil bo'lmay qolishi mumkin. Shu munosabat bilan tezkor saqlagich nominal toki tezkor bo'lmaganlari kabi, saqlagich chiqish qismidagi harorat va quvvat isrofi orqali, siklik rejimda esa nominal tok pasayishini hisobga oluvchi koeffitsiyent kiritish yo'li bilan (u koeffitsiyent 0,5—0,75 atrofidagi qiymatga ega) o'rnatiladi. Shu bilan birga, keyingi yillarda tezkor saqlagichlar nominal toki sifatida siklik rejimdagi o'rta kvadratik tok qiymatini qabul qilish odat tusiga kiryapti. Bunda qabul qiluvchi tok ishlatilganda, berilgan ishlash muddatida hech qanday nurash va buzilish holati yuz bermasligi kerak. Nominal tokning o'zgarish ko'lami 6,3 A—2,5 kA ga teng. Bu ko'lamni kengaytirish an'anasi hozirgi kunda ham davom etyapti.

Nominal kuchlanish — bu elektr zanjirlarning maksimal kuchlanishi (harorat qiymati) bo'lib, unda aytib o'tilgan shartlarda zanjir puxta o'chirilishi kerak. Tezkor saqlagich yoyi kuchlanishi erish ro'y berganda saqlanayotgan zanjir kuchlanishidan 150% dan oshmasligi zarur. Natijada yarim o'tkazgich priborlari kuchlanishdan himoya qilishni talab etadi.

O'zgarmas tok zanjirida kuchlanish nominaldan pasayishi bilan saqlagichda katta zanjirida induktivlik bo'lgani uchun o'ta yuklanish paydo bo'lishi mumkin. Masalan, 660 V nominal kuchlanishda 50—100 V li zanjir uzilganda o'ta kuchlanish 300 V bo'lishi mumkin. Ba'zi bir avariya turlarida ikkita saqlagich ketma-ket ulanganda ulardan bittasi yoki ikkitasi barobar ishga tushishi mumkin. Bu holda bitta saqlagich avariya rejimidan himoyalab, zanjirni uzishi, ikkalasi ishlaganda esa o'ta kuchlanishlar paydo bo'lmasligi kerak.

Eng keng tarqalgan saqlagichlarning nominal kuchlanishlari 220—1600 V orasida bo'ladi.

Quvvat isrofi — ekspluatatsiya davridagi saqlagichning eng ahamiyatli ko'rsatkichi. Masalan, 630 A nominal tokka va 660 V nominal kuchlanishga ega saqlagichda quvvat isrofini 100 dan 80 W gacha pasaytirish yiliga 36 kW quvvatni tejash imkoniyatini beradi. Quvvat isrofini bir necha yilda oshirish esa saqlagich eruvchi elementi eriy boshlaganligidan dalolat beradi. Saqlagichning o'zida ham isrofini kamaytirish katta ahamiyat kasb etadi. Saqlagichlar soni ko'p bo'lgan holatlarda uzoq vaqt (20 yilgacha) ekspluatatsiya qilinganda hamda hozirgi zamon an'anasiga ko'ra isroflarni kamaytirish eng dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Nominal tokning tashqi omillarga bog'liqligi. Saqlagich tezkorligiga uning eruvchi elementi bo'shliqlaridan o'tuvchi tok zichligini oshirish yo'li bilan erishiladi. Shunga ko'ra quyidagi tashqi omillar: atrof-muhit harorati, sovitish turi, tok o'tkazuvchi shina ko'ndalang kesimi, uzunligi va boshqalar saqlagich tavsifiga katta ta'sir ko'rsatadi. Tashqi muhit haroratini hisobga olish uchun har xil formula va bog'lamalardan foydalaniladi. O'rtacha olganda, tashqi havo harorati 1°C oshganda nominal tokni 0,5—0,7% ga pasaytirish kerak. Agar tashqi shamollatkich yordamida majburiy sovitilsa (bunda havo oqimi 2—10 m/s bo'lsa), saqlagich nominal tokini 20—50% gacha, agar suv sovitgichi qo'llansa, 50% gacha ko'tarish mumkin. Saqlagichda hosil bo'ladigan issiqlikning 70% shinalar orqali tortiladi. Shunga ko'ra shinalar ko'ndalang kesim yuzasini, masalan, 20% ga oshirilsa, nominal tok qiymatini 3—5% ga ko'tarish mumkin. MEK tavsiyasiga ko'ra shinalardagi tok zichligi 1,0—1,6 A/mm² bo'lishi kerak. Shuni ham aytib o'tish kerakki, shinalar ko'ndalang kesim yuzini oshirish hamma vaqt ham samara beravermaydi. Shinalar uzunligi tok o'tkazish yuzini tashkil qiladi va saqlagichning qizishiga ta'sir ko'rsatadi.

Saqlagichlarni tok bo'yicha uzoq muddat ishlatishga tanlanganda shuni esda tutish kerakki, saqlagich nominal toki harorat qiymati bo'yicha o'rnatiladi. Yarim o'tkazgichli priborlar himoyasida tok o'rtacha qiymat bo'yicha olinadi.

Saqlagichlarning himoya tavsiflari. Saqlagichlarning himoya funksiyasi MEK tavsiyasiga ko'ra quyidagicha tavsiflanadi:

— yoy boshlanish oldi vaqti (tok o'tish vaqti bilan yoy hosil bo'lish soni);

— yoy vaqti (yoy paydo bo'lishidan to o'chguncha bo'lgan davr);

— ishlash (yoki uzilish) vaqti (yoy oldi va yoy ishlash vaqtlarining yig'indisi);

— joul integrali (berilgan vaqt ichida tok kvadrati integrali);

— zanjirda kutiladigan tok (saqlagich o'rniga kichik qarshilikka ega QT simdan o'tadigan tok);

— uzish qobiliyati (berilgan kuchlanish va shartlarda kutiladigan tokning saqlagichni ishga tushirish qobiliyati);

— o'ta toklarda selektivlik (bir qancha himoyalagichlar bo'lgan zanjirda avariya toki ma'lum bir qiymatda bo'lganida faqat shu tokda ishlaydigan saqlagich ishlashi — qolganlari o'z holidagi qolishi).

Himoyalash xususiyatlari kommutatsion tekshiruv orqali aniqlanadi.

Eruvchi element materiallari. Hozirgi vaqtda eruvchi elementlar (yuqori kuchlanishli, tezkor harakatlanuvchi) kumush, mis, qo'rg'oshin, rux va ular asosidagi qotishmalardan yasaladi. Tezkor saqlagichlar uchun uzgichlar, asosan, kumushdan, ko'p davlatlarda uning o'rniga boshqa metall ishlatish bo'yicha ishlar olib borilmoqda. Kadmiy bo'yicha olib borilgan ishlar shuni ko'rsatadiki, uni erish elementi sifatida ishlatilganda saqlagichning o'lchovlari 20—25% ga kamayadi.

Tadqiqotlar davomida hozircha yangi qotishmalar — aluminiy — kadmiy, aluminiy-mis istiqbolli saqlagichlar yaratishda yangi bosqich bo'lsa ajab emas. Har qanday yo'l bilan bo'lsa ham, qimmatbaho kumushni boshqa metall bilan almashtirish eng dolzarb masalalardan hisoblanadi. Tadqiqotchilar tavsiyasiga ko'ra bu sohada aluminiy qo'llash birmuncha yaxshi natijalar berishi mumkin.

Bir xil nominal tokda va nominal kuchlanishda kumush va aluminijdan yasalgan eritish elementlari sinovi natijalarini taqqoslash quyidagilarni berdi. Aluminiy solishtirma qarshiligining yuqori (1,8 marta) ekanligini uning ko'ndalang kesim yuzini oshirish bilan ka-

maytirish mumkin. Bunda kumushnikidagidek issiqlik holati va isrof qiymatiga erishish mumkin. Masalan, ko'ndalang kesim yuzini ikki baravar oshirilsa va erigich shakli saqlab qolinsa, kumush erigichdagi barcha parametr va ko'rsatkichlarga erishsa bo'ladi. Shuningdek, yoy oldi integrali 19—20 marotaba ko'p bo'ladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, $1 < 100$ kA [8.3] bo'lganda o'tkazilayotgan tok kumush va aluminiylarda bir xil bo'lar ekan. Bunga asosiy sabab aluminiy eritkich bo'limchalari eriganda yoydagi kuchlanish tez o'sar ekan (10^6 V/s).

Aluminiy kislorod, oltingugurt, uglerod bilan birlashganda juda katta energiya hosil qilar ekan (1673 kJ/mol). Bu hol uchun kumush 31 va mis 168 J/mol energiyaga ega.

O'zgaruvchan tokda yoyda yoyiluvchi energiya kumush va aluminiy eritkichlarda bir xil qiymatga ega. QT tokini uzishda bu ko'rsatkichlar deyarli bir xil. O'zgaruvchan tokda konturning ma'lum bir parametrlarida QT davrda ikkilamchi issiqlik teshilishi yuz beradi. U asosan saqlagichdan o'tayotgan tokning 0 qiymatdan o'tayotgandan keyin 40—100 ms ga teng. Bunda zanjir boshqa saqlagichdan o'chiriladi. Teshilishgacha yoy yoyiluvchi energiyasi 20—40% ga kommutatsion tokdagidan past bo'ladi. Aluminiy saqlagichlardan ikkilamchi teshilishning yuzaga kelishi aluminiy zangi bilan izohlanadi.

Aluminiy eritgichlar har qanaqa siklik ta'sirda ham yuqori sezgirlikka ega. Masalan, aluminiy eritgich $I_{nom} = 400$ A bo'lganda, davomli ishda ham normal ishlashni ta'minlaydi. Ayni vaqtda xuddi shu nominal tokda MEK 269—4 tavsiya etgan siklik yuklamani 18 daqiqada tokda, 18 daqiqada pauzada ushlab tura olmaydi, 89—127 sikldan so'ng erib ketadi.

$I_{nom} = 800$ A bo'lganda, 52—55 sikldan so'ng erish ro'y beradi. Aluminiyli eritkichlar kichik avariya (2,3—3,5) I_n hollarda zanjirni uzishi ancha murakkab kechadi, chunki og'ir eruvchi zang qoplama aluminiyning to'la erishiga to'sqinlik qiladi. Kichik tok o'tganda, hosil bo'luvchi issiqlik bu qoplamani nuratishga ojizlik qiladi.

Kumushning o'rnini bosuvchi ikkinchi material — bu mis. Dunyo bo'yicha mis kumushga nisbatan uch marta ko'p qazib olinadi. Mis kumushga nisbatan 300 marotaba arzon, elektr fizik xususiyatlari bo'yicha kumushnikiga yaqin. Solishtirma qarshiligi kumushnikidan 5—6% yuqori. Harorat koeffitsiyentlari ikkala metall uchun deyarli bir xil, ya'ni 0—100°C da 17 va $19 \cdot 10^{-6}$ C⁻¹. Issiqlik o'tkazuvchanlik

misda kumushnikidan 6% ko'proq, misning erish harorati kumushnikidan 120°C yuqori [1.13, 8.1, 8.2].

Mis kimyoviy jihatdan aktiv element hisoblanadi. Zanglanish tezligi kam. PP—59, PP—60 saqlagichlar eritish elementi vazni 10—30 g bo'lib, tarkibida 1—2% kislorod bor.

Vakuumdagi misning siklik bardoshlilikiga havodagiga qaraganda bir daraja yuqori. Misning oksidi plyonkalari yetarli darajada elektr o'tkazuvchanlikka ega, shuning uchun erish elementining ishlash sharoitiga ta'sir eta olmaydi.

Mis va kumushning atom tarkibi o'xshash. Mis eritish elementlarini ishlatish uning yuzini muhitdan himoya qilganda yaxshi natija beradi. Buning uchun mis yuziga ma'lum bir modda suriladi, masalan, nikel yoki puxta oksid plyonkasiga ega bo'lgan aluminiy. Patron ichini qum bilan emas, qattiq to'ldirgich bilan to'ldirish ham yaxshi samara beradi (bu qattiq to'ldirgich kvarts qumini bog'lovchi suyuqlik bilan aralashtirib, qizitish yo'li bilan olinadi). Yana oksid plyonkasini to'liq saqlash maqsadida eritish elementini eritib ishlatish yaxshi natija beradi.

Kerakli issiqlik rejimini ta'minlash maqsadida misning solishtirma qarshiligi (u mis qarshiligiga nisbatdan yuqori) erigich ko'ndalang kesimi yuzini 6—8% ga oshirishni taqozo etadi.

Mis erigich vaznining ortishi amalda deionizatsiya va metall bug'larini sovitishni murakkablashtirmaydi, chunki mis ionizatsiyasi potentsiali ancha yuqori (7,77 V, kumushda — 7,57 V) va katoddagi kuchlanishning pasayishi (14,7—15,4 V, kumushda — 12,1—13,6 V) yoy so'nishini yaxshilaydi [8.4].

Siklik yuklamalarda hosil bo'ladigan mexanik kuchlanish mis oksid plyonkasi adgeziyasiga qo'shimcha to'siq bo'ladi va uning yorishi hamda qavatma-qavat ko'chishiga yordamlashib, korroziya rivojini yangilatadi. Ekvivalent issiqlik rejimida misning siklik bardoshlilikiga kumushnikiga qaraganda nominal tok bo'yicha 10% ga kam.

Hozirgi zamon saqlagich to'ldirgichlari. Saqlagich bo'yicha olingan dastlabki paytlarda (1890-y.) eruvchi element yupqa folga yoki sim sifatida ifodalanib, uni izolatsiyalangan korpusga o'rnatilgan. Korpus mayda zarrachali tok o'tkazmaydigan material: sir, kvarts qum, marmar, g'isht poroshogi, asbest, korund bilan to'ldirilgan. Kvarts qumi to'ldirgich amalda eng yaxshi material ekanligi isbotlandi. Kvarts qumini korpus ichiga to'ldirishning vibratsion usuli XX asrning 50-yillariga to'g'ri keladi. Bunda saqlagichning himoyalash

tavsiflari yuqori darajada bo'ldi va u yarim o'tkazgichli qurilmalarda qo'llanila boshlandi.

To'ldirgichning asosiy vazifalari:

— uzluksiz rejimda ishlaganda eritish elementidan issiqlikni uzatish yo'li bilan volt-amper tavsifiga ta'sir etish va shu hisobga to'ldirgichsiz saqlagichga qaraganda nominal tokni ko'tarish;

— issiqlik uzatishni yaxshilash hisobiga yoy oldi Joule integralini ko'paytirish;

— erish va bug'lanish tufayli yoy energiyasini olish hisobiga tokning tezda nolga tenglashuvi, natijada, saqlagich o'lchovlarini kamaytirishi;

— qattiq to'ldirgich strukturasi ichidagi yoy hisobiga fulgurutli trubkalar hosil qilish va oddiy yoy bilan bu yoylarning birlashuviga yo'l qo'ymaslik;

— fulgurut trubkalar ichidagi bosim hisobiga yoy so'nishiga «ko'maklashish»;

— saqlagich korpusiga ta'sir etuvchi mexanik va termik kuchlarini susaytirish;

— to'ldirgichning elektr o'tkazgichi yuqori bo'lishi tufayli o'tkinchi kuchlanish toklanishini dempirlash;

— saqlagich erish elementi mexanik shikastlanishida dempirlash: ob-havo sharoitini yaxshilash, korpus ichida issiqlikni saqlash;

— to'ldirgichning eng katta vazifasi yoy so'nishini puxta ishonchli o'chirish.

To'ldirgich kvarsli qum qanday bo'lishi kerak?

Birinchidan, u toza bo'lishi, so'ngra bir xil tarkibga va bir xil rangga ega bo'lishi kerak. To'ldirilayotgan davrdagi qumning namligi 0,05% dan oshmasligi kerak. Zarra va kimyoviy tarkibi quyidagicha bo'lishi kerak:

| | Tarkibi, % |
|----------------------------------------|--------------------|
| 1. Zarracha o'lchovlari, mm | |
| 0,02 dan 0,1 gacha | 1,5 dan ko'p emas |
| 0,1 dan 0,63 gacha | 98 dan kam emas |
| Loylik holati | 1,5 dan ko'p emas |
| 2. Kimyoviy tarkibi | |
| Kremniy oksidi SiO_2 | 98 dan kam emas |
| Temir oksidi Fe_2O_3 | 0,13 dan kam emas |
| Aluminiy oksid plus titan dioksid | |
| $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ | 0,18 dan kam emas |
| Aralashma | 0,92 dan kam emas. |

To'ldirgich zichligi yoy so'nishi davrida saqlagich tavsifiga katta ta'sir ko'rsatadi. To'ldirgich hajm zichligining 3—10% ga kamayishi yoydagi o'rtacha kuchlanish qiymatining 6—15% ga kamayishiga, o'tadigan tokni 8—15%, yoy oldi Joul integrallash 15—30%, uzishi Joul integrali 30% dan va yoy inersiyasining 40% dan ko'proq ortishiga olib keladi. Agar kvars qumi 10—20% dan kamaytirilsa, Joul integrali va yoy energiyasi 3—5 marotaba ortib ketadi va bu saqlagich portlashiga sabab bo'ladi.

To'ldirgichni takomillashtirish yo'llaridan biri unga qo'shimcha maxsus materiallar: bo'r (CaCO_3), glinozemning uch suvli gidrati ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), bog'lovchi moddalar va amalda eng ko'p tarqalgan bog'lovchi modda sifatida texnik suyuq shishani aralashtirish hisoblanadi.

Eritkichning ratsional geometriyasini tanlashda va to'ldirgich zichligini ta'minlash darajasi oshirilganda, siklik bardoshlik ko'tariladi va himoyalash tavsiflari yaqinlashadi.

Tezkor saqlagichlar rivojining istiqbollari. Tezkor saqlagichlar rivojida u bajaradigan vazifalar murakkablashuvi (ayniqsa, murakkab avariya holatlarida) bilan bog'liq bo'ladi. Agar ilgari saqlagichlar yarim o'tkazgich priborlar zanjiri bilan ketma-ket ulangan bo'lsa, hozirgi kunda u o'zgaruvchan tok fazalariga va yuklama zanjiriga ham ulanadi.

Kelgusida tezkor saqlagichlar rivoji asosan nominal parametrlar va birlamchi quvvat ortishi bo'yicha davom etadi. Tashqi sovitgichga ega bo'lgan tabletkali saqlagichlar (2,5—3,5 kA, 1,5 kV li) keng qo'llaniladi.

Kichik quvvatli o'zgartkich agregatlar uchun individual saqlagichlar yaratish ham hozirgi dolzarb masalalar qatoriga kiradi.

Saqlagichlar yaratishda uning texnologik jarayonini takomillashtirish, mehnat samaradorligini oshirish, ayrim operatsiyalar aniq bajarilishini ta'minlash va boshqa zamonaviy talablar bilan omuxtalash juda katta ahamiyat kasb etadi.

Resurslarni iqtisod qilingan holda saqlagichlar universal seriyalarini yaratish hozirgi kunning eng muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Har xil tartib va sharoitlarda ishlovchi agregatlar saqlagichlarga nisbatan maxsus talablar qo'yadi. Shunga ko'ra, saqlagichlarning seriyalarini yaratish taqozo etiladi. Bu holatdan ventil va boshqa jihozlar yaratuvchilar himoya apparatlari yaratuvchilar bilan uzviy hamkorlikda ishlashlari lozim bo'ladi.

8.3. IZOLATORLAR

Izolatorlar yuqori va past kuchlanishli apparatlarning ajralmas qismi bo'lib, taqsimlovchi va transformator nimstansiyalarida izolatsiyalovchi va mexanik ushlab turgich sifatida keng tarqalgan.

Foydalanish sharoitiga qarab izolatorlar bino ichida qo'llaniluvchi konstruksiyali va ochiq atmosferada ishlashga mo'ljallangan konstruksiyali bo'ladi.

Ichki (ichki binoga mo'ljallangan) izolatorlar mintaqaviy konstruksiyaga ega bo'lib, o'rtacha (u), sovuq (xl) va tropik (t) mintaqalarga mo'ljallab, hamda GOST 15150—69 va GOST 15543—70 larga ko'ra 2 va 3-toifali o'rnatishlarga munosib qilib ishlab chiqariladi. Tashqi izolatorlar U va XI mintaqalariga 1 toifali qilib chiqariladi.

Vazifalariga qarab izolatorlar tayanchli, o'tuvchi va chiziqli izolatorlarga bo'linadi. Har bir turdagi izolatorlar har xil ko'rinishlarga ega bo'lib, ular konstruktiv tuzilishi bo'yicha, texnik tavsiflari va ishlatilishi shartlariga qarab bo'linadi. Har bir turdagi bir kuchlanishli izolatorlar har xil mexanik yuklamalarga mo'ljallab yasaladi. Izolatorlar tasnifi 8.5-jadvalda keltirilgan.

O'rnatilgan joyiga qarab izolatorlar statsionar, liniyali va apparat izolatorlariga bo'linadi. Statsionar izolatorlar taqsimlovchi qurilmalardagi ichki va tashqi shinalarni mustahkamlash va o'rnatish uchun ishlatiladi. Liniyali izolatorlar osma va shtirli bo'lib, yuqori kuchlanishli liniyalar va ochiq taqsimlovchi qurilmalar shinalarini mahkamlash uchun ishlatiladi. Apparat izolatorlari apparatlar tok o'tkazgichlarini mahkamlash va o'rnatish uchun har xil konstruksiyalarda ishlab chiqarilib, qo'llaniladi (tayanchli, o'tuvchi, o'zak, tortgich va quvurcha ko'rinishida).

Izolatorlar past kuchlanishli (680 V gacha) va yuqori kuchlanishli (680 V dan yuqori) bo'ladi. Yuqori kuchlanishlar 1, 3, 6, 10, 20, 35, PO, 150, 220, 330, 500, 750, 1150 kV qiymatlarga ega.

Izolatorlar bir qancha talablarga javob bera olishi kerak. Bu talablarga mexanik, elektr bardoshliklar kiradi.

Izolatorlar elektr tavsiflariga quyidagilar kiradi: nominal kuchlanish, proboyga olib keluvchi kuchlanish, sanoat chastotasida razryad va chidovchi kuchlanish.

GOST 1516—76 da impuls va sinov kuchlanishlari qiymatlari keltirilgan.

