

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

## O'RTA KUCHLANISHLI TARMOQLAR UCHUN KENG MAYDON MONITORINGI, HIMOYA QILISH, AVTOMATLASHTIRISH VA BOSHQARISH TIZIMLARI

**Mamatqulov T.Ch**

TIQXMMI MTU BTRBI doktoranti;

**Tag'iyev H.H**

UZBEKGIDROENERGIYA AJ, "Gidromaxsusqurilish" AJ Uchastka boshlig'i

**Abstrakt.** Tarqatishda o'rta kuchlanish tarmoqlari tarmoqlangan tuzilishga, ko'plab quvvat markazlariga, uzun kabel va havo liniyalariga ega. Bu ularni avtomatlashtirish jarayonini murakkablashtiradi, chunki yangi uskunalarda uchun katta kapital xarajatlar talab etiladi. Zamonaviy texnologiyalarga asoslangan yangi yechimlar bu jarayonni tezlashtirish va samaraliroq qilish imkonini beradi. O'rta kuchlanish tarmoqlarini avtomatlashtirish uchun sinxronlashtirilgan fazalarni o'lchash texnologiyasidan foydalanishni taklif qilinadi. Ushbu maqolada WAMPAC tamoyillarini bunday tarmoqlarda amalga oshirish imkoniyatlarini tavsiflovchi yondashuvlar ko'rib chiqiladi, ushbu tamoyillar qo'llaniladigan bir nechta misollar keltirilgan.

### KIRISH

Tarqalgan ishlab chiqarish va chiziqli bo'lmagan tarmoq elementlari ulushining bosqichma-bosqich o'sishi energiya tizimlarining ishonchliligi va barqarorligini pasaytiradi va favqulodda vaziyatlar, iste'molchining yopilishi xavfini oshiradi.

Bir vaqtning o'zida, birinchi qarashda, ba'zi bir ahamiyatsiz hodisalar ko'pincha katta baxtsiz hodisalarga olib keladi, bu esa o'rta kuchlanish tarqatish tarmog'ida sodir bo'lishi mumkin. Tarmoqning zarur ishonchliligi va barqarorligini ta'minlash

uchun himoya, avtomatlashtirish, monitoring va boshqaruv tizimlari infratuzilmasini sezilarli darajada yaxshilash talab etiladi. O'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirish ikki darajani o'z ichiga oladi: birinchi (mahalliy), 6-10 kV transformator podstansiyalarini avtomatlashtirish bilan bog'liq. Ikkinchi daraja

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

(mintaqaviy) taqsimlash tarmog'ining energiya markazlarini avtomatlashtirishni o'z ichiga oladi.

Bugungi kunda kompaniyalar elektr tarmoqlari kompleksidagi asosiy vazifalaridan biri elektr tarmog'ining kuzatuvchanligini oshirish, tarmoq aktivlarini boshqarish samaradorligini oshirish, texnologik jihozlarning texnik holati, diagnostikasi va monitoringining zamonaviy tizimlarini joriy etishdir. Shu munosabat bilan, tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirish bo'yicha samarali va keng qamrovli yechimlarni izlash katta qiziqish uyg'otadi, deb aytish mumkin. Bunday yechimlar ko'p funktsiyali qurilmalar, ularning sinxronlashtirilgan faza o'lchovlari (SPM) texnologiyasini va zamonaviy texnologiyalardan foydalanishni o'z ichiga oladi.

Energiya tizimlarining ishonchliligini oshirish uchun SPM texnologiyasidan foydalanishning afzalligi keng hududiy monitoring, himoya, avtomatlashtirish va boshqarish tizimlarini (WAMPACS) amalga oshirish qobiliyatidir. Ushbu maqola o'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlariga, shu jumladan ularning quvvat markazlarini avtomatlashtirishga nisbatan WAMPACS g'oyalarini targ'ib qilishni muhokama qiladi.

## **Taklif etilayotgan yondashuv**

Hozirgi vaqtda jahon energetika sanoatida sinxronlashtirilgan fazor o'lchovlarini qo'llash bilan birgalikda WAMPACSGa katta e'tibor berilmoqda. Ilmiy adabiyotlarda SPM texnologiyasidan himoya qilish, avtomatlashtirish, nazorat qilish va boshqarish vositalarini amalga oshirish uchun foydalanish bo'yicha umumiy yondashuvlar va kontseptual yechimlar allaqachon shakllangan. Biroq, WAMPACS tamoyillarini o'rta kuchlanish tarmoqlarida qo'llash bilan bog'liq savollar qolmoqda.

