

## TRANSFORMATOR SOVUTISH TIZIMINING UMUMIY KLASSIFIKATSIYASI VA SOVUTISH TURLARI

*Ilmiy raxbar: Egamov Dilmurod*

*“Muqobil energiya manbalari” kafedrasida assistenti*

*Tuzuvchi: Turg`untoshev Husanboy*

*“Energiya tejamkorligi va energiya audit”*

*yo`nalishi 4-bosqich talabasi*

*Andijon davlat texnika instituti*

*TEL: +998907587747*

**Abstract:** This article examines transformer cooling systems and their importance in ensuring the reliable operation of transformers. The causes of heat generation in transformers, as well as the cooling methods used in dry-type and oil-immersed transformers, are analyzed. The operating principles and application areas of M, D, MS, and S cooling systems are described. In addition, the impact of cooling systems on transformer service life, energy efficiency, and operational reliability is evaluated. The results show that the use of effective cooling systems is an important factor in ensuring the stable and safe operation of power supply systems.

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены системы охлаждения трансформаторов и их значение для обеспечения надежной работы оборудования. Проанализированы причины возникновения тепла в трансформаторах, а также методы охлаждения, применяемые в сухих и масляных трансформаторах. Описаны принципы работы и области применения систем охлаждения типов M, D, MS и S. Кроме того, оценено влияние систем охлаждения на срок службы, энергетическую эффективность и эксплуатационную надежность трансформаторов. Результаты исследования показывают, что применение эффективных систем охлаждения является важным фактором обеспечения стабильной и безопасной работы систем электроснабжения.

**Anotatsiya:** Ushbu maqolada transformatorlarning sovitish tizimlari va ularning transformatorlarning ishonchli ishlashini ta'minlashdagi ahamiyati ko'rib chiqilgan. Transformatorlarda issiqlik hosil bo'lish sabablari hamda quruq va moyli transformatorlarda qo'llaniladigan sovitish usullari tahlil qilingan. M, D, MS va S turdagi sovitish tizimlarining ishlash prinsiplari va qo'llanish sohalari yoritilgan. Shuningdek, sovitish tizimlarining transformatorlarning xizmat muddati, energetik samaradorligi va ekspluatatsion ishonchliligiga ta'siri baholangan. Tadqiqot natijalari transformatorlarda samarali sovitish tizimlarini qo'llash elektr ta'minoti tizimlarining barqaror va xavfsiz ishlashini ta'minlashda muhim omil ekanligini ko'rsatadi.

**Kalit soʻzlar:** transformator, sovitish tizimi, moyli transformator, quruq transformator, radiator, issiqlik almashinuvi, chulgʻam, izolyatsion moy, energiya yoʻqotishlari, issiqlik rejimi.

Transformatorlarning samarali ishlashi uchun ularni sovitish muhim ahamiyatga ega. Sovitish tizimi transformator ichida yuzaga keladigan issiqlikni tashqariga chiqaradi va transformator elementlarining qizib ketishining oldini oladi. Transformatorlarda issiqlik hosil boʻlishining asosiy manbalari bular:

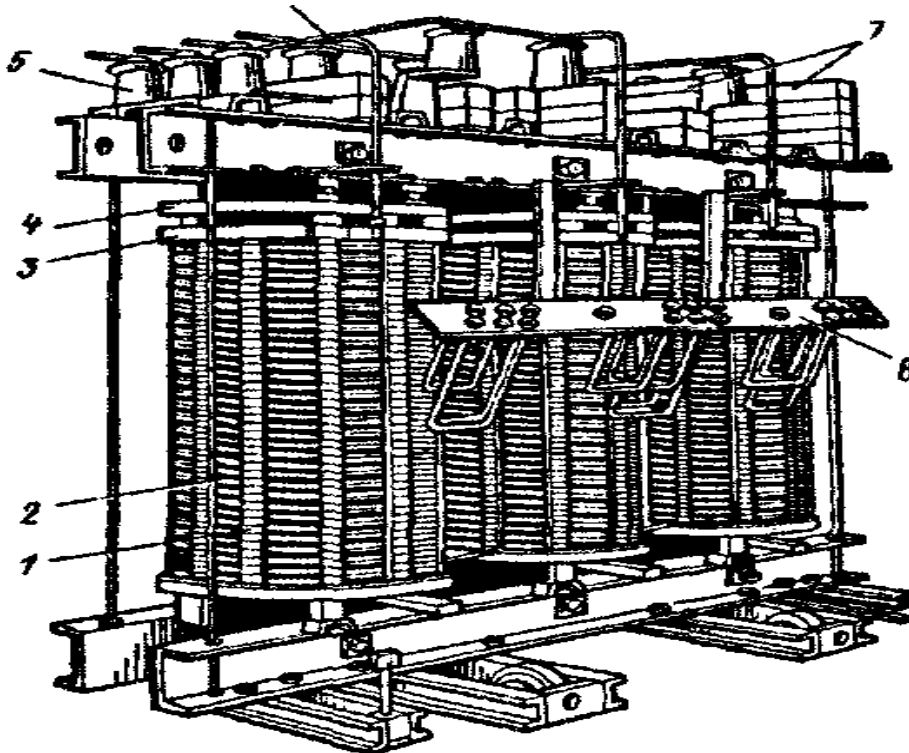
**Chulgʻamlardagi yoʻqotishlar**, yani elektr tokining oʻtkazgichlar orqali oʻtishi natijasida hosil boʻladigan issiqlik (Joul-Lens qonuni boʻyicha).