IZOLATORLAR TASNIFI [1.13]

| Vazifasi bo'yicha | Konstruktiv tuzilishi bo'yicha | | |
|-------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| | Ichki qurilma | Tashqi qurilma | Ichki — tashqi qurilma |
| Tayanchli | Armatura ishlovi bo'yicha | Tayanch-shtirli | — |
| | tashqi | — | — |
| | ichki | — | — |
| | aralash | — | — |
| O'tuvchi | Bino ichida ishlash uchun | — | — |
| Liniyali | — | Shtirli | — |
| | — | Tarelkasimon | — |
| | — | O'zakli | — |

Sanoat chastotasida kuchlanish asta-sekin oshirib borilganda, izolatorning proboyga olib keluvchi kuchlanishining eng kichik qiymati izolator tashqi izolatsiyasi chidovchi kuchlanishidan katta bo'lishi kerak (quruq holatda), masalan, qattiq izolatorlar uchun 1,6 martadan kam emas, yarim suyuq va plastinkali izolatorlarda 1,3 martadan kam emas hamda suyuq va qog'oz moyli izolatsiyada 1,2 martadan kam emas.

Izolatorning asosiy mexanik tavsifi — nuratuvchi kuchning minimal qiymati bo'lib, izolatorning o'qiga perpendikular qilib yo'naltirilgan. Yana asosiy parametrga qattqlik ham kiradi (qattqlik bu izolator boshiga ta'sir etuvchi kuchning izolator og'andagi kuchga nisbatiga aytiladi). Tayanch izolatorlarning qattqligi ular konstruksiyalari, nominal kuchlanish qiymatlariga bog'liq. 35 kV li izolatorlar katta qarshilikka ega, chunki ularning balandligi nisbatan kichik. Yuqoriroq kuchlanishli izolatorlar baland bo'lgani uchun kichik qiymatli qattqlikka ega (3000—2000 N/mm).

Tayanchli ichki izolatorlar ishlab chiqarish GOST 15131—77 va GOST 19797—80 larga asosan, 6, 10, 20, va 35 kV kuchlanishga mo'ljallangan foydalanish jarayonida tayanchli izolatorlar eguvchi yuklama ta'sirida bo'ladi. Bu asosan QT davridagi elektr-dinamik kuchlar tufayli bo'lib, bu kuchlar izolator o'qiga to'g'ri yo'nalgan.

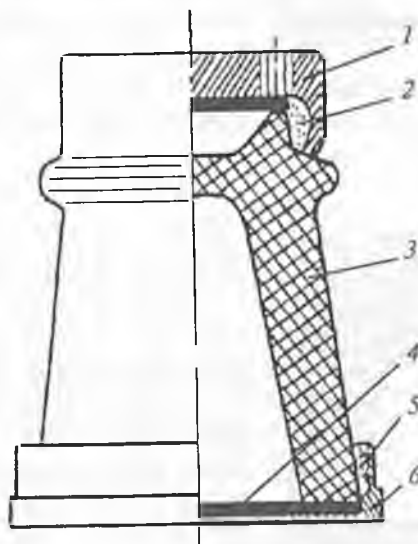
Ba'zi bir hollarda tayanch izolatorlari tortish, cho'zilish, buralish kuchlari ta'sirida bo'ladilar. Bu izolatorning mexanik bardoshliligi 375, 750, 1250, 2000, 3000, 4250 va 6000 N (1 N—10 N, 8.5) kabi qiymatlarga ega.

Har xil potentsialga ega bo'lgan metropolitenning qurilmalari ochiq bo'g'inlari elektr izolatsiyasini va mexanik aloqalarni yaxshilash uchun tayanch konstruksiyasi va izohlari takomillashgan.

Armaturasi tashqariga o'rnatilgan izolatorning izolatsiyalovchi detali (8.8-rasm) ichi o'yilgan jism bo'lib, yuqori va pastki qismlaridan armaturalangan. Yuqori armatura shakli (izolator qalpog'i) aylana ko'rinishida. Qalpoqning yon tomonida rezbalangan teshik bo'lib, unga tok o'tkazgich shina yoki elektr apparati detallari o'rnatiladi. Pastki armatura (asos yordamida izolator mahkamlanadi) aylana yoki kvadrat shaklida bo'ladi.

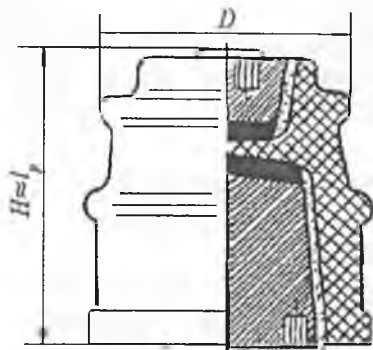
Izolatorning armaturalangan detali yuzasiga bir xil qalinlikda (1 mm) bitum suriladi. Izolator armaturasi va sement choklarga namga bardosh qoplamalar suriladi.

Izolatorning tashqi tarafida kichik va yupqa qovurg'alar ko'zda tutilgan. Bitta qovurg'a 6—10, ikkitasi 20, uchasi 25 kV ga mo'ljallangan. Bunday konstruksiyali izolatorlarning kamchiligi —

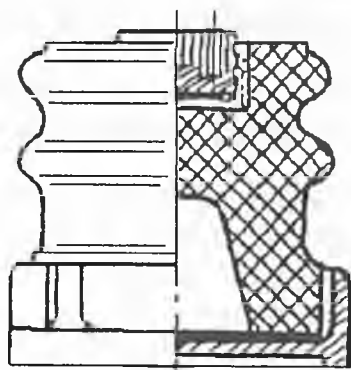


8.8-rasm. Armaturasi tashqaridan ishlangan tayanch izolatori:

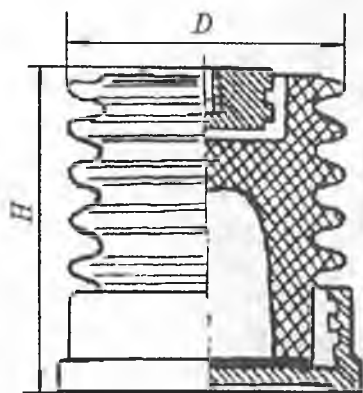
1 — armaturalangan yuqori qopqoq; 2, 5 — sement-qumli bog'lagich;
3 — chinni tana; 4 — ajratkich; 5 — ushlagich; 6 — asos.



8.9-rasm. Armaturasi ichidan ishlangan tayanch izolatori.



8.10-rasm. Armaturasi kombinatsiyali ishlangan tayanch izolatori.



8.11-rasm. Yon qovurg'ali armaturasi kombinatsiyali ishlangan tayanch izolatori.

ichki kovak bo'lib, uning ichiga namlik kirish ehtimoli borligida. Natijada ichki regulator hosil bo'lib, qo'shimcha energiya isrofi paydo bo'lishi va radio shovqinlar o'chog'iga yo'l ochilishi tufayli konstruksiyaning nurash xavfi yuzaga chiqishi mumkin.

Bu kamchiliklarni yo'qotish maqsadida armatura yuzasini berkitish konstruksiyasi paydo bo'ldi (8.9-rasm). Bunday izolatorlarning yaxshiligi — ular balandligining kamligi va shu tufayli kam material sarflanishi. Biroq bunday izolatorlarni katta mexanik kuchlarga tayyorlash anchagina qiyin.

Izolator konstruksiyasida kombinatsiyalashgan ishlovli variant istiqbolli hisoblanadi. Bunda yuqori armatura ichida berkitilgan, pastkisi — tashqaridan berkitilgan (8.10-rasm). Bunda yon tomon qovurg'ali bo'ladi (8.11-rasm) va boshqalardan keraksiz tok uchun yo'l uzunligi bilan farqlanadi. Izolatorning bu varianti namgarchilik katta bo'lgan sharoitlarga juda mos keladi.

Izolatorlarning ishlash muddati ishdan chiqish zichligi $6-10^{-7} \text{ C}^{-1}$ [1.13] bo'lganda 20 yilga teng.

Ichki qurilmalardagi o'tuvchi izolatorlar tok o'tkazuvchilarni izolyatsiyalash uchun elektr stansiyalari, nimstansiyalar komplekt qurilma va transformatorlar nimstansiyasi taqsimlovchi qurilmalarida ishlatiladi. Foydalanish jarayonida o'tuvchi izolatorga QT davridagi element, issiqlik, mexanik yuklamalar ta'sir ko'rsatadi. Xuddi shunday ta'sirlar uzoq vaqt davomida o'tuvchi nominal tok o't-

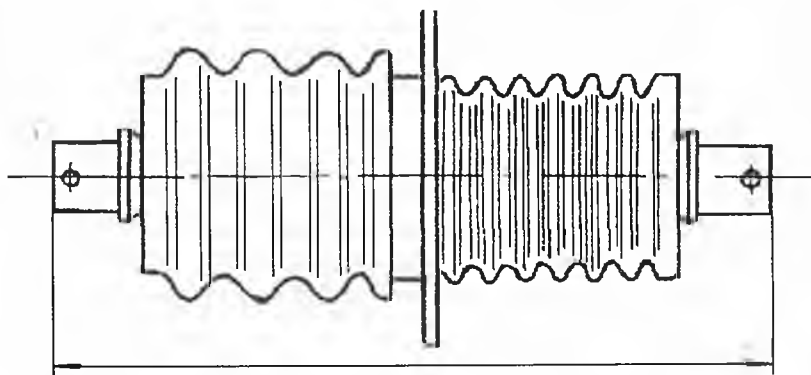
ganda ham ro'y beradi. Tok transformatorlarida o'tuvchi chinnidan yasalgan izolatorlar ichiga joylashgan birlamchi chulg'amni ikkilamchi chulg'amdan izolatsiyalash uchun xizmat qiladi.

O'tuvchi armaturalangan chinni izolatorlarni bino ichida qo'llash GOST 22229—76 E (umumiy texnik shartlar) va GOST 20454—79 (asosiy parametrlar va o'lchamlar) bilan tavsiyalangan bo'lib, quyidagi nominal kuchlanishlar va toklarga mo'ljallab chiqariladi: 6, 10, 35 kV, 400, 630, 1000, 1600, 2000, 3200, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 16000, 25000 A. Shuningdek, bunda sindirishga sabab bo'luvchi yuklamaning quyidagi minimal qiymatlari ham berilgan: 375, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4250.

O'tuvchi izolatorlar toki 2000 A dan ohsa, tok o'tkazuvchisiz qilib yasaladi va kovakdan shina yoki aylana yuzali o'tkazgichlar o'tkaziladi (8.12-rasm).

Izolatorni tanlashda dastavval sindiruvchi kuchni hosil qiladigan minimal yuklamani hisobga olish lozim, hamda statik va dinamik yuklamalarni ifodalovchi zaxira koeffitsiyentini ham ko'zda tutish kerak. Yuqori kuchlanishli apparatlarga izolatorlar ishlash puxtaligi bo'yicha talablarga javob beradigan mavjud turlardan tanlanadi. Bunda albatta ishchi kuchlanishning uzoq vaqt ta'siri, momaqaldiroq va kommutatsiyali o'ta kuchlanish, mexanik yuklamaning foydalanishga ta'siri va boshqalar hisobga olinishi kerak.

Izolatorlar tayyorlash uchun materiallar. Izolatorlarni tayyorlash uchun qo'llaniladigan materiallardan eng keng tarqalgani — bu maxsus sopol material — elektr texnik chinnidir. U oq rangda bo'lib, termik ishlov berish orqali yasaladi. Chinni massa plastik loy material bo'lib,



8.12-rasm. 10 kV taqsimlagich qurilmaning o'tuvchi izolatori.

kaolin (45—50%), kvarts (15—20%) chinni qorishma (8% gacha), dala shpati (30—35%) dan tashkil topgan. Termik ishlov davrida xomashyolar murakkab fizik va mexanik jarayonlar tufayli yangi kristall va shishalar birikmasi natijasida yangi modda (mullit, korund va boshqalar) hosil bo'ladi va u chinni pishiqligi hamda kichik liniyali harorat uzayishi koeffitsiyentiga ega bo'ladi. Ishlov davrida dala shpati va kvarts aralashmasidan hosil bo'ladigan shisha chinniga elektr pishiqligi va gigroskopiyasizlikni beradi. Elektr va mexanik tavsiflarni yaxshilash maqsadida izolator yuzasi glazur bilan yupqa qoplanadi. Chinni asboblarni qattiq qizdirilganda uning yuzidagi glazur eriydi, natijada u yuza bo'ylab bir xilda surkaladi. Bu yuza nurlanishni pasaytiradi, tozalash osonlashadi. Glazur tayyorlash izolatorning elektr va mexanik xususiyatlari yaxshilanadi. Xuddi shunday xususiyatlarga dala shpati miqdorini kamaytirib, qo'shimcha material-gliozem (Al_2O_3) qo'shish bilan ham erishish mumkin. Keramik elektr texnik materiallar tasnifi GOST 20419—83 da keltirilgan.

Keyingi vaqtlarda yuqori kuchlanish apparatlarida o'zakli shisha plastinkali, diametri 10—30 mm bo'lgan trekich qoplamali izolatorlar qo'llanilmoqda.

Istiqbolli yo'nalishlardan yana biri — izolator va izolatsiyali konstruksiyalarni quyma izolatsiya orqali yaratishdir. Bunda izolatorlar soddalashadi, o'lchamlari va vazni kamayadi, narxi arzonlashadi. Hozir bu toifada keng tarqalgan izolator — epoksid smolali izolatordir.

9.1. KUCH TRANSFORMATORLARI

Asosiy tushunchalar. Kuch transformatori elektr tarmog'ining muhim elementlaridan hisoblanadi. Elektr energiyasi ishlab chiqariladigan joydan uzoq masofalarda joylashgan iste'molchiga birlamchi kuchlanishni olti marotabadan kam bo'lmagan holda ko'paytirib uzatiladi. Keyin iste'molchi oldida u yana pasaytirilib, iste'molga beriladi. Bu vazifalarni bajarish uchun transformatorlar xizmat qiladi. Masalan, elektr stansiya shinalaridagi 15,75 kV kuchlanish ketma-ket olti kuchlanishli transformatorlar yordamida quyidagi kuchlanishlarga aylantiriladi: 15,75—525 kV ga; 500—242 kV ga; 220—121 kV ga, 115—38,5 kV ga, 35—11 kV ga, 10—0,4 yoki 0,69 kV ga.

Energiyani ko'p sonli mayda iste'molchilarga taqsimlash transformatorlar sonini ko'paytirishga olib keladi. Har bir pog'onadagi transformatorlar quvvati oldingisining quvvatidan kattaroq qilib olinadi. Shunga ko'ra barcha transformatorlar quvvati umumiy generator quvvatidan 8—10 marotaba katta bo'ladi, bu munosabat yaqin orada yana ko'payishi mumkin.

Shuni aytib o'tish kerakki, elektr stansiyadan uzoqlashgan sari transformatorlar quvvati kamaya boradi va transformatorlar tayyorlash uchun ketadigan materiallar hajmi va energiya isrofi ortib boradi hamda har bir generatorning o'rnatilgan birlik quvvatiga 7—8 karra ko'p transformator quvvati talab etiladi. Yaqin orada bu son 9—10 karraga yetadi.

Elektr stansiyaga o'rnatilgan transformatorlar soni unchalik ko'p bo'lmasligiga qaramay, ular energiya tizimi ishida katta ta'sirga ega.

Transformator — statik elektromagnitli qurilma bo'lib, ikki yoki ko'p chulg'amlarga ega bo'lgan holda elektr magniti yordamida bir qiymatdagi kuchlanishni ikkinchi qiymatli kuchlanishga aylantirish uchun xizmat qiladi.

Transformatorlar ikki va ko'p chulg'amli bo'lganda, o'zaro galvanik aloqaga ega bo'lmasligi mumkin. Ularda energiya uzatish magnit maydoni orqali amalga oshiriladi.

Transformatorlarning tasnifi. Kuch transformatorlari nominal quvvati, kuchlanish sinfi, ishlash rejimi, konstruktiv tuzilishi va boshqalar bilan farqlanadi. Nominal quvvat va kuchlanish sinfi bo'yicha transformatorlar 8 guruhga bo'linadi (ular tashqi o'lchamlari bilan farqlanadi).

Kuch transformatorlari umumiy xizmatli bo'lishi mumkin. Ular unchalik farqlanmaydigan umumiy tarmoqqa ulanadi. Shuningdek, maxsus kuch transformatorlari ham mavjud bo'lib, ular bevosita elektr tarmog'ini ta'minlash uchun xizmat qiladi. Ularga tortgich, o'zgartirgich, yer osti ruda va shaxta tarmoq va qurilmalari kirishi mumkin.

Sanoat transformatorlari mo'tadil, sovuq va tropik mintaqalarga mo'ljallab chiqariladi. Shuningdek, ular ochiq havo va bino ichiga o'rnatilishi mumkin. Sovitish tizimi bo'yicha quruq va sovitkichli transformatorlarga bo'linadi.

Quruq transformatorning shartli belgilari:

| | |
|----------------------------------------|----|
| ochiq holda, tabiiy ahvoli | S |
| tabiiy ahvoli, himoyalangan | SZ |
| tabiiy ahvoli, germetik yasalgan | SG |
| havo puflagichli | SD |

Moyli transformatorlar:

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| havo va moyning tabiiy aylanishi | M |
| havoni majburiy, moyni tabiiy haydash | D |
| havoni tabiiy, moyni majburiy haydash | MS |
| havoni tabiiy, moyni majburiy oqim bilan haydash | NMS |
| havo va moyni majburiy haydash (moyli yo'naltirilmagan oqimli) | DS |
| havo va moyni majburiy haydash (moyli yo'naltirilgan oqimli) | NDS |
| suvni majburiy va moyni tabiiy haydash | MB |
| suv va moyni majburiy haydash (moyli yo'naltirilmagan oqimli) | S |
| suv va moyni majburiy haydash (moyli yo'naltirilgan oqimli) | NS |

Yonmaydigan suyuq dielektrikli transformatorlar:

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| yonmaydigan suyuq dielektrikli tabiiy sovuvchi | N |
| yonmaydigan suyuq dielektrik bilan majburiy sovitish (dielektrik yo'naltirilgan oqimli) | ND |
| yonmaydigan suyuq dielektrik bilan majburiy sovitish (dielektrikli yo'nalgan oqimli) | NND |

Transformator ko'p fazali va bir fazali qilib ishlab chiqariladi. Eng ko'p tarqalgan transformatorlar bu uch fazali transformatorlardir. Ularda uchta bir fazali transformatorlarga nisbatan isroflar 12—15% ga kam, aktiv materiallar va narxi 20—25% dan past.

Uch fazali transformatorlar, ko'pincha, elektrostansiya (nimstansiya) iste'molchilarni quvvat bilan ikki kuchlanishda (o'rtacha va yuqori) yoki o'rtacha va past kuchlanishlarda ta'minlaganda qo'llaniladi.

Bir fazali transformatorlar uch fazali transformatorlar bo'lmaganda yoki tayyorlash mumkin bo'lmagan hollarda ishlatiladi.

Energetik tizimlarda, asosan, ikki va uch chulg'amli uch fazali transformatorlardan foydalaniladi.

Transformatorni standartlash. Standartlashdan maqsad — transformatorlarga yagona talab ishlab chiqishdir. Bu talablar tarmoqda kuch transformatorlaridan foydalanishda qulayliklar yaratishga qaratilgan.

1985-yili umumxizmat uch fazali transformatorlari uchun standartlar qabul qilingan. Transformatorlar nominal quvvati va kuchlanishini qabul qilingan yuqori qiymatidan ko'tarish yangi standartlarni qabul qilishga olib keladi. Maxsus transformatorlar va KTP transformatorlarini ishlab chiqarish ko'payadi. Shunga ko'ra, transformator ishlab chiqarish nomenklaturasi ko'payishi ko'zda tutiladi.

Standartlashtirish — loyihaning o'zgarmas qismidir. Hozir 220—750 kV transformatorlar standartlashtirilgan.

Umuman olganda, standartlar uch guruhga bo'linadi: barcha transformatorlarga taalluqli bo'lgan umumiy talablar; umumqo'llanuvchi ayrim seriyadagi transformatorlar uchun asosiy parametrlar va texnik talablar standarti; maxsus transformatorlar asosiy parametrlari va texnik talablari standarti.

Umumiy qo'llanishga mo'ljallangan kuch transformatorlari va avtotransformatorlarining quruq va moylangani, quvvati 5 kVA va undan ortiq uch fazali va bir fazali quvvati 4 kVA dan ortiq, kuchlanish sinfi 1150 kV bo'lganlari uchun GOST 11677—88 o'rnatilgan. Bu standart transformatorlarning quyidagi qo'llanish sohasi va ish tartibini belgilaydi:

- sovitish turlarining tasnifini belgilaydi;
- qizish me'yorini o'rnatadi;
- nominal parametrlari va yuklanishi qobiliyatini ko'rsatadi;
- kuchlanishning ruxsat etilgan qiymatini belgilaydi;
- izolatsiya elektr puxtaligini, sxema va chulg'am ulanish guruhlarini ko'rsatadi;
- ruxsat etilgan shovqin darajasini aniqlaydi;

— umumiy konstruktiv talablar va hujjatlarga qo'yiladigan talablarni ko'rsatadi;

— ishlash puxtaligini va boshqalarni belgilaydi.

GOST 1610—82 «Kuch transformatorlari, atamalar va ta'riflar» da har bir tushunchaga bitta standart atama belgilaydi. Atamada — sinonimlar qo'llashga ruxsat etilmaydi. Alohida standartlangan atamalar uchun ko'rsatmalarga ruxsat beriladi.

O'rnatilgan ta'riflarni zarur bo'lganda, bayon etilayotganda shaklan o'zgartirish mumkin, faqat ta'rif mazmuniga putur yetmasligi zarur. Har xil ilmiy texnik hujjatlar, o'quv va ma'lumotnoma adabiyotlarda atamalar qo'llanishi shart.

Transformatorlarning parametrlari. Transformatorlarning asosiy parametrlariga nominal quvvat, nominal tok, nominal kuchlanish, QT toki, salt yurish toki (tok XX), salt yurish (SYU) isrofi, QT isrofi kiradi.

Transformatorning nominal quvvati zavod beradigan pasportda ko'rsatilgan bo'lib, u to'la quvvatni uzluksiz yuklama bilan nominal kuchlanish, chastota va sovitish bilan ifodalanadi. Ikki chulg'amli transformatorlarning nominal quvvati — har bir chulg'am quvvati yig'indisidir. Uch chulg'amli transformatorlar chulg'amlari har xil yoki bir xil quvvatli qilib yasalishi mumkin.