Yaqin vaqtgacha WAMPACS, shu jumladan SPM texnologiyasini qo'llash yuqori voltli tarmoqlar uchun muhim deb hisoblar edi, chunki bir necha yil oldin ushbu texnologiyalarga asoslangan yechimlarning narxi juda yuqori edi. Biroq, yaqinda

ushbu texnologiyalarning rivojlanishi ularning narxini sezilarli darajada kamaytirish va shu bilan birga ularni qo'llash doirasini kengaytirish imkonini berdi. Bundan tashqari, uyali aloqa texnologiyalari kabi texnologiyalarining rivojlanishi WAMPACS va SPM texnologiyasini nafaqat nazariy loyihalar uchun, balki amaliy amalga oshirish uchun ham qo'llashni ko'rib chiqishga imkon beradi. Hozirgi vaqtda eng keng tarqalgan SPM qurilmalari (PMU) IEEE C37.118 standartiga muvofiq

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

ishlab chiqilgan. Biroq, SPMni qo'llab-quvvatlovchi boshqa turdagi qurilmalarni ishlab chiqish ham o'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlariga, shu jumladan ularning quvvat markazlarini avtomatlashtirishga nisbatan amaliy qiziqish uyg'otadi. Avtomatlashtirilgan tizimlarni yaratishning asosiy vazifasi arzon, zamonaviy, yuqori texnologiyali va ko'p funktsiyali qurilmalarni joriy etishni o'z ichiga oladi.

Tarmoqning zarur ishonchliligi va barqarorligini ta'minlash uchun himoya, avtomatlashtirish, monitoring va boshqaruv tizimlari infratuzilmasini sezilarli darajada yaxshilash talab etiladi. Qo'llashning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri tarqatish tarmoqlari uchun WAMPACS va SPM texnologiyasi asosida FLISR (xato joylashuv, izolyatsiya va xizmatni tiklash) tizimi.

Avtomatlashtirishning vazifalari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- nimstansiyalarda, taqsimlash punktlarida va transformator podstansiyalarida tok o'lchash datchiklari va qisqa tutashuv tok ko'rsatkichlarini o'rnatish (ma'lumotlarni yig'ish darajasi);

- nosozliklarni lokalizatsiya qilish tizimi, energiya monitoringi, o'chirgichlar/ajratgichlarni masofadan boshqarish, telemexanika tizimlari (ma'lumotlarni uzatish va qayta ishlash darajasi) funktsiyalarini ta'minlaydigan qurilmalarni o'rnatish;

- dispetcherlik nazorati darajasini amalga oshirish (ixtisoslashtirilgan dasturiy ta'minotga ega serverlar, axborotni yig'ish, vizuallashtirish va uzoq muddatli saqlash, masofadan boshqarish buyruqlarini shakllantirish). Taqdim etilgan tizimning o'ziga xos xususiyati (2-rasm) sinxronlashtirilgan faza o'lchovlarini qo'llab-quvvatlaydigan

maxsus nosozliklarni lokalizatsiya qilish qurilmalaridan (ENLZ) foydalanishdir. Bu tarmoq monitoringi va nazorati bo'yicha WAMPACS tamoyillarini amalga oshirish imkonini beradi [12].

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, barcha iste'molchi uzilishlarining qariyb 80 foizi o'rta kuchlanish tarmog'ining ishlashidagi uzilish bilan bog'liq. Havo liniyalarini avtomatlashtirish o'ziga xos xususiyatlarga ega, chunki havo liniyalari liniyalarning sezilarli uzunligi va avtomatlashtirishning minimal darajasi bilan tavsiflanadi.

Shu sababli, tarmoqni avtomatlashtirishning past darajasini hisobga olgan holda, FLISR tizimini joriy etish samarali va arzon yechimlardan foydalanishni talab qiladigan dolzarb vazifadir. 1-rasmda havo liniyalarini avtomatlashtirish

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

variantlaridan biri ko'rsatilgan - havo liniyasining quvvat markazidan ierarxiya tartibida liniyaning tarmoqlanish nuqtalarida (tayanchlarda) yangi uskunalarni o'rnatish. O'rnatilishi kerak bo'lgan uskunaga qayta yopish moslamalari, chiziq holati ko'rsatkichlari va ma'lumotlarni yig'ish moslamalari kiradi. FLISR tizimini yaratish uchun SPM texnologiyasidan foydalanish qisqa tutashuvlar va tuproqdagi nosozliklar paytida nosozliklarni lokalizatsiya qilishning yangi tamoyillarini va yanada rivojlangan energiya monitoringini amalga oshirish imkoniyatini beradi. Hozirgi vaqtda butun dunyo bo'ylab turli kompaniyalar ular o'ziga xos xususiyatlarga ega FLISR tizimlarini ishlab chiqmoqdalar. 2-rasmda Energoservis muhandislik markazi uskunasiidan foydalangan holda FLISR tizimini joriy qilish misoli ko'rsatilgan. Elektr ta'minoti markazlarini avtomatlashtirish uchun SPM texnologiyasi muhim afzalliklarni taqdim etadi:

- mutlaq selektivlik bilan differentsial printsip asosida qurilgan shinalar va quvvat transformatorlari uchun taqsimlangan himoya tizimlari; 6–10 kV tarmoqlarning FLISR tizimi tarmoqning avariya qismlarini aniqlash va tiklash uchun samarali tuzilma hisoblanadi. FLISR oddiy va avariya dan keyingi rejimlarda, shuningdek, bir

fazali tuproqli yoriqli rejimlarda 6-10 kV taqsimlash tarmoqlarini nazorat qilishni avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan.

- taqsimlangan generatsiyali tarmoqlarni avtomatik boshqarish ;
- elektr jihozlarining (kuch va o'lchov transformatorlari, yuqori voltli to'xtatuvchilari) monitoringi;
- ma'lumotlarni yig'ish va uzatish tizimlari (favqulodda vaziyatlarni tahlil qilish vaqtini qisqartirish).

Tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirish, qoida tariqasida, bir necha bosqichda amalga oshiriladi. 1-rasmda bunday avtomatlashtirishning blok sxemasi ko'rsatilgan. Masalan, 1-rasmda quyidagi ob'ektlar ko'rsatilgan: SS-1 pasaytiruvchi podstansiyaning uchastkalari, DP-1 va DP-2 tarqatish punktlari, TS-11 - TS-5N transformator podstansiyalari. SS-1 havo liniyasini filiallar bilan ta'minlaydi. Tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirish katta kapital xarajatlar bilan bog'liq bo'lganligi sababli, bu vazifa samarali yechimlarni izlashni va ularni amalga oshirish bosqichlarini rejalashtirishni talab qiladi.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

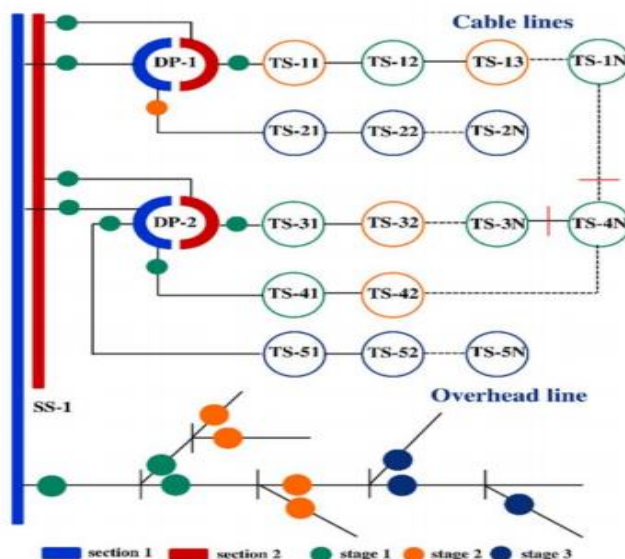
SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

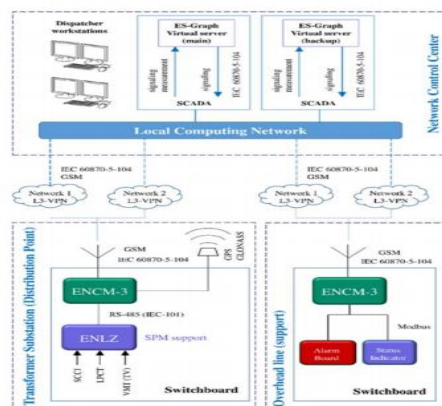
**FLISR tizimi** tarmoq turidan qat'i nazar, avtomatlashtirish quvvat markazlaridan boshlanishi kerak (1-bosqich). Birinchi bosqichda muhim iste'molchilarni ta'minlaydigan transformator

podstansiyalarining bir qismini avtomatlashtirish mumkin. Tarmoqni avtomatlashtirishning ikkinchi va uchinchi bosqichlarida qolgan taqsimlash punktlarida va transformator podstansiyalarida uskunalar o'rnatiladi. Avtomatlashtirish bosqichlarini rejalashtirishda nosozliklarni lokalizatsiya qilish

bo'limlari va boshqariladigan transformator podstansiyalarini oqilona tanlash kerak. Bu barcha avtomatlashtirish echimlari turli bosqichlarda bir-biriga zid kelmasligi uchun kerak.