$$Q = RI^2t$$

Chulgʻamlar transformatomining muhim tarkibiy qismi boʻlib, ular elektr energiyani oʻzgartirish uchun zarur bolgan magnit maydonni vujudga keltirishni hamda transformatomi amalda ishlatish uchun muhim boʻlgan EYK lar hosil qilishni taʼminlaydi. Transformator chulgʻamlarining uchlari bak qopqogʻida oʻmatilgan maxsus chinni izolyatorlar ichidan oʻtgan kesim yuzasi nisbatan katta boʻlgan oʻtkazgichlarga ulanib tashqariga chiqariladi.

Kuch transformatorlarini yetarli darajada sovitish maqsadida har xil konstruksiyadagi sovitish sistemalari ishlatiladi, yaʼni bakning yon sirtiga radiatorlarni oʻrnatib, sovitish yuzasi sunʼiy ravishda oshiriladi, agar bunda ham sovitish yetarli darajada boʻlmasa (katta quvvatli kuch transformatorlarida), alohida oʻrnatiladigan sovitish qurilmalaridan foydalaniladi. Transformatorning sovitish yuzasini oshirish uchun osma radiatorlar keng qoʻllaniladi. Sovitishning M turi quvvati 25–6300 kV\*A boʻlgan transformatorlarda qoʻllaniladi. Quvvati 10000–80000 kV\*A boʻlgan kuch transformatorlari bakining silliq yuzasi zarur miqdordagi radiatorlarni joylashtirish uchun yetarli boʻlmagani uchun, sovitishni tezlashtirish maqsadida, havo ventilator vositasida haydalib, jarayon tezlashtiriladi (sovitishning D turi). Bunda issiqlikni tashqariga uzatish sovitishning M turiga nisbatan 50—60 foiz oshadi. MS va NMS sistemasi bilan sovitiladigan transformatorlarning har bitta radiatorida moyning majburiy sirkulatsiyasini hosil qilish uchun elektr nasos oʻrnatiladi. Sovitish turlarining shartli belgilanishi: Quruq transformatorlarda sovitishning Q (quruq, himoyalangan); QH (himoyalangan); QZ (qobigʻi zichlangan); QMH (havo majburiy haydaladigan) turlari qoʻllaniladi. Moyli kuch transformatorlarida sovitishning M (moyning harakati tabiiy); D (moyning harakati tabiiy, lekin sovitilishi kuchaytirilgan); MHT (moyning harakati tezlashtirilgan, havoning harakati esa tabiiy); MHSM (moy va havoning sirkulatsiyasi majburiy); MST (moyning sirkulatsiyasi tabiiy, suvni esa majburiy); S (moy va sovitgichdagi suvning sirkulatsiyasi majburiy) turlari ishlatiladi.[54] Moy bilan sovitiladigan («moyli») va havo bilan tabiiy ravishda sovitiladigan («quruq») transformatorlarning chulgʻamlari A (105°C) qizishga

chidamlilik sinfidagi kabel qog'ozini tasmasi bilan izolyatsiyalangan PB markali mis va APB markali alyuminiy o'rov simlaridan hamda mis va alyuminiy tasmasidan yoki o'lchami chulg'am balandligiga teng bo'lgan folgadan tayyorlanadi. Quruq transformatorlarda (1-rasm) «V» va «F» sinflariga kiruvchi izolyatsiyali o'rov simlarini ham keng qo'llaydilar. Chulg'amlarning yo'l qo'yiladigan (me'yoriy) temperaturasi transformator moyining temperaturasi ( $105^{\circ}\text{C}$ ) bilan, ya'ni «A» sinfidagi izolyatsiya bilan belgilanganligi sababli, bundan katta temperaturaga moljallab tayyorlangan izolyatsion material moyli transformatorlarda qo'llanilmaydi.