Barcha turdagi transformatorlar (shu jumladan, avtotransformatorlar ham) quyidagi nominal quvvat shkalasi bo'yicha (9.1-jadval) GOST 9680—71 asosida tayyorlanadi.

9.1-jadval

**KUCH TRANSFORMATORLARI VA AVTOTRANSFORMATORLARI
NOMINAL QUVVATLARI QATORI (kVA)**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | — | 16 | — | 25 | — | 40 | — | 63 | — |
| 100 | — | 160 | — | 250 | — | 400 | — | 630 | — |
| 1000 | — | 1600 | — | 2500 | — | 4000 | — | 6300 | — |
| 10000 | — | 16000 | — | 25000 | 32000 | 40000 | — | 63000 | 80000 |
| 100000 | — | 160000 | — | 250000 | | 400000 | | 630000 | |
| | | | 200000 | | | | 500000 | | 800000 |
| 1000000 | | | | | | | | | |
| | 1250000 | | | | | | | | |

I z o h: 1. Keltirilgan quvvatlar uch fazali transformator va avto-transformatorlarda; 2. Bir fazali transformatorlarning quvvati uch fazali guruhlarda ishlaganda 1/3 nominal quvvatga teng.

Uch fazali transformatorlarning quvvati:

$$S_{m.nom} = \sqrt{3}U_{m.nom}I_{m.nom} \quad (9.1)$$

Transformatorlarning hisobiy ishlash muddati 25 yil. Lekin bunda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$S_{ng} = S_{m.nom}; \quad U_{tarm.} = U_{m.nom}; \quad v_0 = v_{o.nom} \quad (9.2)$$

bu yerda: S_{ng} — transformator yuklamasi; $U_{tarm.}$ — tarmoq kuchlanishi (shu kuchlanishga transformator ulanadi); v_0 — atrof-muhit harorati.

Transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlariga taalluqli nominal kuchlanishlar transformator salt yurishi kuchlanishi deb yuritiladi. Uch fazali transformatorlarda bu liniya (fazalararo) 0 kuchlanishdir. Uch fazali yulduz shaklida ulanuvchi bir fazali transformatorlarda bu kuchlanish $\sqrt{3}U$ ga teng.

9.2-jadval

FAZALARARO (LINIYAVIY) NOMINAL KUCHLANISHLAR, kV

| Tarmoq va iste'molchi | Transformator va avtotransformatorlar (RPN siz) | | Transformatorlar va avtotransformatorlar (RPN li) | | Ishchi kuchlanishning eng katta qiymati |
|-----------------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| | Birlamchi chulg'am | Ikkilamchi chulg'am | Birlamchi chulg'am | Ikkilamchi chulg'am | |
| 0,22 | 0,22 | 0,23 | — | — | — |
| 0,38 | 0,38 | 0,40 | — | — | — |
| 0,66 | 0,66 | 0,69 | — | — | — |
| 3 | 3 va 3,15* | 3,15 va 3,3 | — | 3,15 | 3,6 |
| 6 | 6 va 6,3* | 6,3 va 6,6 | 6 va 6,3* | 6,3 va 6,6 | 7,2 |
| 10 | 10 va 10,5 | 10,5 va 11,0 | 10 va 10,5 | 10,5 va 11,0 | 12,0 |
| 20 | 20 | 22 | 20 va 21,0* | 22,0 | 24,0 |
| 35 | 35 | 38,5 | 35 va 36,75 | 38,5 | 40,5 |
| 110 | — | 121 | 110 va 115 | 115 va 121 | 126 |

| Tarmoq va iste'molchi | Transformator va avtotransformatorlar (RPN siz) | | Transformatorlar va avtotransformatorlar (RPN li) | | Ishchi kuchlanishning eng katta qiymati |
|-----------------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| | Birlamchi chulg'am | Ikkilamchi chulg'am | Birlamchi chulg'am | Ikkilamchi chulg'am | |
| 150 | — | 165 | 158 | 158 | 172 |
| 220 | — | 242 | 220 va 230 | 230 va 242 | 252 |
| 330 | 330 | 347 | 330 | 330 | 363 |
| 500 | 500 | 525 | 500 | 500 | 525 |
| 7500 | 750 | 787 | 750 | — | 787 |
| 1150 | 1150 | 1200 | — | — | 1200 |

* Generator shinasiga yoki generator boshmoqlariga to'g'ridan to'g'ri ulanadigan transformatorlar va avtotransformatorlar uchun.

Yuklama bilan ishlayotgan transformatorida birlamchi chulg'amdagi kuchlanish nominal kuchlanishga teng bo'lsa, ikkilamchi chulg'am kuchlanishi transformatorida hosil bo'ladigan isrof hisobiga kamayadi.

9.2-jadvalda tarmoqda kuchlanish va uch fazali transformatorlarning fazalararo (liniya) birlamchi va ikkilamchi kuchlanishlari (GOST 721—77) keltirilgan.

Transformator birlamchi va ikkilamchi nominal kuchlanishlarining nisbati uning *transformatsiya koeffitsiyenti* deb ataladi.

Uch chulg'amli transformatorlarda transformatsiya koeffitsiyenti har bir juft chulg'amlar uchun alohida-alohida aniqlanadi: yuqori kuchlanish (YUK) va past kuchlanish (PK).

Transformator nominal quvvat va nominal kuchlanish bilan ishlaganda hosil bo'ladigan tok *nominal tok* deyiladi.

Agar transformatorning bir tomondagi chulg'ami boshmoqlari o'zaro qisqa tutashgan bo'lsa va boshqa chulg'amiga past qiymatli kuchlanish berib qisqa tutashgan chulg'amdan nominal qiymatga ega tok o'tkazilsa, qisqa tutashmagan chulg'amdagi kuchlanish U_k *qisqa tutashish kuchlanishi* deb yuritiladi.

Qisqa tutashish kuchlanishini transformatorida kuchlanish pasayishi orqali topiladi. U transformatorning to'la qarshiligi Z_k bilan ifodalanib, quyidagicha aniqlanadi:

$$U_k = \frac{U_{kn}}{U_{1n}} 100\% = \frac{I_{1n} Z_{l75\%}}{U_{1n}} 100\% \quad (9.3)$$

Transformatorlarda reaktiv qarshilik aktiv qarshilikka nisbatan juda katta bo'lganligi tufayli hamma hisob-kitoblarda aktiv qarshilik inobatga olinmaydi:

$$U_k \approx U_p \approx x_{t,r} I_{tr}. \quad (9.4)$$

Uch chulg'amli transformator (avtotransformator)larda QT kuchlanishi xohlagan juftlik uchun aniqlanayotganda, uchinchi chulg'am boshmoqlari o'zaro birlashmagan bo'lishi kerak.

Shunday qilib, kataloglarda QT kuchlanishning uchta qiymati keltiriladi: $U_{k,yuk-pk}$, $U_{k,yuk-o'k}$, $U_{k,o'k-pk}$. Transformatorning aktiv qarshiligi induktiv qarshiligiga nisbatan katta bo'lgani uchun (kichik quvvatli transformatorlarda 2—3 marotaba, katta quvvatlilarda 15—20 marotaba) transformatorning ishi, asosan, ana shu induktivlik chulg'amlarining o'zaro joylashishi, ular oralig'idagi kanallar eni, chulg'amlar balandligi bilan aniqlanadi.

Qisqa tutashish kuchlanishi U_k GOST bilan cheklangan (asosan, quvvat va kuchlanish bo'yicha). Kuchlanish va quvvat qanchalik katta qiymatlarga ega bo'lsa, QT kuchlanishlar ham katta bo'ladi (9.3, 9.4-jadval). U_k qiymati oshirib borilsa, QT tokini kamaytirish mumkin. Ayni vaqtda reaktiv quvvat, demak, transformator narxi ko'tariladi.

Uch chulg'amli transformatorlar chulg'amlarining o'zaro joylashishiga hamda U_k ning qiymatiga qarab ikki xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin. Agar past kuchlanish chulg'ami magnit o'tkazgichli o'zagiga yuqori kuchlanish chulg'ami yuzada — o'rta chulg'am ikkalasi orasiga joylashgan bo'lsa, eng katta qiymat — $U_{k,yuq-pk}$ va eng kam qiymat $U_{k,yuq-o'k}$ bo'ladi. Bu holda kuchlanish pasayishi o'rtacha chulg'amda kamayadi, past kuchlanishda tarmoq qisqa tutashish toki $U_{k,yuq-pk}$ katta bo'lganligi tufayli cheklangan bo'ladi. Agar o'rta chulg'am o'zagi ustida, yuqori kuchlanish chulg'ami tashqarida, past kuchlanish chulg'ami esa ular orasida bo'lsa, unda $U_{k,yuq-o'k}$ eng katta qiymatga, $U_{k,yuq-pk}$ eng kichik qiymatga ega bo'ladi. $U_{k,yuq-pk}$ ikkala holda ham bir xilda qoladi.

Salt yurish toki I_{xx} aktiv va reaktiv isroflarni tavsiflaydi va u po'latning magnit xususiyatlari, transformator konstruksiyasi, magnit o'tkazgichning yig'ilishi sifatida va magnit induksiyasi qiymatiga bog'liq bo'ladi. Odatda, u salt yurish hisobida beriladi. Hozirgi zamon transformatorlari sovuq holda ishlov berilgan po'latlarda I_{xx} nisbatan kichik qiymatga ega. Bu qiymat quvvat va kuchlanish ortishi bilan kamayadi. Kuchlanish 10—30 kV li transformatorlarda I_{xx} 2,0—2,5% ga, 220—500 kV li transformatorlarda 0,5—0,3% ga teng.

Salt yurish isrofi P_x va qisqa tutashish isrofi P_k transformatorning iqtisodiy ko'rsatkichlarini belgilaydi. P_x ikki xil isrof — po'latdagi qayta magnitlanish va girdob toki tufayli hosil bo'ladigan isroflardir. Ularni kamaytirish maqsadida tarkibida uglerod kam bo'lgan va maxsus qo'shimchalari bo'lgan qalinligi 0,3 mm li 3405, 3406 va boshqa markali sovuq ishlov berilgan po'latlar qo'llaniladi. Ularning yuzalari issiqlikka bardoshli izolatsiya bilan qoplangan. Ma'lumotnoma adabiyot va kataloglarda A va B darajasida P_x qiymati keltiriladi. A darajasi solishtirma isrofi 0,9 Vt/kg dan kam bo'lgan elektrotexnik po'latdan yasalgan transformatorlarga, B darajasi — solishtirma isrof 1,1 Vt/kg, B = 1,5 Tl, $f = 50$ Gs ga taalluqlidir.

QT isrofi P_k chulg'amlardan yuklama toki o'tganida hosil bo'luvchi qo'shimcha isroflardan iborat. Qo'shimcha isroflar sochma magnit maydoni oqimlaridan hosil bo'ladi. Bular, o'z navbatida, girdob toklari va transformator konstruksiyalari (bak devorlari, sirtmoqlari balkasi va boshqalar) tufayli vujudga keladi. Transformator quvvati qancha kichik bo'lsa, nisbiy isrof shunchalik katta bo'ladi. Ularni kamaytirish maqsadida chulg'amlar ko'p simli, bak devorlari magnit shunti bilan ekranlangan holda yasaladi.

Energiya tizimi tarmoqlari, elektrlashtirilgan transportda va boshqalarda kichik va o'rta quvvatli transformatorlar o'rnatilgan. Shuning uchun umumiy elektr energiya isroflari juda katta va ularni kamaytirish muhim texnik va xo'jalik ahamiyatiga ega. Shu bois transformatorlar konstruksiyalari va sxemalarini takomillashtirish, P_x va P_k qiymatlarini kamaytirish yo'lidagi barcha tadbir va choralar muhim ahamiyat kasb etadi.

9.3-jadval

UMUMQO'LLANUVCHI IKKI CHULG'AMLI TRANSFORMATORLARDAGI ISROFLAR, QT KUCHLANISHI VA SALT ISHLASH TOKI [1.18]

| Nominal quvvat, kV A | Kuchlanish sinfi, kV | Quvvat isroflari, kW | | QT kuchlanishi, % | SYU toki, % |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|
| | | SYU | QT | | |
| 25 | 10 | 0,130 | 0,600 | 4,5 | 3,2 |
| 40 | 10 | 0,175 | 0,880 | 4,5 | 3,0 |
| 63 | 10 | 0,240 | 1,280 | 4,5 | 2,8 |
| 100 | 10 | 0,330 | 1,970 | 4,5 | 2,6 |
| 100 | 35 | 0,420 | 1,970 | 6,5 | 2,6 |
| 160 | 10 | 0,510 | 2,650 | 4,5 | 2,4 |

| Nominal quvvat, kV A | Kuchlanish sinfi, kV | Quvvat isroflari, kW | | QT kuchlanishi, % | SYU toki, % |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|
| | | SYU | QT | | |
| 160 | 35 | 0,620 | 2,650 | 6,5 | 2,4 |
| 250 | 10 | 0,720 | 3,700 | 4,5 | 2,3 |
| 250 | 35 | 0,900 | 3,700 | 6,5 | 2,3 |
| 400 | 10 | 0,950 | 5,500 | 4,5 | 2,1 |
| 400 | 35 | 1,200 | 5,500 | 6,5 | 2,1 |
| 630 | 10 | 1,310 | 7,600 | 5,5 | 2,0 |
| 630 | 35 | 1,000 | 7,600 | 4,5 | 2,0 |

9.4-jadval

UMUMQO'LLANUVCHI IKKI CHULG'AMLI TRANSFORMATORLARDAGI ISROFLAR, QT KUCHLANISHI VA SYU TOKI [1.18]

| Nominal quvvat, kV A | Kuchlanish sinfi, kV | Past chulg'am kuchlanishi, kV | Isroflar, kW | | QT kuchlanishi, % | SYU toki % |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------|-------|-------------------|------------|
| | | | SYU | QT | | |
| 6300 | 10 | 6,3 | 7,4 | 46,5 | 7,5 | 0,8 |
| | 35 | 10,5 | 7,6 | | | |
| 10000 | 38,5 | 10,5 | — | — | — | — |
| 16000 | 38,5 | 10,5 | — | — | — | — |
| 80000 | 15,75 | 10,5 | 58,0 | 280,0 | 10 | 0,45 |

9.5-jadval

TSZP GURUHLI QURUQ «MONOLIT» TURIDAGI IZOLATSIYA TRANSFORMATORLARINING TAVSIFLARI

| Ko'rsatkich | TS EP-1600/10MUZ | TSZP-2500/10MUZ |
|-------------------------------|------------------|-----------------|
| Nominal quvvat, kV A | 1470 | 2315 |
| Nominal kuchlanish, kV | | |
| Yuqori kuchlanish, kV | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 |
| Tarmoq chastotasi, Gs | 50 | 50 |
| Chulg'amlar sxemasi va guruhi | u/D-11 | u/D-11 |
| Tashqi o'lchovlari, mm | 2225×1170×2445 | 2600×1270×2775 |
| Vazni, kg | 5400 | 8000 |

Ayrim seriyadagi umumqo'llanuvchi transformatorlarning asosiy parametrlari tegishli standartlarda, ikki chulg'amli transformatorlari tavsiflari esa 9.3, 9.4-jadvallarda keltirilgan.

Transformatorlar tavsiflari har doim takomillashadi. Ular har 10 yilda bir marta qayta tuziladi.

To'g'rilagichlar UV KM—6 va UV KM—5 m nimstansiyalari transformatorlarining texnik ko'rsatkichlari 9.5-jadvalda, kuchli yoritkichlari va ATDP yuklamali transformatorlarning texnik ko'rsatkichlari 9.6, 9.8-jadvallarda keltirilgan.

9.6-jadval

QURUQ OYNAMATOLI IZOLATSIYAGA EGA TRANSFORMATORLAR TAVSIFLARI (KUCH YUKLAMALARI VA YORITGICHLARI UCHUN)

| Ko'rsatkich | TSZ-160/10 | TSZ-250/10 | TSZ -400/10 | TSZ -630/10 |
|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Nominal quvvat, kV A | 160 | 250 | 400 | 630 |
| Yuqori kuchlanish chulg'ami nominal kuchlanishi, kV | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 |
| Past kuchlanish chulg'ami nominal kuchlanishi, B | 230; 400/230 | 230; 400/230 | 230; 400/230 | 230; 400/230 |
| QT kuchlanishi, % | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| SYU toki, % | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 1,5 |
| Sxema va ulanish guruhi | D/Yn-11 | D/Y-11 | D/Y-11 | D/Y-11 |
| Tarmoq chastotasi, Gs | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Tashqi o'lchovlari, mm | 1730×935× ×1690 | 1830×955× ×1835 | 2230×960× ×2135 | 2220×1090× ×2260 |
| Vazni, kg | 1290 | 1630 | 2270 | 3220 |

**QURUQ EPOKSID QUYMASIDAGI IZOLATSIYALI
TRANSFORMATORNING TAVSIFLARI
(KUCH YUKLAMALARINI TA'MIRLASH UCHUN)**

| Ko'rsatkich | TSZL—630/10 | TSZL—1000/10 | TSZL—1600/10 |
|---------------------------------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| Nominal quvvat, kV A | 630 | 1000 | 1600 |
| Yuqori kuchlanish chulg'ami kuchlanishi, kV | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 | 6,3; 10,5 |
| Past kuchlanish chulg'ami kuchlanishi, V | 400 | 400 | 400 |
| Sxema va ulanish guruhi | D/Y-11 | D/Y _n -11 | D/Y _n -N |
| Tarmoq chastotasi, Gs | 50 | 50 | 50 |
| Tashqi o'lchovlari, mm | 1930×1000×1 | 2010×1050×20 | 2320×1100×224 |
| Vazni, kg | 2380 | 3150 | 4400 |

**QURUQ KREMNEORGANIK IZOLATSIYALI
TRANSFORMATORLARNING TAVSIFLARI
(ATDP QURILMALARNI TA'MIRLASH UCHUN)**

| Ko'rsatkich | TSZK—63/10 |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| Nominal quvvati, kV A | 63 |
| Yuqori kuchlanish chulg'ami nominal kuchlanishi, kV | 6,3; 10,5 |
| Past kuchlanish chulg'ami nominal kuchlanishi, V | 230 |
| Sxema va ulanish guruhi | Y/Y-0 |
| Tarmoq chastotasi, Gs | 50 |
| Tashqi o'lchovlari, mm | 1100×760×880 |
| Vazni, kg | 570 |

Hozirgi vaqtda zavodlar ishlab chiqarayotgan transformatorlar to'g'risidagi texnik ko'rsatkichlarni jadvaldan olib foydalanayotganda (1.13, 1.18, 6.2) quyidagilarni inobatga olish tavsiya etiladi: transformator shartli belgilarida A — avtotransformator; T — uch fazali; O — bir fazali transformator; P — past kuchlanish chulg'amiga yoyilgan; sovitish turi bitta yoki ikkita harf bilan belgilanadi; T — uch chulg'amli; N — bitta chulg'am RPN qurilmasi bilan; S — transformator xususiy hujjatlari uchun, П — o'zgarmas tok liniyasi uchun.

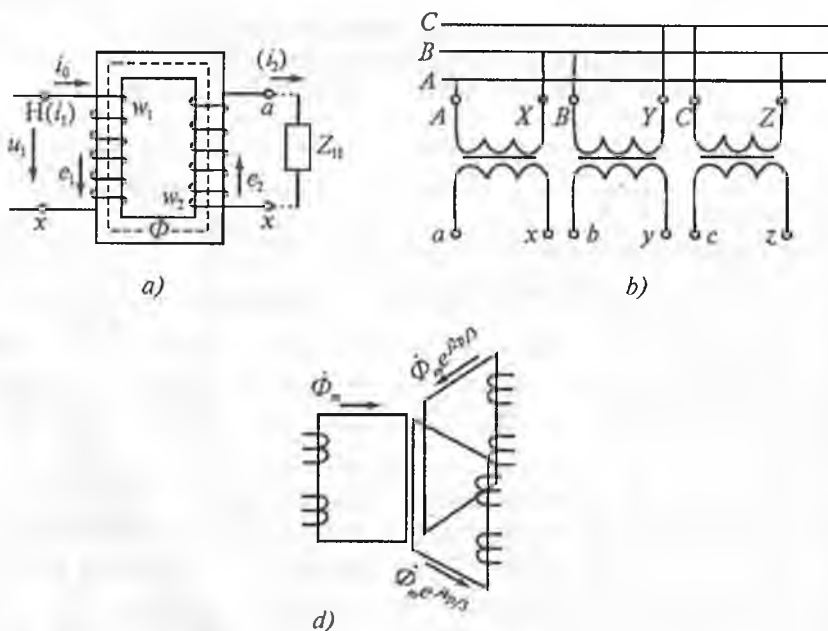
Nominal quvvat va kuchlanish sinfi kasr tarzida belgilanadi, bunda surat — nominal quvvatni, maxraj — kuchlanish sinfini ifodalaydi.

Ma'lum mintaqalarda ishlatishga mo'ljallangan transformatorlar quyidagi harflar bilan belgilanadi: U — mo'tadil sharoitga, XL — sovuq mintaqalarga, T — tropik mintaqalarga.

O'rnatilgan joyiga qarab transformatorlar quyidagi toifalarga ajratiladi:

- ochiq havoda o'rnatiladigan..... 1
- yopiq binoda o'rnatiladigan (bunda bino harorati va namligi tashqaridagidan kam farqlanadi) 2
- tabiiy ventilatsiyali yopiq binoda 3
- sun'iy ventilatsiyali yopiq binoda..... 4
- namligi yuqori binoda 5

Transformatorning ishlash tamoyili. 9.1-rasmda eng oddiy va sodda bir fazali transformator keltirilgan, uning magnit tizimiga ikkita chulg'am W_1 va W_2 joylashgan, birlamchi W_1 ga ulangan kuchlanish



9.1-rasm. Transformatorning ishlash tamoyili:

a — bir fazali transformator; b — uch fazali guruh va d — uch fazali guruhdan yulduz Y ko'rinishli magnit o'tkazgichga o'tish.

U_1 tok i_0 hosil qiladi. Bu tok chulg'am atrofida magnit maydonini vujudga keltiradi. Natijada, magnit o'tkazgichda magnit oqimi paydo bo'lib, magnit tizimini aylanib chiqadi. Va o'z yo'lida ikkilamchi chulg'am o'ramlarida magnit maydoni, oqibatda, ikkala chulg'amda elektr yurituvchi kuch (EYUK) ε_1 va ε_2 hosil qiladi.

$$\varepsilon_1 = -W_1 \frac{d\phi}{dt}; \quad \varepsilon_2 = -W_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (9.5)$$

Agar ikkilamchi chulg'am W_2 ga yuklama (qarshilik Z_H) ulansa, tok i_2 o'ta boshlaydi. Bunda ikkilamchi quvvat ε_2 i_2 hosil bo'ladi. Birlamchi tok i_0 dan i_1 gacha ortadi, Kuchlanish U_1 dan to U_2 gacha o'zgarishi sababli transformator, umuman olganda, kuchlanish U_1 va tok i_x ni U_2 va i_2 ga o'zgartirish (transformatsiyalash) uchun xizmat qiladi.

9.1-a rasmdagi sxema bo'yicha ishlagan transformatorning ikkilamchi chulg'amida tok bo'lmasa, ya'ni yuklama yo'q yoki ikkilamchi chulg'am zanjiri uzilgan bo'lsa, bu holat transformatorning *salt yurish ishi* deyiladi.

Magnit oqim va EYUK larning o'zaro bog'liqligini ko'rib o'tamiz.

Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan birlamchi zanjirdagi kuchlanish pasayishi EYUK lar yig'indisiga teng: $i_0 \cdot r = U_i + I_j$. Agar bu oniy qiymatdan harakat qiymatiga o'tadigan bo'lsak, unda

$$I_0 r_i < U_j.$$

Agar bu tenglama soddalashtirilsa, $0 \approx U_1 + \dots + I_1$ bo'ladi. Shu mulohazalardan quyidagi kelib chiqadi:

$$U_i = U_{1m} \cos \omega t \approx I_1 = W_1 df/dt \text{ yoki } df/dt = (U_{1m}/W_1) \cos \omega t;$$

$$U_1 = U_{1m} \cos \omega t \approx \varepsilon_1 = W_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \text{yoki} \quad \frac{d\phi}{dt} = \frac{U_{1m}}{W_1} \cos \omega t. \quad (9.6)$$

Integrallashdan so'ng $F = F_M \sin \omega t$ ni olamiz. Birlamchi zanjirdagi EYUK:

$$\varepsilon_1 = -W_1 \frac{d\omega}{dt} = -\omega W_1 \cos \omega t = -E_{1m} \cos \omega t \quad (9.7)$$

Birlamchi chulg'amda hosil bo'luvchi EYUK ning harakat qiy-
mati:

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega}{\sqrt{2}} W_1 \phi_m = \pi \sqrt{2} f W_1 \phi_m = 4,4 W_1 \phi_m. \quad (9.8)$$

Magnit oqimi F ikkilamchi chulg'amda EYUK hosil qilishi tufayli

$$E_{2m} = \omega W_2 \phi_m, \quad E_2 = \pi \sqrt{2} f W_2 \phi_m = 4,4 W_2 \phi_m \quad (9.9)$$

bo'ladi.

9.1-*b* rasmda uchta bir fazali bir xil transformator guruhi ko'rsatilgan. Ularning birlamchi chulg'amlari uch fazali tarmoqqa ulangani uchun ikkilamchi chulg'amlarida ham uch fazali kuchlanish tizimi hosil bo'ladi. Agar uchala magnit o'tkazgichlarni 9.1-*b* rasm dagidek yonma-yon qo'yilsa, o'zaklardagi magnit oqimi qiymati nolga teng bo'ladi; demak, bu o'zaklarga hojat qolmaydi.

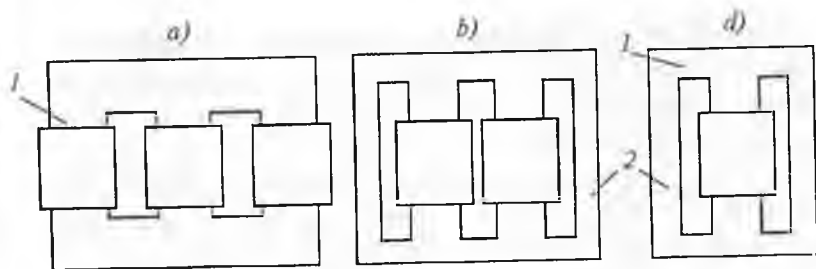
Kuch transformatorining tuzilishi. Zamonaviy transformatorlar murakkab qurilma bo'lib, har xil bo'g'in va detallardan hamda metall konstruksiyalardan tashkil topgan. Transformatorning asosiy qismlari — magnit o'tkazgich tizimi va chulg'amlar. Magnit tizimi (magnit o'tkazgich) transformator asosiy magnit maydonini alohida ajratish (lokalizatsiyalash) uchun xizmat qiladi.

Transformator *magnit tizimi* deb, elektr texnik po'lat platin-kalardan ma'lum bir geometrik shaklda yig'ilgan komplektga aytiladi. Uni o'zak va sirtmoqlarga ajratish mumkin.

O'zaklar magnit tizimning bir qismi bo'lib, ularga asosiy chulg'amlar o'rnatiladi.

Elektromagnit sirtmoqlar o'zaklarni birlashtirib, magnit zanjiri hosil qilish uchun ishlatiladi (ularga chulg'amlar o'rnatilmaydi), sirtmoq chekka va yon tomon sirtmoqlariga bo'linadi. Ikki yoki ko'p ster-jenlarni birlashtiruvchi sirtmoqlar *yon tomon sirtmoqlari* deyiladi. Bitta sterjenning ikkala tomonini birlashtiruvchi sirtmoqlar *chekka sirtmoqlar* deyiladi. Yon tomon sirtmoqlari ustki va pastki sirtmoqlarga bo'linadi.

Transformator magnit tizimlari quyidagicha farqlanadi. O'zaklar va sirtmoqlarning o'zaro joylashishiga qarab, o'zaklar elementlarini yig'ish va tayyorlash bo'yicha o'zaklar va yon tomon sirtmoqlari tekis va fazoviy ko'rinishda bo'ladi. O'zak va sirtmoqlarning bo'ylama



9.2-rasm. Transformatorning magnet tizimi:
 a — uch fazali sterjenli; b — bir fazali bron o'zakli;
 d — bir fazali bronli; 1 — o'zaklar; 2 — sirtmoq.

o'qlari bir tekislikka joylashgan magnet tizim *tekislik tizimi* deb, bir tekislikka joylashganlari *fazaviy tizim* deb yuritiladi. O'zak va chekka sirtmoqlarning joylashishiga qarab *o'zakli* (9,2-a) va *bron o'zakli* (9.2-b), hamda *bronli* (9.2-d) sterjenli magnet o'tkazgichda sterjenlar chekka sirtmoqlar bo'lmaganda faqat yon tomon sirtmoqlari (yuqori va pastki) bilan birlashadi. Bronli magnet o'tkazgichda bitta sterjen (yoki uning bo'lagi) bitta chekka sirtmoq bilan birlashtiriladi. Bronli magnet o'tkazgichda bitta sterjenning ikkala tomoni kamida ikkita chekka sirtmoqlar bilan birlashadi.

Tekis magnet o'tkazgichlar eng ko'p tarqalgan. Ular o'zaklari (transformator konstruksiyasiga va fazalar soniga qarab sterjenlari o'rtacha bittadan bo'ladi) vertikal shaklda joylashadi. Ular tekis, radial va ekvivalent shixtovkalar bo'yicha farqlanadi. Bular ichida eng ko'p tarqalgani tekis shixtovkali o'zaklardir, ya'ni ular magnet o'tkazgichga parallel joylashgan plastinkalardan yig'iladi.

O'zakli magnet o'tkazgichlar tutashgan, shixtalangan va o'ralgan (lentali) konstruksiyaga ega. Tutashgan magnet o'tkazgichlar ko'ndalang kesimi bo'yicha ajraluvchi bo'lib, ularning sterjen va sirtmoqlari alohida yig'iladi. So'ngra ular bir-biriga tirkab yig'iladi. Bu usul transformator yig'ishda chulg'amlarni magnet o'tkazgichga kirgizishni juda osonlashtiradi. Shixtalangan magnet o'tkazgich to'qnashganda shu bilan farqlanadiki, uning o'zaklari va sirtmoqlarini plastinkadan tekislikda to'qnashishsiz yaxlit qilib yig'iladi. To'qnashish joylari har bir qavat plastinkada bir-biriga nisbatan siljigan holda muqovaga yig'iladi. Shu sababli, transformator salt yurish toki to'qnash konstruksiyasiga qaraganda bir necha marotaba kam bo'ladi.

O'zak va yopma plastinkalar tutashish shakli bo'yicha to'g'ri, qiyshiq va kombinatsiyali bo'ladi. U yoki bu shaklli tutashishni qo'llash po'lat rusumi va konstruksiyasiga bog'liq. Issiq holda ishlangan po'lat bo'ylama va ko'ndalang yo'nalishlarda bir xil xususiyatlarga ega, shuning uchun bu seriyadagi magnit o'tkazgichlarda salt yurishdagi nisbiy isroflar to'g'ri to'qnashgan boshqa zonadagilardan farq qilmaydi. Sovuq vaqtda ishlov olgan po'lat anizotropiyaga ega. Boshqacha aytganda, uni tejamli ishlatish uchun, prokatga yo'nalishi magnit oqimining yo'nalishi bilan bir xil bo'lishi kerak. Bu hol deyarli hamma vaqt bajariladi, faqat burchakli magnit o'tkazgich bundan mustasno.

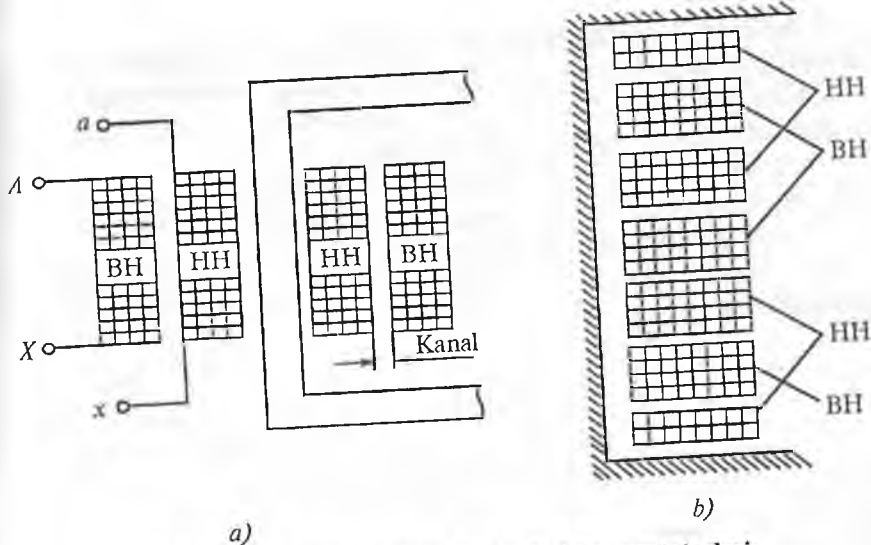
Salt ishlash isrofi kombinatsiyali magnit o'tkazgichlardagidan biroz ko'p bo'ladi. Keyingi yillarda kichik quvvatli transformatorlarda o'ralgan lentali magnit o'tkazgichlar kuzatilmoqda. Bundagi asosiy muammo plastik lentani chulg'amga o'rash uchun murakkab texnologiya talab etilishidir. Shunga qaramay keng ko'lamda ishlab chiqilishida transformatorning bu turi istiqbolli hisoblanadi.

Chulg'am — o'tkazgich simlar yig'indisini tashkil qilib, o'zida EYUK paydo qilib, yuqori, o'rta va past kuchlanishlarni hosil qilishga xizmat qiladi. Chulg'am o'tkazgichlar va detallarga ishlatiluvchi izolatsiyadan tashkil topgan. Transformator chulg'amlari o'zakda o'zaro joylashishi, o'ram yo'nalishi va soni, kuchlanish sinfi, chulg'amlarning ulanish sxemasi bilan farqlanadi.

O'zakda o'zaro joylashish bo'yicha chulg'amlar to'plangan va galma-gallanuvchi chulg'amlarga ajraladi. To'plangan chulg'amlar magnit o'tkazgich o'zagida yig'ilgan holda joylashgan silindr ko'rinishida tayyorlanadi (9.3-*a* rasm). Yuqori va past kuchlanish chulg'amlari galma-gal o'rnatiladi (9.3-*b* rasm). Galma-gallanuvchi chulg'amlar simmetrik guruhlardan iborat bo'lib, ular bir yoki bir necha yuqori kuchlanish chulg'amlari va ular ikki tomonga joylashgan past kuchlanish chulg'amlari bo'laklaridan iborat. Guruhlarni o'zaro ketma-ket yoki parallel ulab, yuklama toklariga moslash imkoni yaratiladi. Galma-gallanuvchi chulg'amlar faqat maxsus transformatorlarda qo'llaniladi.

To'plangan chulg'amlar eng ko'p qo'llaniladi. O'zakka dastavval past kuchlanish chulg'ami o'rnatiladi. Amalda avval o'rta va hatto yuqori kuchlanish chulg'amlarini o'rnatish hollari ham uchraydi.

Konstruksiya va o'rash usuli bo'yicha *silindrik* (bir va ko'p qatlamli), *g'altakli* va *vishpelli* chulg'amlar mavjud. Shuningdek, bir



9.3-rasm. Transformator chulg'amlari konstruksiyalari:
 a — to'plangan chulg'am; b — galma-gallanuvchi chulg'am.

va ikki o'ramli list va shinali chulg'amlar bo'lib, ikkilamchi tok juda katta bo'lganda qo'llaniladi.

Transformator chulg'amlari foydalanish talablariga elektr va mexanik bardoshlik, shuningdek, chulg'am va uning qismlarining termik chidamliligi kiradi. Bu bardoshlik va chidamliliklar tegishli standartlar bilan ta'minlangan.

Magnit tizimi yig'ilgan holda, ya'ni birlashtiruvchi detallar sirtmoq to'sinlari bilan birgalikda, transformator asosini tashkil qiladi. Transformator asosi, chulg'amlar, boshmoqlar, ulab-uzgich elementlari va detallari bilan birgalikda transformatorning faol qismi deb yuritiladi.

Transformator izolatsiyasi. Elektr puxtalik jihatdan olganda transformator uch tizimdan iborat: transformator tarmoqqa ulanganda kuchlanish ostida bo'luvchi qismlar, yerga ulanuvchi qismlar va izolatsiya tizimlari.

Kuchlanish ostidagi qismlar tizimiga barcha ishchi toklarni o'tkazuvchi (chulg'amlar, kuchlanish pog'onalarini ulab-uzgich kontaktlar, o'tuvchi shinalar, kirish shinalari) va ular bilan galvanik bog'langan detallar (himoya ekranlari, sig'im halqalari, o'tuvchi izolatorning metall qalpoqlari va boshqalar) kiradi.

Kuchlanish sinfi deb, chulg'amda uzoq vaqt ruxsat etilgan ishchi kuchlanishga aytiladi. Transformatorning yuqori chulg'ami kuchlanishi kuchlanish sinfi bo'lib xizmat qiladi.

Transformator izolatsiyasi hech qanday shikastsiz elektr, issiqlik, mexanik va fizik-kimyoviy ta'sirlarga bardosh berishi kerak.

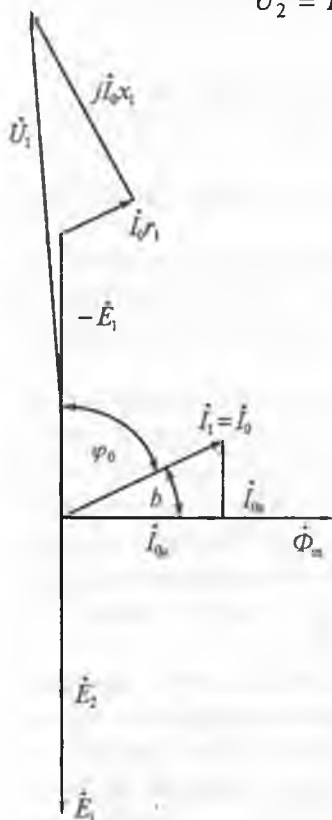
GOST 11677—85 bo'yicha kuch transformatorlari uzoq vaqt ishchi kuchlanish ostida ishlashga mo'ljallangan bo'ladi.

Transformatoridagi fizik jarayonlar. Transformatorida bo'ladigan fizik jarayonlarni sodda bir holda ko'rib o'tamiz.

Transformatorning salt ishlashi shunday bir holki, unda $I_2 = 0$, $Z_n = \infty$ (9.1-a rasm). Jarayonning asosiy tenglamalari quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1(Z_1 + Z_0) = \dot{I}_1 Z_1 - \dot{E}_1; \quad (9.10)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 = -n_{21} \dot{I}_0 Z_0; \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_0 \quad (9.11)$$



9.4-rasm. Transformatorning salt ishlashdagi vektor diagrammasi.

bu yerda: $Z = Z_1 + jX_1$ — birlamchi zanjir majmua qarshiligi;

$Z_0 = Y_0^{-1} = r_0 + jx_0$ — magnitlanuvchi kontur majmua qarshiligi (9.6-a rasm);

$Z_0 = q_0/(q_0^2 + b_0^2)$; $X_0 = b_0/(q_0^2 + b_0^2)$;

I_0 — magnitlovchi tok;

I_1 — birlamchi zanjir toki vektor;

$n_{21} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{W_2}{W_1}$ — transformatsiya koef-fitsiyenti.

9.4-rasmda transformatorning salt ishlash davridagi vektor diagrammasi keltirilgan. Birlamchi kuchlanish nominal qiymatga ega, ya'ni $U_{1nom} = U_{1x}$ bo'lganda salt ishlash toki I_{1x} nominal tok I_{1p} ga nisbatan 3—10% ni tashkil qiladi (nominal quvvat o'sa borgan sari I_{1x} kamaya boradi).

Transformatorning bir tomonidagi chulg'ami ochiq qolib, boshqa tomonidagi chulg'amga kuchlanish berilganda, shu chulg'amdan o'tadigan tok *salt ishlash toki* deb va transformatorida hosil bo'ladigan quvvat isrofi *salt ishlash isrofi* deb ataladi (P_x).

Salt ishlash tajribasidan (9.5-rasm) quyidagilar aniqlanadi:
transformatsiya koeffitsiyenti:

$$n_{21} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{W_2}{W_1},$$

salt ishlash toki:

$$i_0 = \left(\frac{I_x}{I_n} \right) 100, \quad (9.12)$$

salt ishlash isrofi:

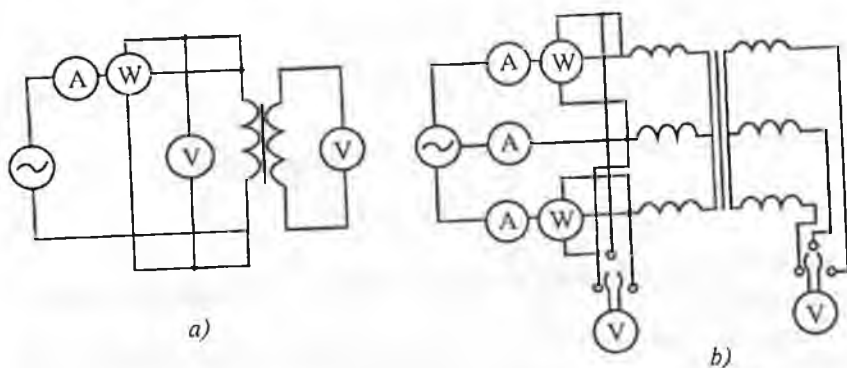
$$P_x = U_x I_x \cos \varphi_x 0. \quad (9.13)$$

Uch fazali transformatorlarda:

$$I_x = \frac{I_{xA} + I_{xB} + I_{xC}}{3}, \quad (9.14)$$

$$P_x = 3U_x I_x \cos \varphi_x. \quad (9.15)$$

Quvvati 25 dan 63000 kVA gacha bo'lgan transformatorlarda i_0 3 dan to 0,6% gacha, quvvati 80000 dan 1000000 kVA gacha bo'lganlarida esa 0,55—0,3% ni tashkil qiladi. Transformatorlarda quvvat



9.5-rasm. Salt ishlash tajribasi:
a — bir fazali transformator; b — uch fazali transformator.

juda kam yo'qotiladi. Shunga qaramay magnit o'tkazgichdagi quvvat isrofi katta amaliy ahamiyatga ega, chunki kuch transformatorining birlamchi zanjiri kamdan-kam uziladi.

O'zaro induksiyaning to'la qarshiligi:

$$Z_0 = \frac{n_2 U_2}{I_1} \approx \frac{U_x}{I_x} Z_x; \quad \cos \varphi_x = \frac{P_x}{U_x I_x}; \quad (9.16)$$

$$r_0 = Z_x \cos \varphi_x = \frac{P_x}{I_x}; \quad x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} = z_x \sin \varphi_x.$$

U_x bilan I_x orasidagi bog'liqlik noxiziqli tavsifga egaligi uchun Z_0 va X_0 qarshiliklari magnit tizimining to'yinishiga bog'liq bo'lib, kuchlanish kamayishi bilan sezilarli darajada o'sa boradi.

Transformatorning yuklamalar bilan ishlashi. Transformatorlarda salt ishidan yuklamali ishlash jarayoniga o'tishida teskari EYUK— E_1 juda ko'p kamaymaydi (2—5% atrofida) va unga mutanosib ravishda magnit oqimi F_1 ham o'zgaradi.

Bir fazali transformator yoki uch fazali transformatorning bir fazasi uchun tuzilgan asosiy tenglama qiymatlarini birlamchi chulg'amga keltiramiz.

Kuchlanish tenglamasi

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 Z_1 - \dot{E}_1; \quad (9.17)$$

$$\dot{U}_2 = -\dot{I}'_2 Z'_2 + \dot{E}'_2. \quad (9.18)$$

Yoki

$$\dot{E}'_2 = \dot{U}'_2 + \dot{I}'_2 Z'_2, \quad (9.19)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}'_2 + \dot{I}_3. \quad (9.20)$$

Magnit yurituvchi kuch (MYUK) tenglamasi:

$$W_1 I_1 + W_2 I_2 = I_0 W_1.$$

Bu formuladan birlamchi chulg'amdand o'tadigan tok qiymatini topish mumkin.