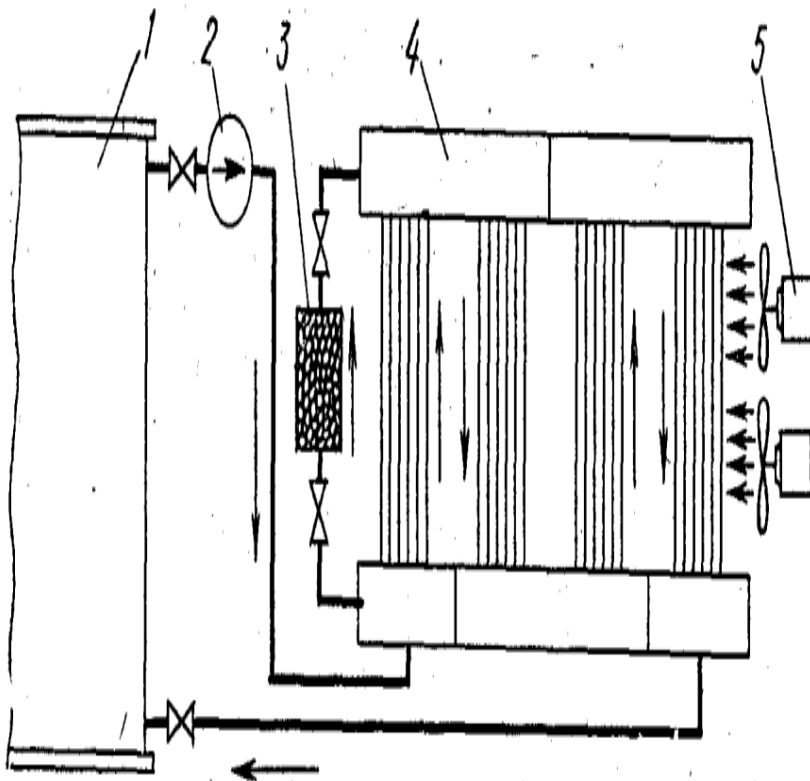


**1-rasm.** Quvvati 320 kVA bo'lgan quruq kuch transformatorining qoplamasiz ko'rinishi.

1 — vertikal tortish shpilkasi; 2 — yuqori kuchlanishli chulg'am; 3 — chulg'amlarni presslash uchun chinni taglik; 4 — presslovchi po'lat halqa; 5 — YK ulagichlarning tayanch izolatorlari; 6 — YK ulagichlar; 7 — PK ulagichlarni mahkamlash uchun chinni taglik; 8 — YK klemma (qisqich)lar taxtasi.

Har bir sovitish tizimining o'ziga xos afzalliklari va qo'llanish sohalari mavjud. To'g'ri sovitish tizimini tanlash transformatorning xizmat muddatini uzaytiradi va energiya yo'qotishlarni kamaytiradi. "Quruq" transformator chulg'ami haroratining sovituvchi muhit haroratidan yo'l qo'yiladigan oshish chegarasi izolyatsiyaning qizishga chidamliligi sinfiga bog'liq va standartlarga muvofiq A sinfi uchun  $60^{\circ}\text{C}$ ; E sinfi uchun  $75^{\circ}\text{C}$ ; B sinfi uchun  $80^{\circ}\text{C}$ ; C sinfi uchun  $100^{\circ}\text{C}$ ; N sinfi uchun  $125^{\circ}\text{C}$  dan ko'p bo'lmasligi kerak. Sovitishning bu tizimi kam samarali bo'lganligi sababli kuchlanishi 15 kV gacha, quvvati 1600 kVA gacha bo'lgan transformatorlar uchun