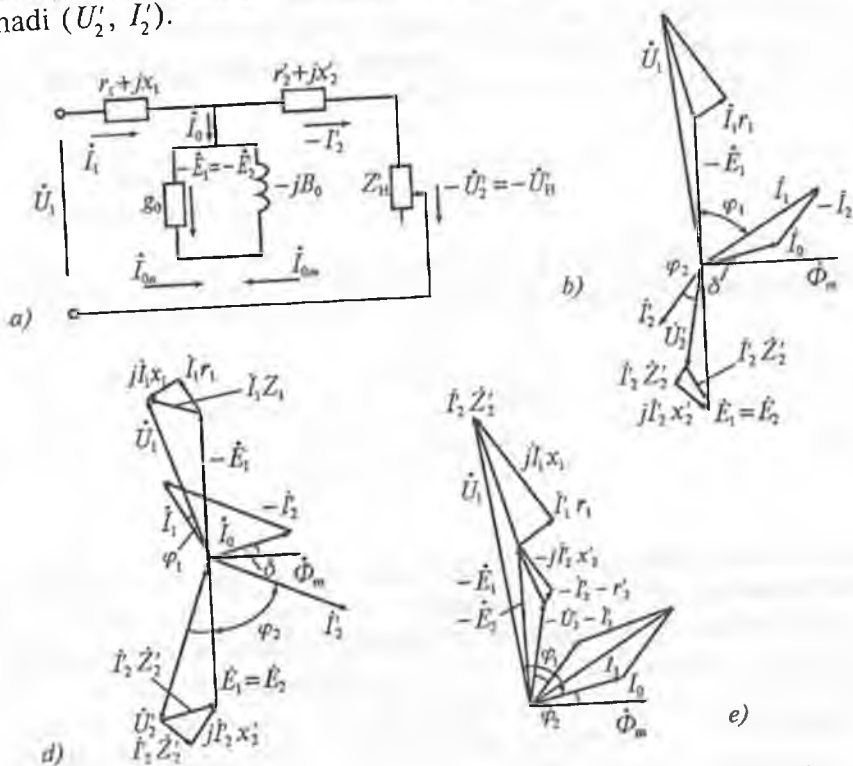
Transformatorning vektor diagrammasini ko'rayotganda uning quvvati, isroflari, kuchlanishning nisbiy pasayishi sinalayotgan transformatornikidan hech farq qilmaydi deb qabul qilamiz. Bunday transformatorni *keltirilgan transformator* deb ataladi. Odatda, hamma

parametrlar birlamchi chulg'am o'ramlar soni W_1 ga keltirilgan. Barcha keltirilgan qiymat shartli belgilari shtrixlar bilan ta'minlanadi. Keltirilgan ikkilamchi qiymatlar:

$$U'_2 = U_2 \frac{W_1}{W_2} = U_2 n_{12}; \quad I'_2 = I_2 n_{12}; \quad E'_2 = E_2; \quad (9.21)$$

$$r'_2 = r_2 n_{12}^2; \quad x'_2 = x_2 n_{12}^2; \quad Z'_2 = Z_n n_{12}^2.$$

Transformatorning ikkala chulg'ami o'zaro bitta magnit oqimi Φ orqali bog'langan. Faqat ikkala chulg'amda ikki xil EYUK paydo bo'ladi. O'ramlar soni keltirilgan bu ikkala EYUK bir xil bo'lib qoladi va ular bir-birlari bilan birlashishlari mumkin. Demak, endi bitta chulg'amga birlashtirish mumkin va undan magnitlovchi tok I_{0m} ham o'tadi (9.6-a rasm). Ko'proq birlamchi chulg'am ustida fikr yuritilgani uchun, shu chulg'amga keltiriladigan kuchlanish va tok ham «shtrix» lanadi (\dot{U}'_2, \dot{I}'_2).



9.6-rasm. Transformatorning ekvivalent sxemasi (a), potensial (e) va vektor diagrammalari:
 b — aktiv induktiv yuklama uchun; d — aktiv sig'im yuklama uchun.

Bunday o'zgartirishlardan so'ng real transformator unga ekvivalent bo'lgan sxema bilan almashgan bo'ladi. Unda birlamchi tok I_1 ikkilamchi ajraladi, magnitlovchi tok $I_0 = I_{0a} + I_{0u}$ va tok I_2 . Birlamchi chulg'amga keltirilgan ekvivalent sxema uchun transformatorning vektorli diagrammasi 9.6-*b, d* rasmda keltirilgan.

O'ramlar sonini birlamchi chulg'amga keltirishda faza qiymatlarini o'zgarmaydi. Aktiv va induktiv yuklamali ($Y_2 > 0$), aktiv sig'imli yuklamali ($Y_2 > 0$) transformator uchun vektor diagrammalari 9.6-*b, d* rasmda keltirilgan.

Ikkilamchi chulg'am qisqa tutashtirilgan ($U_2 = 0$) holda transformator ishi qisqa tutashish rejimi deb yuritiladi. Tajriba o'tkazilayotgan vaqtda shunday qilish kerakki, birlamchi chulg'amda tok nominal qiymatdan oshmasin. Buning uchun transformatorning birlamchi chulg'ami kuchlanish regulatoridan ta'minlansin. $I_k - I_{11}$ bo'ladigan kuchlanish $U_k = (0,05 - 0,1)$ dan U_{1nom} gacha ko'lamda bo'ladi. Bunda o'tkazgichdagi magnit oqimi juda kichik. Shuning uchun tajribada I_{ok} toki 50—100 marta kichikdir va uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Asosiy tenglama:

$$U_1 = I_1 z_1 - E_1; \quad I_1 = I_0 + n_{21} I_2'. \quad (9.22)$$

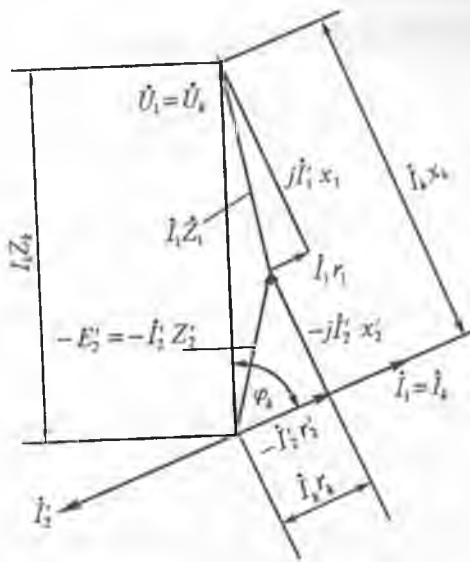
QT tajribasida ($Z_n = 0; U_2 = 0; f = f_n; I_1 = I_{1nom}; I_2 = I_{2nom}$) qisqa tutashish qarshiliklarini quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} Z_k &= \frac{U_k}{I_k}; \quad \cos \varphi_k = \frac{P_k}{U_k I_k}; \quad r_k = Z_k \cos \varphi_k; \\ x_k &= \sqrt{Z_k^2 - r_k^2} = Z_k \sin \varphi_k. \end{aligned} \quad (9.23)$$

Tajriba ma'lumotlari orqali QT isrofi $P_k = U_k I_k \cos \varphi_k$ (uch fazali transformatorlarda $P = 3I_k^2 r_k$) bo'ladi.

Aniqlangan $Z_k, I_k, \cos \varphi_k$ va P_k ST SEV 1070—78 bo'yicha normallangan hisobiy harorat $+75^\circ\text{C}$ ga keltirilishi kerak. A va B sinflaridagi izolatsiyali transformatorlar va F, H va C sinfdagi izolatsiyalar uchun hisobiy harorat $+115^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi (X_k amalda haroratga bog'liq bo'lmaydi).

QT rejimidagi transformatorning vektor diagrammasi 9.7-rasmda keltirilgan. (9.23) formulalar orqali topilgan qiymatlar yordamida



9.7-rasm. Transformatorning QT davridagi vektor diagrammasi ($I_0 = 0$).

QT kuchlanishi U_k ni, shuningdek, uning aktiv U_a va reaktiv U_r tashkil etuvchilarini ham hisoblash mumkin:

$$U_k = \frac{U_k}{U_{1n}} 100\% = \frac{I_{1n} Z_k}{U_{1n}} 100\% = \frac{Z_k}{Z_1} 100\%, \quad (9.24)$$

$$U_a = \frac{U_{ka}}{U_{1n}} 100\% = \frac{I_{1k} r_k}{U_{1n}} 100\% = \frac{r_k I_{1n}^2}{U_{1n} I_{1n}} 100\% = \frac{\Delta P_{kn}}{S_n} 100\%. \quad (9.25)$$

$$U_r = \frac{I_{1n} x_k}{U_{1n}} 100\% = U_k \sin \varphi_k. \quad (9.26)$$

Elektr transformator nazariyasidan ma'lumki, transformator ikkilamchi kuchlanishining yuklama ta'sirida o'zgarishi yetarli aniqlikni ta'minlovchi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta U \approx \beta (v_a \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2)\%, \quad (9.27)$$

bu yerda: β — yuklanish koeffitsiyenti, $\beta = I_2/I_{2n} - \varphi_2$ — tok va kuchlanish orasidagi burchak.

Ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish:

$$U_2 = U_{1n} \left(1 - \frac{\Delta U}{100} \right) \frac{W_2}{\omega} \quad (9.28)$$

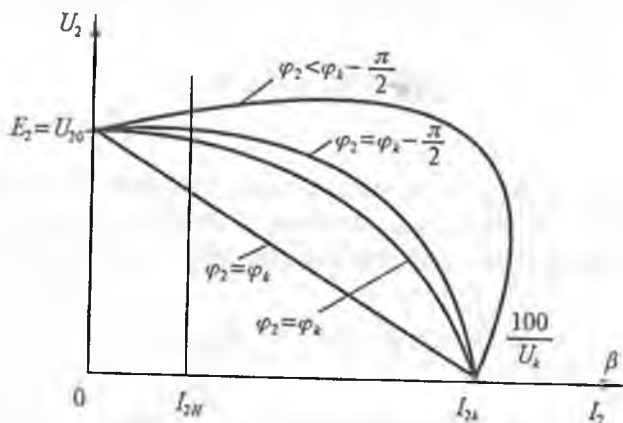
Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + \beta^2 P_{kn} + P_x} 100\%, \quad (9.29)$$

bu yerda: P_1 va P_2 — transformatorning birlamchi va ikkilamchi quvvatlari; S_n — nominal quvvat.

Transformatorning *tashqi tavsifi*, deb ikkilamchi kuchlanishning ikkilamchi tokka bog'liqligiga aytiladi. Bunda yuklamaning o'zgarmas tavsifi $\varphi_2 = \text{const}$, birlamchi kuchlanish U_1 va chastota F_1 o'zgarmas bo'lishi kerak. Transformatorning tashqi tavsifi 9.8-rasmda ifodalangan. Agar $U_1 = U_{20} = U_{2n}$ bo'lsa, ikkilamchi $I_{2k} = U_{2n}/Z_n = I_{2n} U_{2n}/U_{2k}$ bo'ladi va uning qiymati nominal tokdan $100/U_k$ marta katta bo'ladi (masalan, $U_k = 5\%$ bo'lganda 20 marta katta). Shuning uchun tajriba yo'li bilan tashqi tavsiflarning ordinata o'qi bilan nominal tok chizig'i orasidagi kichik bir hududni bilish mumkin bo'ladi xolos.

Amalda transformatorlar o'zaro parallel ishlashi mumkin. Yuklamaga yuborilayotgan quvvat yetarli bo'lmasa yoki energiya ta'



9.8-rasm. Nisbiy birlikdagi transformatorning tashqi tavsiflari.

omotida uzilish yuz bermasligiga erishish kerak bo'lsa, bunga zarurat tug'iladi.

Transformatorlarni parallel ishlashga ulash uchun, ular chulg'amlari oralarida o'zaro tenglashtiruvchi tok oqmasligi kerak (tenglashtiruvchi tok transformatorlari koeffitsiyentlar har xil bo'lganida paydo bo'ladi). Tenglashtiruvchi tok quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{Z_{trI} + Z_{trII}}, \quad (9.30)$$

bu yerda: $\Delta U = (U_{21} - U_{11}) = U_1(K_{trI} - K_{trII})$ — transformatorlarning kuchlanishlari farqi; Z_{trI}, Z_{trII} — transformatorlarning to'liq qarshiliklari; K_{trI}, K_{trII} — transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyenti.

Tenglashtiruvchi tok aksariyat transformatorlarga tushayotgan yuklamalar har xil bo'lganda yuz beradi. Shuning uchun ikki yoki undan ko'p transformator parallel ishlashi uchun quyidagi ishlar bajariladi:

1. Transformatorlarning yuqori va pastki nominal kuchlanishlari bir-biriga teng bo'lishi kerak.

2. Chulg'amlar ulanish sxemalari guruhi bir xilda bo'lishi kerak.

3. QT kuchlanishlar ham bir xilda bo'lishi kerak (farq 10% dan oshmasligi kerak).

4. Har xil transformator koeffitsiyentlarga ega quvvat farqlari 3 karradan oshganda, parallel ishlashga tavsiya etilmaydi.

Chulg'amlar ulanish guruhlari birlamchi va ikkilamchi faza va liniya kuchlanishlari vektorlari va ular oralaridagi siljishlar bilan aniqlanadi. Buning uchun birlamchi taraf kuchlanish vektor diagrammasi qurilishi zarur.

Uch fazali transformatorlarning eng ko'p tarqalgan ulanish sxema guruhlari quyidagilar:

juft guruhlar $\Delta/\Delta/\Delta$ -0-0;

toq guruhlar $Y_0/\Delta/\Delta$ -11; $Y_0/Y_0/\Delta$ -0-11.

Har xil guruhga ulangan transformatorlardagi vektorlar farqi eng yengil holda 30°C ga teng. Bu esa tenglashtiruvchi tok paydo qiladi va u nominalga nisbatan uch-besh marta katta bo'ladi.

Juft (2, 4, 6, 8, 10, 0) guruhlariga ulangan transformatorlarni toq (1, 3, 5, 7, 9, 11) guruhlariga ulangan transformatorlarga parallel ishlash uchun ulash mumkin emas, ayniqsa, 12, 4 va 8 guruhlar, 6, 10, va 2 guruhlar bilan ulanishi aslo mumkin emas. Transformatorlar

soni va quvvati quyidagi shart va parametrlar bilan tanlanadi. Iste'molchining yuklanish grafigi hamda o'rtacha va maksimal hisob, quvvatlari bilan, texnik iqtisodiy alohida variantlar ko'rsatkichlari bo'yicha, berilgan grafik bo'yicha elektr isrofni minimumga keltirgan holda elektr ta'minotini amalga oshirish mumkin. Agar yuklama grafigi noma'lum bo'lsa, nimstansiyani loyihalash uchun transformator quvvati maksimal yuklama iste'molchining maksimum koeffitsiyenti bo'yicha aniqlanadi va u quyidagi shart bo'yicha tekshiriladi:

$$S_T \geq k_m S_{o'n.} = S_m. \quad (9.31)$$

Transformatorsozlikda magnit o'tkazgich, elektr izolatsiyali, konstruksiyali va yordamchi materiallar ishlatiladi. Birinchi uchta material elektrotexnik material hisoblanadi. Ular elektr toki, elektr va magnit maydoniga nisbatan maxsus xususiyatlarga ega bo'lib, elektr apparatlari, mashinalari va har xil elektr qurilmalarda asosiy material bo'lib hisoblanadi. Magnit va o'tkazgich materiallar faol aktiv materiallar deb hisoblanadi.

Transformatorlarda mis va aluminiy tok o'tkazgich material hisoblanadi. Qizil rangli elektrotexnik mis o'ta toza va sifatli material hisoblanadi. U 75°C da juda kichik solishtirma qarshilik 0,02135 mkOm m ga ega. Yumshoq (kuydirilgan) mis PPM dan chulg'am o'tkazgichlari, qalpoq mis PMT dan tok o'tkazuvchi sterjenlar, shinalar va katta mexanik bardoshlikka ega o'tkazgichlar tayyorlanadi.

Aluminiy elektr o'tkazuvchanlik va mexanik bardoshlikda misdan keyinda turadi.

Yordamchi materiallarga qalay, konifoll, magnetizm berkitgich, silikagol va boshqalar kiradi. Bu materiallar metallarni payvandlash va ruxlash uchun xizmat qiladi.

Transformatorlarda yana boshqa yordamchi materiallar — asbest qoplagich, kanop va asbestli to'qimalar (ba'zi bir detallarni zichlashtirish uchun), bo'yoqlar, yelimlar, har xil moysizlashtirgich va singdirgich materiallar qo'llaniladi.

9.2. YUQORI KUCHLANISHLI TOK O'LCHOVCHI TRANSFORMATORLAR

Tokni o'zgartiruvchi o'lchagich (TO'O') — maxsus qurilma bo'lib, birlamchi tokni shunday ikkilamchi signalga aylantiradiki, bu signal to'laqonli ravishda birlamchi tokni ifodalaydi.

Tok transformatori deb, shunday transformatorga aytiladiki, normal sharoitida chiqishdagi signal toki birlamchi zanjirdagi tokka to'g'ri mutanosib bo'ladi va sxemasi to'g'ri ulangan holda birlamchi va ikkilamchi tok vektorlari orasidagi siljish burchagi yaqin bo'ladi (9.3).

TT ning qarshiligi juda kichik bo'lgani sababli u birlamchi tok qiymatiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Birlamchi tok keng ko'lamda (0 dan QT toki qiymatigacha) o'zgarishi mumkin, ikkilamchi tok esa, amalda birlamchi tokka mutanosib ravishda o'zgaradi.

Statsionar qurilmalarda TTlar birlamchi zanjir kuchlanishining barcha standart nominal qiymatlariga tegishli qilib 1 A dan 40 kA gacha, ikkilamchi nominal toklari esa 1 dan 5 A gacha qilib yasaladi. Ularning aniqlik sinflari 0,2; 0,5; 1; 3; 10 ga teng (GOST 7746—89). Vazifasiga ko'ra TT lar o'lchovchi va himoyalovchi guruhlariga bo'linadi. Ko'p hollarda bu ikkala vazifa bitta TT da mujassamlangan bo'ladi. TT katta tokli tarmoq tokini o'lchov asbobiga uzatish uchun xizmat qiladi. Ko'pincha, bu yuqori kuchlanishli tarmoq bo'lib, uning tokini zanjirni uzib o'lchash imkoniyati bo'lmaydi. Ikkilamchi chulg'amga ampermetr, voltmetr va hisoblagichlarning tok chulg'amlari ulanadi. O'lchash uchun TT quyidagi imkoniyatlarni beradi: istalgan qiymatdagi o'zgaruvchan kuchlanishni tegishli qiymatdagi o'zgaruvchan tok kuchlanishiga aylantiradi va standart o'lchov asboblari bilan o'lchaydi; yuqori kuchlanish zanjiridan ajratilgan holda o'lchov asboblari bilan ishlashda xizmat qiluvchi xodimlarga xavfsiz sharoitni yaratadi.

Konstruksiya bo'yicha TT quyidagilarga ajratiladi: o'rnatish usuli bo'yicha tayanchli (u tayanch supachasiga o'rnatiladi) va o'tuvchi (bir xil transformatorlar o'tuvchi izolatorlar sifatida ham xizmat qiladi); ikkilamchi chulg'am vazifasiga ko'ra — o'lchash uchun, himoya uchun mo'ljallanadi.

Transformatsiya koeffitsiyenti bitta koeffitsiyentli, bir qancha koeffitsiyentli bo'ladi (unga birlamchi yoki ikkilamchi chulg'amlar o'ram sonlarini o'zgartirish bilan erishiladi).

Tok transformatorlari nominal toklari bilan tavsiflanadi: birlamchi, ishchi tokiga yaqin, tok I_{1nom} bilan, KRU shkafining hisobiy toki va ikkilamchi chulg'am nominal toki I_{2nom} bilan. Odatda, 6—10 kV kuchlanishda TT ning ikkilamchi toki 5 A ga, 110 va 220 kV da — 1 A ga ega.

Birlamchi nominal tokning ikkilamchi nominal tokka nisbatan TT ning transformatsiya koeffitsiyenti hisoblanadi: $K = I_{1nom}/I_{2nom}$ bilan. TT yana tok xatoligi bilan belgilanadi:

$$\Delta I = \frac{I_2^k - I_1}{I_1} 100\%. \quad (9.32)$$

Xatolik, transformatsiya koeffitsiyentining hamma vaqt ham nominal transformatsiya koeffitsiyentiga teng bo'lavermasligidan kelib chiqadi.

9.9-jadval

**TT NING O'LGHASH CHEGARAVIY TOKI VA BURCHAK XATOLIKLARI
(GOST 7746—89) [5.1, 9.3]**

| Aniqlik sinfi | Birlamchi tok, % | Chegaraviy xatolik | | | Ikkilamchi yuklama chegaralari $\cos \varphi = 0,8$ (%r _{2nom}) | Qo'llanish sohalari |
|---------------|------------------|---------------------|------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| | | Tok bo'yicha % | Burchak bo'yicha | | | |
| | | | (santiradian) | (santiradian) | | |
| 0,2 | 5 | ±0,75 | ±30 | ±0,9 | 25—100 | Energiya va quvvatni aniq o'lchash (aniq, nazorat laboratoriya asboblari) |
| | 20 | +0,35 | ±15 | +45 | | |
| | 100—120 | ±0,20 | ±10 | ±0,3 | | |
| 0,5 | 5 | ±1,5 | ±90 | ±2,7 | 25—10 | Energiya va quvvatni aniq o'lchash (1-sinf hisoblagichlari — hisobiy) |
| | 20 | +0,75 | +45 | +1,35 | | |
| | 100—120 | ±0,5 | ±30 | ±0,9 | | |
| 1,0 | 1 | ±3,0 | ±180 | ±5,4 | 25—100 | Energiya, quvvat va tok o'lchash (relelar, 2-sinf hisoblagichlari nazorat) |
| | 20 | +1,5 | + | +7 | | |
| | 100—120 | ±1,50 | ±60 | ±1,8 | | |
| 3 5 10 | 50—120 | ±3,0 +5,0 +10 | | | 50—100 | Ampermetrlarni, rele va fazometrlarni hamda yuritma g'altagini ulash |

Tok transformatorlari shartli belgilari quyidagicha izohlanadi: T harfdan keyingi 0 — tayanchli, P — o'tuvchi, Sh — shinali, R — ajratiluvchi, V — tarkibli, K — kaskadli, B — kabelli, ikkinchi o'rinda L — erigan izolatsiyali, F — chinni qopqoqli, T — qattiq izolatsiyali, M — moy to'ldirilgan, G — gaz to'ldirilgan, 3 — qattiq izolatsiyali himoyalangan ko'rinishda, uchinchi o'rinda L — laboratoriyaviy, Ch — chastotaviy, 3 — nol ketma-ketligi, P — oraliq, N — o'tish rejimida normallangan qismi, defis orqali, to'rtinchida S — mahsulot maxsus tayyorlangan, beshinchida M — modernizatsiyalangan

mahsulot. Raqam qismlari quyidagilarni belgilaydi: birinchi raqam – kuchlanish sinfi, ikkinchi — tashqi izolatsiya bo'yicha tok o'tishi, undan keyingi raqam konstruksion ishlanish varianti, aniqlik sinfi, nominal birlamchi tok (A), nominal ikkilamchi tok (A), mintaqa bo'yicha bajarilganligi va joylashish toifasi [9.3].