qo'llaniladi. Moy bilan tabiiy sovitish (M) 16000 kVA va undan kam quvvatli transformatorlar uchun qo'llaniladi. Bunday transformatorlarda chulg'am va magnit o'tkazgichda ajralgan issiqlik ular atrofidagi moyga beriladi, bu moy bak va radiator quvirlarida aylanib, uning atrofidagi havoga beradi. Transformator yuklamasi nominal bo'lganda moyning harorati yuqori eng qizigan qatlamlarida  $\pm 95^{\circ}\text{C}$  dan oshmasligi kerak. Moyni puflash va tabiiy sirkulyatsiyalash yo'li bilan sovitish (D) quvvati katta transformatorlarga tadbiiq qilinadi. Bu holda radiator quvirlaridan tashkil topgan osma sovitgichlarga ventilyator o'rnatiladi. Ventilyator pastdan havoni so'radi va trubalarning yuqorigi qizigan qismiga haydaydi. Ventilyatorlarning ishga tushishi va to'xtashi transformatorning yuklamasi va moyning qizish haroratiga qarab, avtomatik amalga oshirilishi mumkin. Moyni puflash va moyni havo sovitgichlar orqali majburiy aylanish yo'li bilan sovitish (MS) quvvati 63000 kVA va undan katta bo'lgan transformatorlar uchun qo'llaniladi. Sovitgichlar tashqarisiga ventilyator havo haydaydigan qirrali yupqa trubalar tizimidan iborat. Moy trubasi ichiga joylashtirilgan elektr nasoslari moyning sovitgichlari orqalidoimiy majburan aylanishini hosil qiladi.



**2-rasm.** MS tizimi sovitgichning prinsipial sxemasi: 1–transformator baki; 2-elektr nasosi; 3- adsorb filtr; 4-sovitkich; 5-puflash ventilyatori.

Moy yuqori tezlikda aylanishi, sovitish yuzalari kattalashgani va samarali puflash hisobiga sovitgichlar issiqlikni ko'p uzatadi va ixcham xisoblanadi. Sovitishning bunday tabiiy tizimini joriy etish transformatorlarning o'lchamlarini ancha ixchamlashtirish imkoniyatini beradi. Sovitgichlar transformatorlar bilan bir poydevorga yoki transformatorning baki yonidagi alohida poydevorga o'rnatilishi

mumkin. Moy majburan sirkulyasiyalanadigan moy-suvli sovitish (S) prinsipial jihatdan MS tizimiga o'xshash tuzilgan faqat uning farqi, undagi sovitgichlar trubalardan iborat bo'lib ular ichida suv aylanadi, trubalar orasida esa moy bo'ladi.

Transformatorning moy tizimiga suv tushishiga yo'l qo'ymaslik uchun moy sovitgichlardagi moy bosimi ularda aylanuvchi suv bosimidan kamida 0,02 MPa (2 N/sm<sup>2</sup>) ga ortiq bo'lishi kerak. Bu sovitish tizimi samarali, lekin konstruksiyasi jihatidan ancha murakkab hisoblanib, gidrostansiya va yopiq xonalarga o'rnatiladigan (100 MVA va undan yuqori) quvvatli transformatorlarda ishlatiladi. MS va S sovitish tizimli transformatorlarda moyning majburan sirkulyatsiyalash qurilmasi transformator ishga tushishi bilan bir vaqtda avtomatik ulanishi va transformatorning yuklanishidan qat'iy nazar doimiy ishlashi kerak. Shu bilan birga, ishga tushiriladigan sovitgichlar soni transformatorning yuklanishiga qarab aniqlanadi. Bunday transformatorlar moyning va sovituvchi suvning sirkulyatsiyalanishini to'xtatish, ventilyatorni to'xtatish kerakligi haqidagi signalizatsiyaga ega bo'lishi lozim.