TT ni to'g'ri ifodalash 1984-yili belgilangan. Shuning uchun bu yildan ilgari ishlab chiqarilgan TT lar ifodalarida noaniqlik bo'lishi mumkin. TT rele va avtomatika nazorat o'lchov asboblari konstruktiv jihatdan bir fazali qilib yaratilganda 9.9-rasmdagidek qilib ulanadi. Bunda uch fazaga ulanuvchi uchta bir fazali TT lar to'g'ri ulanishi kerak.

To'liq yulduz sxemasi (9.9-a rasm) universal sxema bo'lsada, eng qimmat hisoblanadi. U uchala faza toklarini o'lchay oladi va ishlata biladi. Ikki fazali shina pastlik ro'y berganda, toklar faqat faza shikast relesidan o'tadi, nolnchi liniyada tok bo'lmaydi. Bir fazali QT da birlamchi tok faqat shikastlangan fazadan o'tadi. Tegishli ikkilamchi tok rele orqali nolnchi simga o'tadi. Yulduz sxemadan nolnchi sim ketma-ket tok uchun filtr vazifasini o'taydi, chunki tokning to'g'ri va teskari tuzuvchilari yig'indisi nolga teng, nolnchi simdan esa fazalar bo'yicha bir xil bo'lgan toklar yig'indisi $3I_0$ o'tadi.

Shunday qilib, TT larning to'la yulduz sxemasiga ulanishi barcha QT turlarini seza olar ekan, nolnchi simdagi rele esa (agar u o'rnatilgan bo'lsa) faqat faza va yer orasidagi QT ga e'tibor qiladi.

Unga o'xshash mashina va mexanizmlarda ko'pincha to'la bo'lmagan yulduz sxemasi qo'llaniladi (9.9-b rasm). Uch fazali QT toklar faza o'tkazgichlar bilan birga nolnchi simdan ham o'tadi; ikki fazali QT tok faza o'tkazgichiga o'rnatilgan reledan o'qa boshlaydi. Ikki fazali QT da (A va C fazalari orasida) nolnchi simga ulangan reledan tok o'tmaydi; AB va BC fazalarida QT ro'y berganda $I_0 = -I_A$ va $I_0 = -I_C$ bo'ladi.

9.10-jadval

HIMOYA UCHUN TT NING CHEGARAVIY XATOLIKLARI
(GOST 7746–89) [5.1, 9.3]

| Aniqlik sinfi | Nominal birlamchi tokda | | | Nominal tokning chegaraviy qiymati |
|---------------|-------------------------|------------------|--------|------------------------------------|
| | Tok xatoligi, % | burchak xatoligi | | To'la xatolik * |
| | | daqiqqa | C, rad | |
| 5 r | ±1,0 | ±60 | ±1,8 | 5 |
| 10 r | ±0,3 | — | — | 10 |

* To'la xatolik MYUK ning nisbiy qiymati (% hisobida)

Bir fazali QT bo'lganda, masalan, *A* yoki *C* fazasi, shu fazalarni o'rnatilgan relelardan tok o'ta boshlaydi. Shuningdek, tok ta'siri o'tkazgichda ham bo'ladi. Agar TT o'rnatilmagan B fazasida QI sodir bo'lsa, sxemada tok paydo bo'lmaydi, chunki sxema to'liq yulduz emas va hamma QT larni sezavermaydi. Bu sxema 6—10 kV li izolatsiyalangan neytral tarmoqlarda tarqalgan.

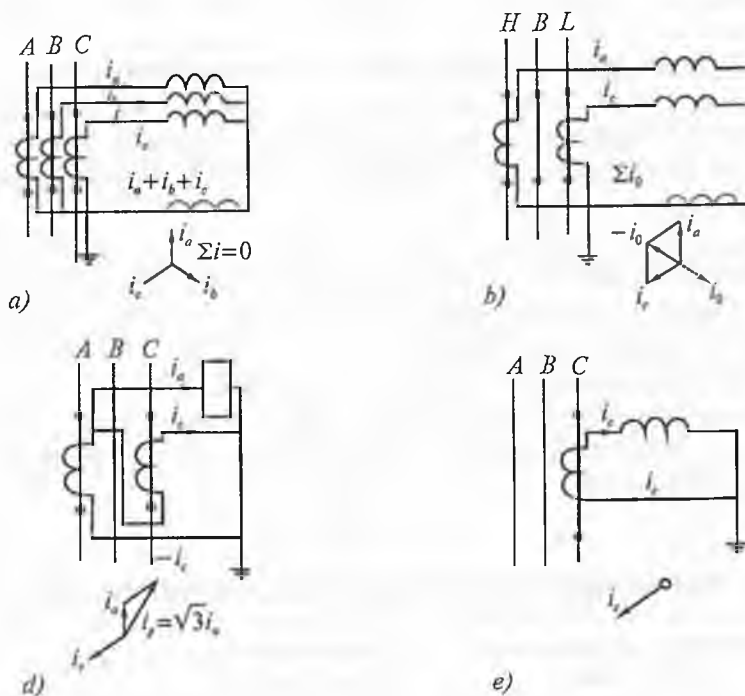
9.11-jadval

**TT NING KRU DA 10 kV KUCLANISHDAGI TURI
VA ASOSIY TEXNIK TAVSIFLARI**

| TT turi | KRU belgisi | Birlamchi nominal tok I_{nom}, A | Elektr-dinamik bardoshlik toki I_{din}, kA | Termik bardoshlik toki I_T, kA | Vazni, kg |
|----------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ToI—TT | K—104 KM—1 KM—1φ K—47 K—49 | 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500 | 17,6 52 100 | 2,45 4,85—8,75 16 20 31,5 | 25 |
| T0I—10-1 | KE—10 | 5—200, 300, 400, 600, 800—3000 | 51 81 | 2,5—10 15 31,5 | 47 |
| TL—10-11 | KE—6 | 300, 400, 630, 800—3000 | 128 | 20 31,5 40 | 47 |
| TLM—10-1 | K—XXVI | 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500 | 17,5—52 100 100 | 2,8—10,1, 18,4, 23, 26 | 27 |
| TPLK—10 | KR—10 | 10—50, 100—400, 200, 800, 1000, 1500 | 2,47—17,8, 74,5, 74,5 | 0,47—2,36, 4,72—18,9, 28,3—70,8 | 47 |
| TPL—10 | K—108 KRU 2-10-20 | 5—200 300—400 | 45*) 45*) | 250*) 175*) | 16 |

| TT turi | KRU belgisi | Birlamchi nominal tok I_{nom}, A | Elektr-dinamik bardoshlik toki I_{din}, kA | Termik bardoshlik toki I_T, kA | Vazni, kg |
|---------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TPOL-10 | KRU 2—10-20 | 600, 800, 1000, 1500 | 443,6—67,5 | 18—32 | 18 |
| TSHL-10 | K—XXVII KM—1 KF— 10/31,5 KM-1φ | 2000—3000 | 81 | 31,5 | 26 30 |

* bardoshlik darajasi



9.9-rasm. Tok transformatoriga o'lchov asboblarning ulanish sxemalari: a — to'liq yulduz sxemasi; b — to'liq bo'lmagan yulduz sxemasi; d — ikki fazadagi toklar tafovutiga rele ulangan ikki fazali sxema; e — bitta fazadagi tokni o'lchash sxemasi.

9.9-d rasmda TT ikki faza farqiga ulangan. Simmetrik yuklanma da uch fazali QT ro'yi bersa, reledan o'tuvchi $I_A = I_B = I_C$ toki faza tokidan $\sqrt{3}$ marta katta bo'ladi.

Ikki fazali QT (masalan, A va C fazalari) da reledan o'tadigan tok

$$I_r^2 = I_A^2 - I_C^2 = 2I_A^2 = 2I_r^2.$$

AB yoki BC fazalarda ikki fazali QT da relega tok faqat bitta fazadan keladi, $I_r = I_r$.

Boshqa sxemalarga qaraganda toklar farqiga ulanadigan uch fazali tarmoq rele va TT ning minimal sonlariga ega bo'ladi. Biroq uning qo'llanish sxemasi cheklangan, chunki ikki fazali QT ning har xil turida har xil sezgirlik namoyon bo'ladi. Undan tashqari sxemaning B va C fazalari transformator orqasidagi QT da va chulg'amlar Y/Δ sxemasi bo'yicha ishlaganda himoyalana olmaydi, chunki bunda tok $I_r = I_1 - I_s = 0$ bo'lib, reledan tok o'tmaydi.

Konstruktiv jihatdan TT quyidagi turlarda ishlab chiqarilishi mumkin: uchta mustaqil apparatlar ko'rinishida, ular asosiy elektr sxema bo'yicha taqsimlagich qurilma bilan konstruktiv birlashadi; o'rnatilgan TT lari ko'rinishida, bunda po'lat o'zaklar ichki tomonidan kuch transformatorining boshiga kiruvchi qismlarga kiygiziladi; uzgichlar konstruksiyasiga o'rnatilgan yoki KRU shkafiga ajralmas qism sifatida o'rnatilgan holda.

Parametrlar, vazifasi, o'rnatish usuli va joyiga qarab TT lar shakllari va konstruktiv ko'rinishi, izolatsiya materiali, chulg'amlar soni, kiruvchi bo'laklar joylashishi, transport, montaj, himoya va boshqa qurilmalar bilan ajraladi.

Tok transformatorini tanlash 9.12-jadvalda keltirilgan.

Hozirgi vaqtda ikkilamchi zanjir quvvatini kamaytirish an'anasi hukmron. Birinchi navbatda, bu rele himoyasiga va avtomatikaga taalluqli bo'lmoqda.

9.12-jadval

TOK TRANSFORMATORLARINI TANLASH SHARTLARI

| Zanjirning hisobiy parametrlari (KRU shkafi) | TT ning konkret turiga katalog | Tanlash sharti |
|----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Nominal kuchlanish (U_{ust}) | U_{nom} | $U_{nom} \geq U_{ust}$ |
| Ulanish ishchi toki (I_{rob}) | I_{1nom} | $U_{1nom} \geq I_{rob}$ |

| Zanjirning hisobiy parametrlari (KRU shkafi) | TT ning konkret turiga katalog | Tanlash sharti |
|----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| Elektrodinamik bardoshlik (I_{VD}) | I_{din} | $I_{din} \geq I_{VD}$ |
| Termik bardoshlik toki (I_T) | $I_{T nom}$ | $I_{T nom} \geq I_t$ berilgan t_T uchida |
| Ulanuvchi yuklama (Z_2) | $Z_{2 nom}$ | $Z_{2 nom} \geq Z_2$ |

Ularning elektromagnitli, induksiya rellari va boshqa mikroelektron komplekt himoya qurilmalari almashtirilishi natijasida zanjir qabul qiladigan quvvat 100 marta kamaymoqda. Shunga o'xshash almashuv o'lchov zanjirlarida ham bo'lishi mumkin. Shuning uchun tok transformatorlarining ancha yengil konstruksiyalari, xususan, po'lat o'zaksiz variantlarini (ikkilamchi chulg'amli) yaratish muhim istiqbolli va ahamiyatli yo'nalishlardan hisoblanadi.

9.3. YUQORI KUCHLANISHLI O'ZGARTGICHLAR

O'lchash uchun mo'ljallangan kuchlanish o'zgartgichlari o'lchov qurilmalari, rele himoyasi va avtomatika zanjirlarida qo'llaniladi. Bunday o'zgartgichlarning muhim bo'laklaridan biri kuchlanish transformatorlaridir.

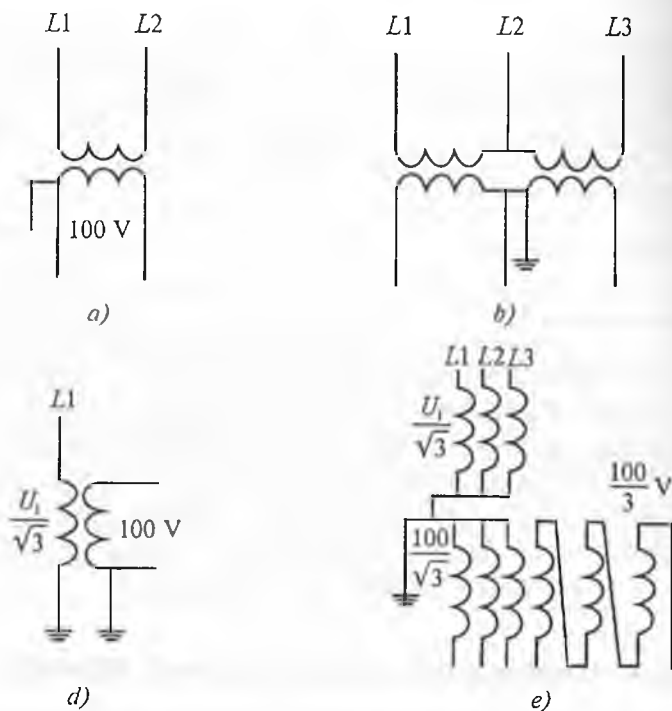
Konstruksiyalari va ish sharoiti bilan kuchlanish transformatorlari kuch transformatorlariga yaqin turadi.

Kuch transformatorlari kam quvvatligi hamda saltga yaqin rejimda ishlashiga qarab turga ajratiladi. Kuchlanish transformatorlari (KT) GOST 1983—89 talablariga to'g'ri kelishi kerak.

QT ning birlamchi chulg'ami ikkilamchi chulg'amdan to'la ishchi kuchlanish bo'yicha izolatsiyalangan. Ishlash vaqtida xavfsizlikni ta'minlash maqsadida ikkilamchi chulg'amning bir boshmog'i yerga ulanadi (9.10-rasm). Shunday qilib, QT o'lchov asboblari, rellarni yuqori kuchlanish zanjiridan izolatsiyalab, xavfsiz ish sharoitini yaratadi.

KRU ning tarkibidagi QT quyidagilarga bo'linadi:

- chulg'amlar soni bo'yicha — ikki va uch chulg'amli;
- fazalar soni bo'yicha — bir va uch fazali;
- sovitish usuli bo'yicha — quruq (tabiiy havo sovitgichli) va tabiiy moy sovitgichli;
- o'rnatish joyi bo'yicha — ichki va tashqi.

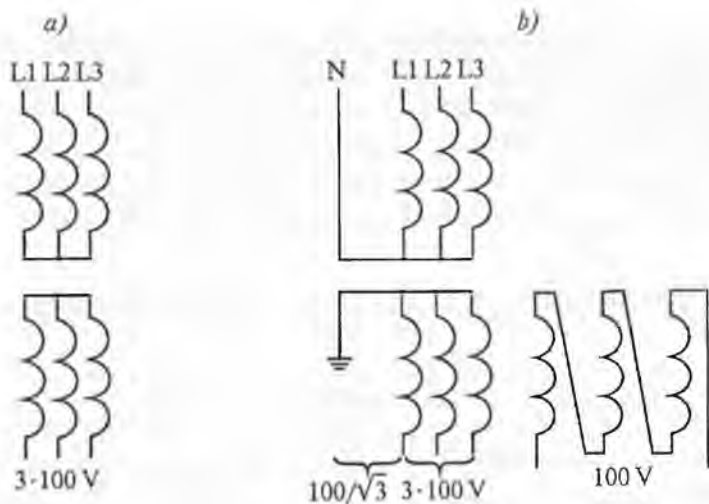


9.10-rasm. Kuchlanish transformatorlarining ulanish sxemalari:

a — bitta transformatorni fazalararo kuchlanishga ulash; *b* — ikkita transformatorni to'liq bo'lmagan uchburchak shaklida ulash; *d* — bitta transformatorni zanjir faza kuchlanishiga ulash; *e* — uchta transformatorni yulduz shaklida ulash; ikkilamchi chulg'amlarning bir komplekti kuchlanishning nol ketma-ketligini o'lchash uchun ochiq uchburchak sxemasi bo'yicha ulangan.

Quyidagilar QT ning asosiy parametrlari hisoblanadi: birlamchi U_{1nom} va ikkilamchi U_{2n} nominal kuchlanishlar (ular transformator taxtasida ko'rsatilgan bo'ladi).

GOST 1983—89 da 100 V dan yuqori bo'lgan kuchlanishli QT ning birlamchi chulg'am kuchlanishlarining nominal qiymatlari keltirilgan. Ular tarmoqning nominal kuchlanishlariga teng. Shuningdek, ularning ishlash muddati cheklanmagan. Agar kuchlanish nominaldan 5—20% ga oshsa, u eng katta ishchi kuchlanishi deb yuritiladi. Masalan, nominal kuchlanish 3 kV bo'lganda, eng katta ishchi kuchlanish 3,6 kV ga, $U_{nom} = 6$ kV bo'lganda— 72 kV, $U_{nom} = 10$ kV da 22 kV ga teng. Ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi 100 V (bir fazali QT) va $100/\sqrt{3}$ bir fazali QT faza va yerga ulanganda.



9.11-rasm. Uch fazali kuchlanish transformatorlarining ulanish sxemalari:
a — uch o‘zakli magnet o‘tkazgichli transformator; *b* — to‘rt yoki besh o‘zakli magnet o‘tkazgichli transformator; ikkilamchi chulg‘amlarning bir guruhi ochiq uchburchak shaklida ulangan (kuchlanishning nol ketma-ketligini o‘lchash uchun).

Ikkilamchi tomon qo‘shimcha chulg‘amlarning nominal kuchlanishi 100 V (neytrali yerga ulangan tarmoqqa ulanganda) va $100/\sqrt{3}^b$ (neytrali izolatsiyalangan tarmoqqa ulanganda).

Uch fazali QT lar uchun ikkilamchi kuchlanish 100 V bo‘lishi kerak.

QT ning birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlari ulanish sxemalari va guruhlar GOST 1983—89 ga mos kelishi kerak. Ularning ba’zi sxemalari 9.10 va 9.11-rasmlarda keltirilgan.

QT ning transformatsiya koeffitsiyenti K_{nom} birlamchi chulg‘am nominal kuchlanishning ikkilamchi chulg‘am nominal kuchlanishi nisbatiga teng.

Ikkilamchi chulg‘amga ulangan o‘lchov asboblarning ko‘rsatuv shkalalari transformatsiya koeffitsiyentini hisobga olgan holda hisoblanishi kerak, masalan, $U_1 = U_2 \cdot K_{\text{nom}}$.

Ruxsat etilgan xatolikka qarab QT ga aniqlik sinfi beriladi, masalan, 2,2; 0,5; 1,5; 3,0.

Kuchlanish bo‘yicha QT ning xatoligi

$$F_u = 100(U_2 K_{\text{nom}} - U_1) : U_1. \quad (9.33)$$

Boshqa transformatorlardagi kabi QT da ham burchak xatoligi 5δ mavjud. QT xatoliklari GOST 1983—89 bilan cheklangan.

Ular haqidagi ma'lumotlar 9.13-jadvalda keltirilgan bo'lib, ular tarmoq chastotasi 50—5 Gs, birlamchi kuchlanish (0,8 dan 1,2) U_n da, aktiv va induktiv yuklamada ($\cos \varphi = 0,8$), ikkilamchi chulg'am uzatadigan quvvat $0,25 \cdot S_n (U_1/U_{1, \text{nom}})^2$ dan $S_n (U_1/U_{1, \text{nom}})^2$ gacha bo'lganda olingan.

9.13-jadval

QT NING ANIQLIK SINFLARI VA CHEGARAVIY XATOLIKLAR
(5.1, 9.1)

| Aniqlik sinfi | Kuchlanish xatoligi | Burchak xatoligi | | Qo'llanish sohalari |
|---------------|---------------------|------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| | | daqiqa | soniya | |
| 0,2 | $\pm 0,2$ | ± 10 | $\pm 0,3$ | Laboratoriyada aniq o'lchovlar |
| 0,5 | $\pm 0,5$ | ± 20 | $\pm 0,6$ | Elektr energiyasini hisobga olish (hisoblagich) |
| 1,0 | $\pm 1,0$ | ± 40 | $\pm 1,2$ | Kuchlanish zanjiri bo'lgan barcha saqlagichlar, shit priborlari |
| 3,0 | $\pm 3,0$ | me'yorlangan | me'yorlangan | Izolatsiya nazorati, barcha turdagi signalizatsiyalar |

Ma'lum QT ning xatolik qiymatlari ularning yuklamalariga bog'liq bo'ladi. Demak, bitta QT ikkilamchi chulg'amdan uzatilayotgan quvvatga qarab har xil sinfdagi aniqlikni bajara oladi.

QTning nominal quvvat qiymati deb, $\cos \varphi = 0,8$ bo'lganda ikkilamchi chulg'am uzatayotgan quvvatga aytiladi (agar uning xatoligi shu sinf uchun o'rnatilgan qiymatdan chetga chiqmasa).

GOST 1983—89 bo'yicha QT istalgan aniqlik sinfidan bo'lishidan qat'i nazar quvvat qiymati quyidagi qatordan tanlanadi — 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 VA.

Chegaraviy quvvat QT ning nominal qiymatidan 8—10 marta katta bo'lishi mumkin. Biroq, bunda xatolik qiymati chegaradan chiqib ketadi. Chegaraviy quvvat quyidagi quvvat qatoridan tanlanadi: 160, 250, 400, 1000, 2000, 2500 VA. Bu quvvat QT uchun chulg'amning ruxsat etilgan harorati bo'yicha aniqlangan.

Elektr texnik qurilmalarda QT ning bir qancha turli-tuman sxemalari qo'llaniladi (9.10, 9.11-rasm), u himoya yoki o'lchash uchun fazalararo kuchlanish talab etilganda eng sodda sxema bir fazali sxema (9.10-a rasm) bo'ladi.

9.10-*b* rasmdagi sxemada ikkita kuchlanish transformatori ochiq uchburchak (yoki to'la bo'lmagan yulduz) shaklida ulangan bo'lib, u juda keng tarqalgan. U o'lchov asboblari va himoya relelarining neytrali izolatsiyalangan tarmoqlarda qo'llash uchun mo'ljallangan. Bu sxema bo'yicha asboblarni *A* va *C* fazalariga ulash tavsiya etilmaydi.

Uchta bir fazali QT ni (9.10-*e* rasm) yoki bitta uch fazali QT ni (9.11-*a* rasm) yulduz-yulduz sxemasi bo'yicha (ikkala tomonida ham neytrallar yerga ulangan) ulash barcha fazalar va fazalararo kuchlanishlarni ulash imkoniyatlarini beradi. Bu sxema universal sxema hisoblanadi.

Bir fazali QT larni 35 kV gacha tarmoqlarda fazalararo ulasa bo'ladi, 6 kV li zanjirlarda esa fazalarga ulash mumkin (9.9-*d* rasm). Neytral qalpoq yerga ulangan yuqori kuchlanish tarmoqlarida QT ning faza kuchlanishi $U_{\text{nom}}/\sqrt{3}$ ga teng bo'lgani uchun transformator konstruksiyasi eng yaxshi ko'rinishda bo'lishi mumkin. Bunday transformatorlarning birlamchi chulg'amlarini yulduz shaklida ulab, neytral nuqtasini chiqarib qo'yish mumkin. Bu kuchlanishning barcha simmetrik tashkil etuvchilari (to'g'ri, teskari va nol tashkil etuvchilari) ni o'lchash imkonini beradi.

Kuchlanish transformatori konstruktiv tamoyili bo'yicha 35 kV gacha tarmoqlardagi 10 kV li quruq transformatorlardan kam farqlanadi. Moyli blokli transformatorlarni qo'llaganda kuchlanish 110 kV va undan yuqori bo'lganda, yaxshi natijalarga erishiladi. Ularning birlamchi chulg'amlari seksiyalardan tashkil topgan (har bir ketma-ket ulangan bloklar to'rtta seksiyadan iborat) bo'lib, kuchlanishning induktiv bo'lgichi vazifasini o'taydi. QT ning aktiv qismlari silindrik chinni qopqoq bilan qoplanib, moy bilan to'ldirilgan. Bunday konstruksiya yuqori puxtalikka ega bo'ladi va dastlabki tarafda himoyalovchi eritgichga hojat qoldirmaydi.

Kaskadli transformatorlardan tashqari barcha kuchlanish transformatorlari yuqori kuchlanish tarafida eruvchi himoyalagichga ega. Orqa tarafdin ham himoyalagich yoki avtomatik uzgich bilan jihozlangan.

Xavfsizlikni ta'minlash maqsadida neytral yoki QT ning umumiy nuqtasi yerga ulanadi.

Har xil konstruksiyali KRU va nimstansiyalarida qo'llaniladigan kuchlanish transformatorlarining turi va asosiy texnik tavsiflari 9.14-jadvalda keltirilgan.

Kuchlanish transformatorining harfiy qismlari quyidagilarni ifodalaydi: N — kuchlanish transformatorlari; O — bir fazali; T — uch fazali; S — tabiiy havo sovitgichli (quruq); L — erigan izolatsiyali; G — gaz izolatsiyali; M — tabiiy moy izolatsiyali; F — chinni o'ramli;

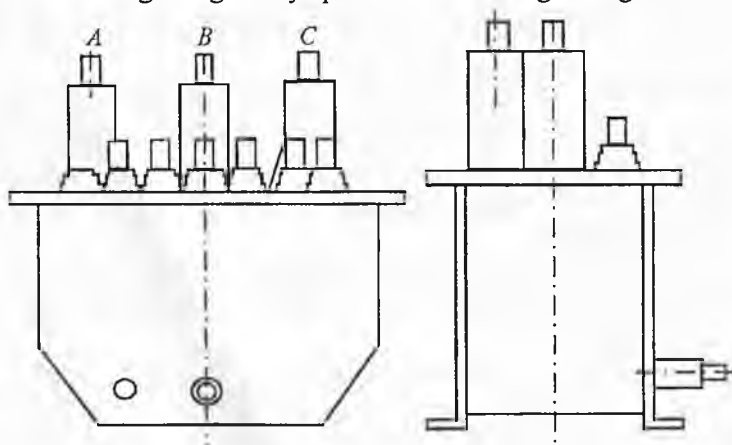
Z — birlamchi chulgʻami yerga ulangan boshmoqli; U — izolatsiyani tekshiruvchi chulgʻamli. Raqamli qismlar ifodasi: birinchi raqam kuchlanish sinfi, ikkinchi (agar bor boʻlsa) — ishlab chiqarilgan yil. Quyilib yasalgan transformatorlarda (masalan, NOL—08—6 da) birinchi raqam guruhi (08) — tartib nomeri yoki ishlab chiqarish shilbi, ikkinchisi — kuchlanish sinfini bildiradi. Oxiridagi harflar ishlab chiqilgan mintaqasini va joylashish toifasini bildiradi.

1988-yil NAMI—10 turidagi QTning birinchi partiyasi ishlab chiqildi. Keyinchalik uning oʻrnini NAMI turi egalladi.

Kuchlanish transformatori NAMI birlamchi kuchlanish 6 yoki 10 kV ga ega va ikkilamchi asosiy chulgʻam kuchlanishi 100 V ga teng. Transformator uchala liniya kuchlanishlarini va nol ketma-ket kuchlanishini oʻlchaydi. NAMI dan farqli oʻlaroq, NAMI turidagi transformatorlarda rezonansga qarshi boʻladigan xususiyat borligi uchun, ishlash puxtaligi va tarmoqning yerga ulanuvchi yoyiga nisbatan turgʻunligi yuqoriligi bilan ajraladi. Turgʻunlikni taʼminlash uchun isteʼmolchi tomonidan qoʻshimcha tadbirlar koʻrish talab etilmaydi. Transformator neytrali izolatsiyalangan yoki yoy soʻndirgich reaktor orqali yerga ulangan tarmoqlarda ishlashga moʻljallangan.

Transformator ikkita uch fazali chulgʻamlarga ega (9.12-rasm). Birlamchi chulgʻamlar *ab*, *bc*, *ca* liniya kuchlanishlariga, boshqa chulgʻamlar faza kuchlanishi *bx* ga ulanadi (ular bitta blokka joylashgan). Asosiy xatolik chegarasi kuchlanish boʻyicha 0,2% ni, burchak boʻyicha 10% ni tashkil qiladi.

Qoʻshimcha ikkilamchi chulgʻam nominal quvvati 30 VA ga, transformatorning chegaraviy quvvati 100 V A ga teng.



9.12-rasm. NAMI—10 turidagi transformatorlar.

KUCHLANISH TRANSFORMATORINING ASOSIY TEXNIK KO'RSATKICILARI (1.13, 5.15, 5.11, 9.2)

| QT ning turi | KRU shartli belgilari | Chulg'arn nominal kuchlanish | | Maksimal quvvat, VA | Quvvat VA, aniqlik sinfi | | | Vazni, kg | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|----------------------|-------------|
| | | Yuqori kuchlanish, kV | Past kuchlanish, V | | 0,5 | 1,0 | 3,0 | to'liq | mayli |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| NOL-08 | KM-1; KM-1 ϕ K-104; K-XXVI; KR-10/31,5; K-10; KE-6; K-47; K-49 | 6; 6,6 10; 11 | 100 100 | 400 630 | 30 75 | 75 150 | 200 300 | 28,5 31,5 | — — |
| ENOL-06 | | $3/\sqrt{3}$ $6/\sqrt{3}$ $10/\sqrt{3}$ | $100/\sqrt{3}$ | 250(150)* 400(200)* 630(300)* | 30 50 150 | 50 75 200 | 75 150 300 | 26,5 26,5 28,5 | — — — |
| NOM-6-77 | K-XXVI | 3; 6 | 100 | 240; 400 | 30 50 | 50 75 | 150 200 | 22 | 5 |

davomi

| OT ning turi | KRU shartli belgilari | Chulg'am nominal kuchlanishi | | Maksimal quvat, VA | Quvat VA, aniqlik sinfi | | | Vazni, kg | |
|--------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------------|--------------------|-------------------------|------------|------------|-----------|-------|
| | | Yuqori kuchlanish, KV | Past kuchlanish, V | | 0,5 | 1,0 | 3,0 | to'liq | mayli |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| NOM-10-66 | KRU2-10-20 | 10 | 100 | 630 | 75 | 150 | 200 | 35 | 7 |
| NTMI-6-66 | K-104; K-XXVI | 3 | 100 | 400 | 50 | 75 | 200 | 59 | 19 |
| NTMI-10-66 | KRU2-10-20 | 6 10 | $100/\sqrt{3}$ 100, $100/\sqrt{3}$ | 640 960 | 75 120 | 150 200 | 300 500 | 59 80 | |

Kuchlanish transformatorlarining eritib yasalgan yangi avlodi NOEP—b va NOEL—10 ishlab chiqarilish arafasida. Ular NOL—0,8, ZNOE—b va ZNOEL—10 larni almashtirish uchun mo'ljallangan. Yangi QT lar tashqi o'lchamlari bo'yicha eskilaridan juda kam farqlanadi va shu bilan birga katta quvvatga ega.

Kuchlanish transformatorlarining tarmoq kuchlanishi atrof-muhit sharoiti, ikkilamchi zanjirning har xil tavsiflari (bitta yoki ikkita ikkilamchi chulg'amlar), ikkilamchi zanjir fazalari soni, quvvat bo'yicha talab etiladigan aniqlik sinfi va boshqalarni hisobga olgan holda tanlanadi.

Himoya va avtomatika apparatlarida hamda o'lchash sohalarida mikroelektronikani qo'llash talab etiluvchi quvvatni keskin kamaytirib yuboradi [5.1, 5.11, 5.12].

10-BOB. YUQORI KUCHLANISHLI TAQSIMLAGICH QURILMALARI MAJMU'I

10.1. ASOSIY TA'RIFLAR, ATAMALAR, ELEKTR TEXNIK QURILMALAR TASNIFI VA ULARGA QO'YILADIGAN TALABLAR

Taqsimlagich qurilmalar majmui. U xoh ichki, xoh tashqi bo'lsin uch fazali elektr energiyasini qabul qilib, taqsimlash uchun xizmat qiladi. Ular issiqlik va atom elektr stansiyalar xususiy xizmatlarida, energiya tizimi nimstansiyalarida, metropoliten va elektrlashtirilgan temir yo'l tortish nimstansiyalarida, qishloq xo'jaligi, sanoat nimstansiyalari, kuchli ekskavatorlarda, ko'mir, ruda shaxtalarida va boshqalarda qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda taqsimlagich qurilmalar majmuasi (TQM) ning yangi ixtisoslashgan turlari, masalan, atmosferadagi o'ta kuchlanishdan himoya qiluvchi TQM, zaxirani avtomatik qo'shish TQM, tiristorli ishga tushirgich (sinxron mashinani mayin ishga tushirish uchun) va boshqalar.

Taqsimlagich qurilmalar majmuasi — bu elektr texnika jihozlari yig'indisi bo'lib, taqsimlagich qurilmalarda ishlatiladi. U alohida shkaflarga joylashgan bo'ladi. Uni maxsus zavodlar ishlab chiqaradi. TQM yuqori kuchlanishli jihozlarda bo'lishi bilan himoya relelari, o'lchov asboblari, avtomatika asboblari bilan ham birga shkafga joylashtirilishi mumkin.

Kommutatsiyalovchi elektr jihozlari o'lchov tok va kuchlanish transformatorlari, razryadniklar va boshqa apparatlar shkaf korpusiga qo'zg'almaydigan qilib o'rnatilgan bo'lsa, TQM statsionar toifaga kiradi. Agar shkafning ba'zi bir elementlari tortma ko'rinishida o'rnatilsa, u TQM tortmali deb yuritiladi.

Ixcham transformator nimstansiyasi (ITN) — uch fazali o'zgaruvchan tok energiyasini qabul qilib o'zgartiruvchi va uzatuvchi qurilma bo'lib, yuqori kuchlanish tarafida transformator, apparatlar, past kuchlanish tarafida qurilmalarni bir-biri bilan bog'lovchi aloqa vositalaridan tashkil topgan.

TQM ning seriyalari KRUN va KTP lar shkaflarining ishlanishi, nominal kuchlanish va nominal toklari, elektr dinamik bardoshliliklari va boshqalar bilan farqlanadi.

TQM ichiga o'rnatiladigan apparatlar o'lchamlari va parametrlariga, tashqi o'lchamlariga qarab farqlanadi. Shkafning yasalishi asosan asosiy

va yordamchi zanjirlar sxemalari va unga o'ratiladigan apparatlarning nominal parametrlari bilan belgilanadi. Uning konstruksiyasi ishlatish uchun xavfsiz, yengil va qulay bo'lishi ko'zda tutilgan.

Shkaf elektr zanjirining asosi — kuch toki o'tuvchi zanjirdir, yordamchi zanjirga boshqaruv zanjirlari, nazorat, rele himoyasi va avtomatika kiradi.

Komplekt elektr texnik qurilmalarni qo'llash qurilish va montaj ishlarini industriya asosida olib borish, elektr stansiyalari, transformator nimstansiyalarini, sanoat korxonalari elektr qurilmalarini jadal qurish imkonini yaratadi.

Taqsimlovchi qurilmalar majmui uzgichlar turi, apparatlar joylashishi, qo'llaniladigan izolatsiya, yig'ma shinalar soni va joylashishi, qo'llash turi (ichki yoki tashqi), operativ tok, tashqi muhit sharoiti va foydalanish sharoitlari bilan *tasniflanadi*. Konstruksiyalar kuchlanish va tok bo'yicha, uziladigan quvvat, yuritma turi, yordamchi qurilma, asosiy va yordamchi ulamalar va boshqa ko'rsatkichlar bilan farqlanadi.

TQM shkafiga qo'yiladigan umumiy talablar konstruksiya, mexanik bardoshlilik, izolatsiyaning elektr jihatdan pishiqligi, tashqi ta'sirlarga turg'unlik, issiqlikka bardoshlilik, QT ga chidamlilik, kommutatsiya puxtaligi va bexavotir ishlashdan iborat. Ular haqida to'la ma'lumot GOST 24693—77 da keltirilgan. Shuningdek, xavfsizlik texnikasi va shkaflar to'g'risida GOST 12.2.007.0* «Elektr texnika uskunalari. Xavfsizlikning umumiy talablari», GOST 12.2.007, 3—7* «Kuchlanishi 1000 V dan yuqori bo'lgan elektr texnika qurilmalari. Xavfsizlik talablari» va GOST 12.2.4—75* «Taqsimlagich qurilmalar komplekti, shkaflari, transformator nimstansiya komponentlari. Xavfsizlik talablari» da bayon etilgan.

GOST 15150—69* bo'yicha TQM ichki qurilmali tashqi muhit talablariga asosan V toifali joylashishiga mo'ljallanganda quyidagi harorat 25°C bo'lishi kerak.

Izolatsiyaning elektr bardoshliliigi GOST 1516.1—76* da bayon qilingan. TQM asosiy zanjirlari izolatsiyasi 42 kV kuchlanishni bir daqiqa ichida olishi kerak ($U_n = 10$ yoki 32 kV bo'lganida).

Yordamchi zanjirlar izolatsiyasi bir daqiqa davomida 2 kV kuchlanishni ko'tara olishi shart. Agar izolatsiyalangan elementlar 1,5 kV ga mo'ljallangan bo'lsa, unda tekshiruv 1,5 kV da olib boriladi.

TQM kommutatsiya talablari bo'yicha uning uzgichlari (yuritma bilan birgalikda) GOST 678—78E dagi ko'rsatmalarga to'la javob berishi lozim.

Uzluksiz ishlaganda shkaflar issiqlik holatlari GOST 8024—84 (1.5, 1.6, 2.4 va 3.1-jadval) bo'yicha me'yorlangan qiymatlarga teng bo'lmog'i darkor.

Shuningdek, TQM shkaflari QT sidirg'a tokiga bardoshli bo'lishi va'ni elektr dinamika va termik kuchlarga chiday olishi kerak.

TQM yerga ulanuvchi pichoqlariga QT sidirg'a tokiga chidamlilik bo'yicha tegishli talablar qo'yiladi. Ular yerga ulagichni uzmasdan elektr dinamika bardoshlilik va termik bardoshlilik nuqtayi nazaridan 1 daqiqa davomida beshikast ishlatilishi kerak.

Xavfsizlik — eng asosiy talablardan hisoblanadi. Barcha talab o'tkazuvchi va mexanik harakatlanuvchi konstruksiyalar va elementlar ana shu talabga to'la javob berishi shart.

TQM shkaflari tashqi ulanishlar bo'yicha to'silgan bo'lishi kerak. Shkaf konstruksiyasi avariya sodir bo'lganda, uni ajratish va avariya boshqa shkaflarga iloji boricha ta'sir etmasligini ta'minlagan holda ishlanadi.

Hozir ishlab chiqarilayotgan TQM shkaflari unga o'rnatilgan uzgichning nominal parametrlariga mos kelishi kerak. Shu sababdan, shkaflar konstruksiyasi 10 kV gacha kuchlanishga va 1600 A gacha tokka, uzish toki 20 kA ga bo'lgan elektromagnit yoki vakuumli uzgichlarga mo'ljallangan.

TQM ning shartli belgilari quyidagicha izohlanadi:

| | K | R | U | 2 | 10 | 3 | 3 | 20 | U | 3 |
|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|
| Kompleks (majmua) | | | | | | | | | | |
| Taqsimlovchi | | | | | | | | | | |
| Qurilma | | | | | | | | | | |
| Indeks (bajaruv) | | | | | | | | | | |
| Nominal kuchlanish | | | | | | | | | | |
| Elektromagnitli uzgich | | | | | | | | | | |
| Elektromagnitli yuritmal | | | | | | | | | | |
| Uzgichning nominal uzgich toki: T.K.X. ga o'rnatilgan | | | | | | | | | | |
| Mintaqaviy xususiyati | | | | | | | | | | |
| Joylashish toifasi | | | | | | | | | | |

TQM elektromagnitli uzgich bilan bo'lsa, u quyidagi afzalliklarga ega bo'ladi: portlash va yonish xavflaridan himoyalangan, yoy so'ndirgich kontaktlarning kam yemirilishi, tez-tez uzilib va ulanib turuvchi sharoitlarga mosligi va boshqalar; kamchiliklari: yoy so'ndirgich qurilmasining konstruksiyasi murakkabligi, kuchlanish yuqori chegarasi qiymatining cheklanganligi, tashqi muhitga o'rnatilishining cheklanganligi. TQM ning vakuum uzgich bilan bo'lgan afzallik va kamchiliklari uzgichlarni o'rganilganda qayd etilgandagidan iborat.

Uzgichlarning quvvati 10 kV gacha bo'lganda TQM ning nominal toklari 320, 400, 630, 1000, 1250, 1600, 2000, 3150 va 5000 A, uzish toklari esa 2, 10, 20, 3, 15, 40 63 kA.

10.2. ELEKTROMAGNIT UZGICHLI 6—10 kV LI TAQSIMLOVCHI QURILMA MAJMUASI

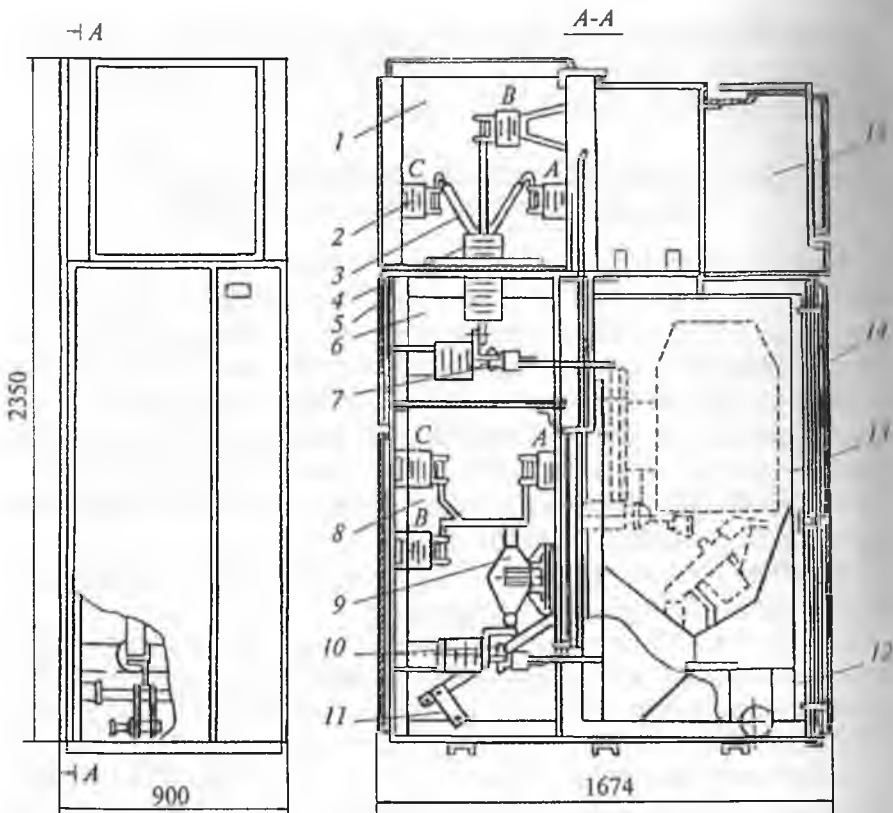
Elektromagnitli uzgichlarning yoy so'ndirgich bilan hamkorlikda ishlovchi variantlarining yaratilishi taqsimlovchi qurilma majmualarining qo'llanish sohaslarini kengaytirib yubordi. Bunga asosiy sabab — elektr dinamik va termik bardoshlilikning QT davrida ortishi, yoy so'ndirgich kontaktlarning nurashga bardoshliligining ortishi, kommutatsiyalovchi apparatlarning tortish va ta'mirlash davrlari oralig'ining uzayishi, yong'in va portlashdan yaxshi muhofazalanganlik va shu kabilar. Shuningdek, bu uzgichlar o'ta kuchlanishlarning katta qiymatga ega emasliklari bilan ham tavsiflanadi.

Bu sanab o'tilgan afzalliklar TQM ning foydalanish uchun zarur bo'lgan mablag'-ehtiyojini kamaytiradi.