Transformatorlar zamonaviy elektr infratuzilmasi uchun zarur bo'lib, energiyani uzatish va taqsimlash talablarini qondirish uchun turli quvvat darajalaridagi kuchlanishlarni samarali konvertatsiya qilishga yordam beradi. Yog'li transformatorlar o'zlarining keng qo'llanilishi va ularning izolyatsiyasi va issiqlik tarqalish xususiyatlariga bog'liq bo'lgan afzalliklari bilan ajralib turadi. Transformatorlardagi izolyatsion moy juda muhim element bo'lib, o'rash va yadroni elektr nosozliklaridan himoya qiladi, shuningdek, ish paytida hosil bo'lgan issiqlikning tarqalishiga yordam beradi. Ushbu protsedura uskunaning ishonchliligini ta'minlash va nosozliklar yoki izolyatsiyaning erta buzilishi xavfini kamaytirish uchun zarurdir. Tank va radiatorlar orasidagi yog' oqimi, havo konvektsiyasi bilan tashqi qanotlarni sovutadi, issiqlikni samarali boshqarish uchun muhim bo'lgan doimiy sovutish davrini tashkil qiladi. Shunga qaramay, moyli transformatorlarda issiqlik regulyatsiyasi katta muammoni ta'minlashda davom etmoqda. Yuqori haroratlar izolyatsion materiallarning yaxlitligini buzishi mumkin, bu esa uzoq umr ko'rishni qisqartirishi va halokatli nosozliklar xavfini oshirishi mumkin. Sovutish tizimining samaradorligi transformatorning haddan tashqari issiqliksiz ko'tarilgan yuk ostida ishlash qobiliyatiga bevosita ta'sir qiladi. So'nggi yillarda yog'li quvvat transformatorlarini issiqlik bilan boshqarishda, ayniqsa radiator tizimlarini optimallashtirishda sezilarli yutuqlarga erishildi. Shunga qaramay, hech qanday miqdoriy baholash moy-tabiiy havo-tabiiy (ONAN), moy-tabiiy havo-majburiy (ONAF), moyga yo'naltirilgan havo-havo (ODAF) va moy-majburiy havo (OFAP) kabi asosiy sovutish strategiyalaridan foydalangan holda transformatorlarning issiqlik ko'rsatkichlarini baholashni to'liq birlashtirmaydi. Bundan tashqari, tabiiy va majburiy shamollatish orqali radiator sxemalari va sovutish tizimlarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlar hali ham kam.

**Xulosa:** Transformatorlarning normal va uzoq muddatli ishlashi ko'p jihatdan ularning sovitish tizimlarining samaradorligiga bog'liq. Ish jarayonida chulg'amlar va magnit o'tkazgichda hosil bo'ladigan issiqlik o'z vaqtida tashqariga chiqarilmasa, izolyatsiya materiallarining eskirishi tezlashadi va transformatorning xizmat muddati qisqaradi. Shu sababli transformator quvvatiga, ish rejimiga va o'rnatilish sharoitiga mos sovitish tizimini tanlash muhim hisoblanadi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, kichik va o'rta quvvatli transformatorlarda tabiiy sovitish tizimlari yetarli samaradorlikka ega bo'lsa, katta quvvatli transformatorlarda majburiy havo yoki moy sirkulyatsiyasiga asoslangan sovitish tizimlarini qo'llash zarur bo'ladi. Ayniqsa, MS va S turdagi sovitish tizimlari yuqori quvvatli transformatorlarning issiqlik rejimini barqaror saqlashda katta ahamiyatga ega. Natijada, sovitish tizimlarini takomillashtirish transformatorlarning ishonchligi, energetik samaradorligi va ekspluatatsion xizmat muddatini oshirishga xizmat qiladi. Zamonaviy radiatorlar, majburiy ventilyatsiya va moy aylanish tizimlaridan foydalanish elektr energetika tizimlarining uzluksiz va xavfsiz ishlashini ta'minlashning muhim omillaridan biridir.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. D.D Alijonov, D.A Egamov, O.B. Parpiyev "Nazariy elektrotexnika" o'quv qo'llanma. Andijon; 2022.
2. Mirziyoyev, Sh. M. (2021). "Biz birgalikda erkin va obod, demokratik O'zbekiston davlatini quramiz". Toshkent: O'zbekiston.
3. Mirziyoyev, Sh. M. (2024). – Zamonaviy iqtisodiy siyosat va xalqaro hamkorlikni rivojlantirish bo'yicha tashabbuslarimiz. Toshkent: O'zbekiston.
4. "Elektr tizimlarida energiya tejash", "Yangi asr avlodi", 2020, 128–136-betlar.
5. "Elektr uzatish liniyalarida yo'qotishlarni kamaytirish", "Texnoprint", 2019, 143–150-betlar.
6. "Elektrotexnikada issiqlik jarayonlari", "Barkamol avlod", 2022, 33–40-betlar.
7. "Elektrotexnikada sovitish jarayonlari", "O'qituvchi", 2021, 71–78-betlar.
8. "Energiya samaradorligini oshirish texnologiyalari", "Fan va taraqqiyot", 2023, 88–96-betlar.
9. "Energiya tejamkor transformatorlar", "Yangi texnologiyalar", 2020, 101–110-betlar.