K—X va KXXI seriyadagi taqsimlovchi qurilmalar majmui asosan issiqlik va atom elektr stansiyalari bloklarining xususiy ehtiyojlari uchun mo'ljallangan bo'lib (10.1-jadval), ularga ishchi va zaxiraviy TRNDS turidagi, quvvati 63 mVA bo'lgan transformatorida qo'llanadi.

Konstruktiv tuzilishi bo'yicha TQM ning K—X (K—XXI) turlari shkaflarga qarab bo'linadi: tortgich elementli (uzgichlar, kuchlanish transformatori, razryadniklar) va tortgich elementisiz (qo'zg'almas qilib ulangan shinalar o'tuvchilari, seksiyalangan shinalar, kabel o'tkazuvchi shinalar). K—X va K—XXI shkaflari quyidagi asosiy qismlardan tashkil topgan: apparatura korpusi; uzgichli aravacha; rele shkaflari va shina qutisi. Shkaflar korpusi metall to'siqli uchta hujraga bo'lingan: tortuvchi aravacha, yig'ma shinalar, kabel hujrasi (tok transformatori bilan). Shkaflar mexanik bloklangan (yuklama borida ajratkichlarni uzgichsiz ishlatib bo'lmaydi). K—X va K—XXI shkaflari o'rniga K—XXV seriyada takomillashganlari chiqarilmoqda.

TQM ning K—XXV seriyasi. K—X va K—XXI seriyalardagi shkaflarga qaraganda takomillashgan. K—XXV seriyadagi shkaflar (10.1-jadval)da takomillashgan uzgich VEM —6 ishlatilgan; yig'ma shinalar uzgich hujrasidan qovushtirgich asosiy kontaktlari zanjiri o'tuvchi izolator orqali ajratilgan; TQM ni mahalliyashtirish qobiliyatini (yoy paydo bo'lib, korpusga urgan holda) oshirish maqsadida yordamchi kontaktlarga ega tushiruvchi klapanlar ko'zda tutilgan. Ular selektiv bo'lmagan tezkor uzilishda ishlaydi; tortma elementi konstruksiya-



10.1-rasm. Elektromagnitli uzgich BEM—10E li shkaf KRU—2—10E/E:

1 — yig'ma shinalar hujrasi; 2 — tayanch izolatori; 3 — yig'ma shinalar; 4 — o'tuvchi izolator; 5 — olinadigan qopqoq; 6 — asosiy kontakt zanjiri olinuvchi yuqori hujra; 7, 10 — yuqori va pastki asosiy kontaktlar; 8 — liniyali hujra; 9 — tok transformatori; 11 — yerga ulanuvchi ajratkich; 12 — shkaf korpusi; 13 — olinadigan element; 14 — fasad eshigi; 15 — rele shkafi.

sida ish puxtaligini oshirishga qaratilgan o'zgartirishlar ko'zda tutilgan; TK ning shinalari 3200 A nominal tokka mo'ljallangan bo'lib, bu hol uni 63 mVA transformatoridan ta'minlanishga imkon beradi; TQM tur sxemasiga qo'shimchalar kiritilgan bo'lib, natijada elektr iste'moli issiqlik va atom elektr stansiyalarining 800 va 1000 mVA agregatlariga ulanish imkonini yaratadi.

TQK ning K—XXIV seriyasi (10.1-jadval) elektr stansiyaning 300 mVt quvvatli energiya blokiga quvvati 40 va 63 mVA bo'lgan zaxira transformatorini kiritish uchun xizmat qiladi, ishlanishi bo'yicha esa boshqalariga o'xshash, shkafi tortmali va tortmasiz.

ICHKI QURILMALARGA MO'ljALLANGAN 6-10 kV LI TQM NING ASOSIY TEXNIK KO'RSATKICHLARI

| Ko'rsatkichlar nomi | TQM ning texnik ko'rsatkichlari | | | | |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|----------------------------------------------------|
| | K-X; K-XXI | K-XXIV | K-XXV | KRUE-10 E/E- | KE-10/20 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Nominal kuchlanish, kV | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0; 10,0 | 10,0 |
| Eng katta ishechi kuchlanishi, kV | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2; 12,0 | 12,0 |
| TQM shkafi nominal toki, A | 800; 1000; 1500; 2000 | 3200 | 1000; 1600; 2000 | 630; 1000 | 630; 1000; 1600; 2000; 3200 |
| Yig'ma shinalar toki, A | 2000 | — | 2000; 3200 | 1000; 1600; 2000 | 1000; 1600; 2000; 3200 |
| Uzgichli shkaf nominal uzilish toki, kA | 40 | 40 | 40 | 12,5; 20 | 20; 31,5 |
| Elektr dinamik bardoshiik, kA | 128 | 128 | 128 | 51 | 51; 81 |
| Uzgich turi | VEM-6- 2000-40-125 | VEM-6- 3200-40-125 | VEM-6- 2000-40 uz | — | — |
| Yuritma turi | Uyg'unlashgan PE | | | | |
| Tok transformatori | TLM-6, TPSHM-10 | TPSHL-10 | TLM-6, TPSHP-10 | TPL; TPOL | Uyg'unlashgan PEG-2T, PEG-8 TL-10; TLM-10 |
| Kuchlanish transformatori | NTMI-6; NSM-6; ZNOLT-6 | ZNOL-0,9; NOL-0,8 | ZNOL-0,9; NOL-0,8 | — | NOA-0,8; ZNOL-0,6 |

| Ko'rsatkichlar nomi | TQM ning texnik ko'rsatkichlari | | | | | |
|--------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | K-X; K-XXI | K-XXIV | K-XXV | KRUE-10 E/E- | KE-10/20 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Shkaf xizmati | Bir tomonlama | | | | | |
| Kabellar soni va kesim yuzi, mm ² | 4(3×240) | 4(3×240) | 4(3×240) | 4(3×240) | 4(3×240) | 4(3×240) |
| Shkaf o'lchamlari (eni, bo'yi va balandligi), mm | 900×1697×3110** | 1350(900***)×1770(1553**) | 900×1615×3100 | 900×1660×2590 | 750×1850×2585 | |
| Shkaf vazni, kg | 770-1650 | 2140-2810 | 800-1600 | 1281 | 840-1600 | |

* — 2000 A li qurilma shkafi K-XXI;

** — shkaf balandligi 3110 mm (tortma elementidan tashqari);

*** — TQM shkafining eni va bo'yi (tortma elementidan tashqari).

Tortma elementida elektromagnitli uzgich, bloklovchi bo'laklar, yerga ulagichlar ko'zda tutilgan. Bu seriyadagi TQM bir tomonlama xizmat qilishga mo'ljallangan. Unda barcha kerakli bloklashlar bor.

TQM, KRU2—10 e/e seriyasining shkafi uzgich bilan birgalikda alohida elementlardan (10.1-jadval va 10.1-rasm) tashkil topgan bo'lib, KRU—2—10—20 ga o'xshash qurilgan. Uning uchta bloki bor — korpus, tortma elementi va rele shkafi. Shkaf korpusi to'rtta hujradan tashkil topgan, ularda yig'ma shinalar, asosiy kontaktlar qovushtirmasi, harakatlanuvchi va liniya elementlari joylashgan.

Kuchlanish ostida bo'ladigan elementlar tortma tortilganda bloklovchilar tufayli avtomatik ravishda kuchlanish va tokdan «ozod» bo'ladi. Shkafda yerga ulagichlar bor bo'lib, ular ajratkichlar bilan bloklangan.

KRU—10 E/E ning o'ziga xos xususiyatlaridan biri unda elektromagnitli yoy so'ndirgich uzgichning qo'llanilishidir.

TQM ning KE—10 seriyasi umumsanoat qurilmalarida ishlatishga mo'ljallangan. U, ayniqsa, tez-tez kommutatsiya bo'ladigan va kuchlanishi 6, 10 kV bo'lgan qurilmalarda keng tarqalgan. Uning shkafi ma'lum shkaflardan keskin farqlanadi. Farqlanish xususiyatlaridan biri 3150 A gacha bo'lgan barcha toklar uchun shkaflar o'lchamlarining bir xilda ekanligi. Shuningdek, boshqa shkaflardan farqli o'laroq yig'ma shinalar shkafining yuqori qismiga, qovushtirgich shina kontaktlar pastki qismiga, liniyali kontaktlari yuqori qismiga joylashgan.

Boshqa shkaflarda bo'lgani kabi, bu seriyadagi shkaflar ham qo'zg'aluvchi tortmali va tortmasiz qilib ishlanadi.

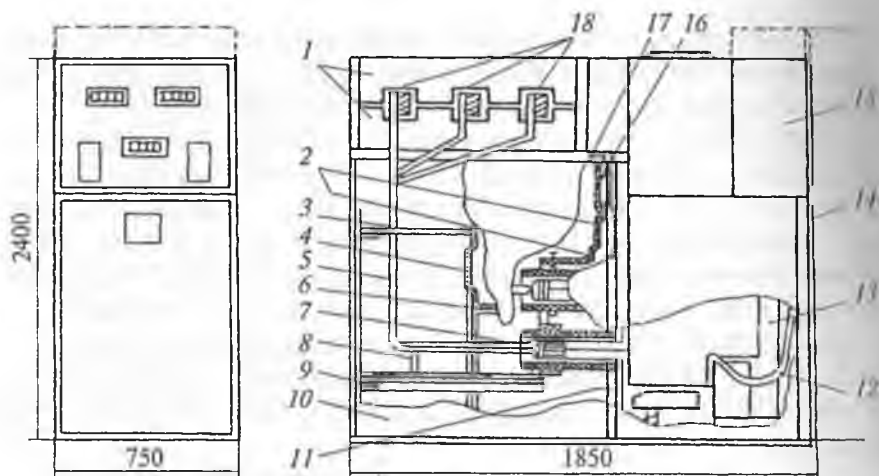
Uzgichning shkafi (10.2-rasm) boshqa shkaflar kabi uchta blokdan iborat — korpus, suriluvchi tortmali element va rele shkafchasi.

Korpus yig'ma holda tuzilgan bo'lib, unda yig'ma shinalar, qo'zg'almas kontaktlar, liniya kontaktlari, shuningdek, kuchlanish transformatori, razryadnik, uzgich, saqlagichlar, blokirovkalar (to'sgichlar), relelar shkafi va boshqalar joylashgan.

K—10 shkafi asosida TQM ning KE—6 seriyasi ishlab chiqilgan bo'lib, AES, GRES, TEQ larda qo'llashga mo'ljallangan. Uning nominal toki 40 kA, elektr dinamik bardoshlilik toki 128 kA ga teng.

10.3. VAKUUM UZGICHLI 6—10 kV LI TAQSIMLOVCHI QURILMA KOMPLEKTI

Vakuum uzgich VNVP—10/320 li taqsimlovchi qurilma komplekti (K—X11/VAK) 1972-yildan boshlab ishlab chiqarila boshlandi. U oldingilardan tortma elementi konstruksiyasi bilan farqlanadi. Ma'lum



10.2-rasm. 3200 A li uzgichli KRU-KE—10 shkafi:

1, 3, 9 — tayanch izolatori; 2, 4, 6, 8, 11, 16, 17 — metall to'siqlar; 5 — ulama - shoxobcha; 7 — maxsus konstruksiyali izolator; 10 — shkaf korpusi; 12 — metall qo'lqop; 13 — suriluvchi element; 14 — fasad eshigi; 15 — rele shkafi; 18 — yig'ma shinalar.

bir sinov va tajribalardan so'ng yangi shkaf — K—101 (10.3-rasm) chiqara boshlandi. Uning uzgichi vakuumli WP—10/1600—20 bo'lib, unda yoy so'ndirgich kameraning KDV—10/1600—20 seriyasi qo'llaniladi.

Hozirgi vaqtda TQM ning yangi K—102 seriyasi ishlab chiqildi. Ular 3 fazali o'zgaruvchan tok elektr energiyasini qabul qilish, taqsimlash uchun xizmat qiladi.

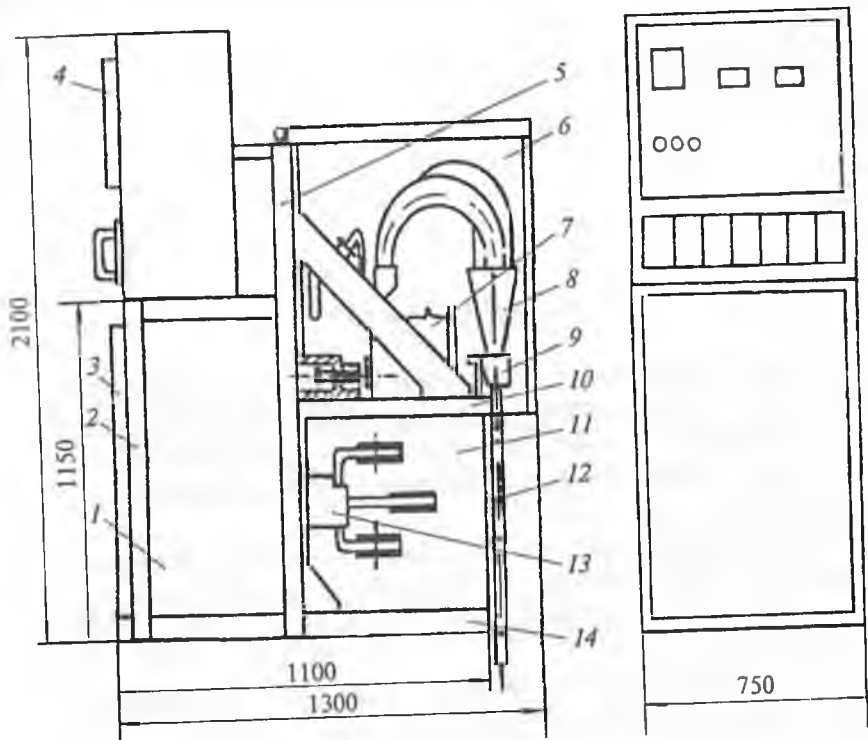
Uning nominal toki 1800 A ga teng bo'lib, 10 kV ga mo'ljallangan. Ayni vaqtda, uning yig'ma shinalarga xizmat ko'rsatishdagi qiyinchiliklari yangi K—104 seriyani yaratishga sababchi bo'ldi.

TQM ning K—104 seriyasi 6 va 10 kV da 630, 1000, 1600 A li yuklamalarda qo'llanadi. Yig'ma shinalarning tokleri 1600, 200, 3150 A ga teng. O'tish toki va 3 soniyali termik bardoshlik toki 20 va 31.5 A, elektr dinamik bardoshlik toki — 51 va 81 kA ga teng.

Ishlab chiqarilish nuqtayi nazaridan olganda, shkaf ikki xil — tortmali elementli va tortmasiz elementli bo'ladi. Elektr jihozning ma'lum qismi tortmaga va boshqa qismi qo'zg'almaydigan qismga joylashgan.

TQM ga BBE—10/1600—20 vakuum uzgich o'rnatilgan, uzgich elektromagnit yuritmaga ega.

Ko'rilgan seriyadagi TQM tez-tez kommutatsiya bo'ladigan hollarga mo'ljallangan. U asosan metallurgiya, ko'mir, kimyo, gaz, neft sanoatlarida keng qo'llaniladi.



10.3-rasm. VVT-10/1600-20 turidagi vakuum uzgichli
K-101 seriyadagi KRU shkafi:

1 — suriluvchi element hujrasi; 2 — oldingi rama; 3 — fasad eshigi; 4 — rele shkafi;
5 — asosiy rama; 6 — liniya hujrasi; 7 — tok transformatori; 8 — kabel ishlovchi
qurilma; 9 — yerga ulanishdan himoyalovchi transformator; 10 — gorizontall rama;
11 — yig'ma shinalar hujrasi; 12 — olinuvchi qopqoq; 13 — qo'zg'almas asosiy
kontaktli o'tuvehi izolator; 14 — asos ramasi.

ADABIYOTLAR

1. *М. М. Соколов, Д. Н. Липойнов.* Электропривод и электроснабжение промышленных предприятий. М.: «Энергия», 1965.
2. Правила устройства электроустановок. М.: 1976.
3. *В. И. Идельчик.* Электрические сети и системы. М.: «Высшая школа», 1978.
4. *Б. А. Князевский, Б. Ю. Линкис.* Электроснабжение промышленных предприятий. М.: «Высшая школа», 1979, 431 с.
5. *М. М. Кацман.* Электрические машины. М.: «Высшая школа», 2000.
6. *С. Н. Павлович, Б. И. Фираго.* Ремонт и обслуживание электрооборудования. М.: «Высшая школа», 2001.
7. *Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин.* Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. М.: «Высшая школа», 2001.
8. *U. Ibragimov.* Elektr mashinalari. T.: «O'qituvchi», 2001.
9. *S. Majidov.* Elektr mashinalari va elektr yuritmalar. T.: «O'qituvchi», 2002.
10. *J. S. Salimov, I. B. Pirmatov.* Elektr mashinalari. T.: «O'qituvchi», 2005.
11. *A. A. Qodirov, N. M. Usmonxo'jayev, B. N. Yoqubov.* To'qimachilik mashinalarining boshqarish tizimlari. T.: 2005, 180-bet.
12. *N. M. Usmonxo'jayev, B. N. Yoqubov.* Asinxron motorlariga texnik xizmat ko'rsatish. T.: 2006, 100-bet.
13. *N. M. Usmonxo'jayev, B. N. Yoqubov, A. A. Qodirov, G'. T. So-g'atov.* Elektr ta'minoti. T.: 2006, 427-bet.

MUNDARIJA

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| SO'ZBOSHI | 3 |
| 1-BOB. ELEKTR QURILMALARI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR | |
| 1.1. Elektr tizimi va tarmoqlari tuzilishi | 5 |
| 1.2. Elektr qurilmalarining tok tizimlari va nominal kuchlanishlari ... | 8 |
| 1.3. Elektr energiya sifati va elektr ta'minoti puxtaligiga talablar | 9 |
| 1.4. Elektr iste'molchilari va elektr tarmoqlarining ish rejimlari | 11 |
| 1.5. Elektr qurilmalari yuklama grafiklari | 14 |
| 2-BOB. ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARIDA QISQA TUTASHISH | |
| 2.1. Tutashish va qisqa tutashish turlari. Jarayonning umumiy tavsifi | 17 |
| 2.2. Uch fazali qisqa tutashishdagi o'tkinchi jarayonlar. Asosiy hisobiy qiymatlari | 23 |
| 2.3. Kuchlanishi 1 kV gacha bo'lgan qurilmalarda QT tokini hisoblash | 35 |
| 2.4. Qisqa tutashish tokining elektr-dinamik ta'siri | 38 |
| 2.5. Qisqa tutashish tokining termik ta'siri | 46 |
| 3-BOB. ELEKTR KONTAKT (TUTASHISH)LARI | |
| 3.1. Kontakt yuzasi | 50 |
| 3.2. Kontaktlardan qisqa tutashish toki o'tgandagi xususiyatlar | 54 |
| 3.3. Qattiq metalli kontaktlarning asosiy konstruksiyalari | 56 |
| 3.4. Elektr kontaktlari materiallari | 60 |
| 4-BOB. ELEKTR ZANJIRLARI KOMMUTATSION JARAYONLARI | |
| 4.1. Elektr zanjirlari kommutatsiyasining asosiy qonunlari | 64 |
| 4.2. O'zgaruvchan tokdagi yoini so'ndirish | 68 |
| 4.3. Elektr yoyining xususiyatlari va umumiy tavsiflari | 72 |
| 5-BOB. YUQORI KUCHLANISHLI O'ZGARUVCHAN TOK UZGICHLARI | |
| 5.1. Uzgichning vazifasi, asosiy parametrlari va tasnifi | 78 |
| 5.2. Elektromagnitli uzgichlar | 84 |
| 5.3. Vakuumli uzgichlar | 104 |
| 5.4. Uzgichlarni tanlash | 124 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6-BOB. O'ZGARMAS TOKLI ELEKTROMAGNITLI TEZKOR UZGICHLAR | |
| 6.1. Vazifasi, asosiy parametrlari, tasnifi va ularga qo'yiladigan talablar | 178 |
| 6.2. VAB—28 turidagi uzgich | 179 |
| 6.3. VAB—42 va VAT—42 turidagi uzgichlar | 179 |
| 7-BOB. YUQORI KUCLANISHLI AJRATKICHLAR VA YURITMALAR | |
| 7.1. Yuqori kuchlanishli ajratkichlar | 146 |
| 8-BOB. SAQLAGICHLAR VA ELEKTR QURILMALARINING TOK O'TKAZUVCHI QISMLARI | |
| 8.1. Yuqori kuchlanishli saqlagichlar | 157 |
| 8.2. Tezkor eruvchi saqlagichlar | 168 |
| 8.3. Izolatorlar | 179 |
| 9-BOB. NIMSTANSIYALAR O'ZGARTGICHLARI | |
| 9.1. Kuch transformatorlari | 185 |
| 9.2. Yuqori kuchlanishli tok o'lchovchi transformatorlar | 210 |
| 9.3. Yuqori kuchlanishli o'zgartgichlar | 217 |
| 10-BOB. YUQORI KUCLANISHLI TAQSIMLAGICH QURILMALARI MAJMU'I | |
| 10.1. Asosiy ta'riflar, atamalar, elektr texnik qurilmalar tasnifi va ularga qo'yiladigan talablar | 226 |
| 10.2. Elektromagnit uzgichli 6—10 kV li taqsimlovchi qurilma majmuasi | 229 |
| 10.3. Vakuum uzgichli 6—10 kV li taqsimlovchi qurilma komplekti | 233 |
| ADABIYOTLAR | 236 |

N. M. USMONXO‘JAYEV, B. N. YOQUBOV

ELEKTR TA‘MINOTI USKUNALARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

Toshkent — «Turon-Iqbol» — 2007

Muharrir *M. Sa'dullayev*
Rassom *J. Gurova*
Tex. muharrir *T. Smirnova*
Musahhih *S. Abdunabiyeva, H. Zokirova*
Kompyuterda tayyorlovchi *K. Goldobina*

Bosishga ruxsat etildi 09.08.07. Bichimi 60×90¹/₁₆. Tayms garniturası.
Shartli b. t. 15,0, Nashr t. 17,28, Adadi 1 000. Buyurtma № 198.

«Amaprint» MCHJ bosmaxonasida sahifalanib, chop etildi.
100182, Toshkent, H. Boyqaro ko'chasi, 41.