1-rasm. Tarmoqni avtomatlashtirish bosqichlari.



2-rasm. FLISTR tizimiga misol.

ENLZ qurilmalari tarqatish tarmoqlarida nosozliklarni lokalizatsiya qilish tizimlarida ishlaydi. ENLZ nol ketma-ketlikdagi oqimlar va kuchlanishlarning

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

sinxronlashtirilgan faza o'lchovlarini ta'minlaydi, qisqa tutashuv oqimi sensorlari (SCCI) ma'lumotlarini qayta ishlaydi. Ushbu qurilma havo liniyalari holatini kuzatish, tarmoqdagi tuproqli nosozliklar va qisqa tutashuvlarni aniqlash va ko'rsatishni ta'minlaydi. ISL tayanchdagi kommutatorda joylashgan ENCM-3 ma'lumotlarni yig'ish va uzatish moslamasiga ulangan. Barcha ma'lumotlar SCADAgam ham uzatiladi.

Shunday qilib, ko'rib chiqilgan FLISR tizimi bir qator tarmoq monitoringi va nazorat vazifalarini bajarish uchun sinxronlashtirilgan faza o'lchovlaridan foydalanadi. Kelajakda bunday tizimlarning rivojlanishi o'rta kuchlanishli tarmoqlarda o'rni himoyasi va avtomatlashtirish funktsiyalarini ham amalga oshirish imkonini beradi.

Bitta ENLZ bir vaqtning o'zida ikkita kabel liniyasidan o'lchovlarni boshqarishi mumkin. Qurilmada SCCI larni ulash uchun oltita optik kirish va 3I va 3U o'lchovlari uchun ikkita analog kirish mavjud. Nolinch ketma-ketlik 0 oqim transformatorlari (LPCT) va "ochiq uchburchak" o'rash bilan kuchlanish o'lchash transformatori VMT pastga tushiruvchi transformator yordamida analog chiqishlarga ulanadi. Optik

kirishlar va raqamli analog signallarning holati RS-485 orqali telesignalizatsiya va telemetriya (amplituda, faza burchagi) shaklida yetkaziladi.

ENLZ ning to'g'ri ishlashi o'rnatilgan GLONASS/GPS qabul qiluvchisi bilan ENCM-3 ma'lumotlarni yig'ish qurilmasi tomonidan amalga oshiriladigan aniq vaqt sinxronizatsiyasini talab qiladi. O'rta kuchlanishli tarmoqlarda pastga tushadigan podstansiyalarda quvvat transformatorlari uchun himoya va monitoring tizimlarini amalga oshirish muayyan xususiyatlarga ega. Birinchidan, ko'pgina transformatorlarning quvvat ko'rsatkichi 6,3 MVA dan oshmaydi, shuning uchun qoida tariqasida bunday transformatorlarni himoya qilish va monitoring qilish talablari yuqori kuchlanishli tarmoqlarga qaraganda pastroqdir. Ikkinchidan, quvvat transformatorlarining muhim qismi belgilangan xizmat muddatiga yetdi, shuning uchun ularning qoldiq qiymati ko'pincha podstansiyaning avtomatlashtirish uchun zarur bo'lgan xarajatlardan kamroq bo'ladi.

ES-Graph maxsus dasturiy vositasi FLISR tizimining ishlashini ta'minlaydi. Tuproq yoriqlarini lokalizatsiya qilish algoritmi tarmoqning turli qismlarida o'lchangan nol ketma-ketlik oqimi va kuchlanish fazalarining amplitudalari va burchaklarini tahlil qilishga asoslangan. Kabel tarqatish tarmog'ida transformator

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

podstansiyalarida yangi uskunarlar o'rnatildi. ENLZ shuningdek, nol ketma-ketlikdagi kuchlanishni o'lchaydigan pastga tushadigan podstansiyalar va tarqatish punktlarida ham o'rnatilishi mumkin.

Ma'lumotlar tarmoqni boshqarish markaziga (NCC) ortiqcha ajratilgan uyali aloqa kanallari orqali yuboriladi, bu esa uskunaning nisbatan past narxini va SCADA ga ma'lumotlarni samarali uzatishni ta'minlaydi. NCC tarmoq holati to'g'risidagi ma'lumotlarni qayta ishlash, uzatish va saqlashni amalga oshiradi va kommutatsiya qurilmalarini boshqarish uchun signallarni ishlab chiqaradi.

## **Quvvat transformatorlarini nazorat qilish va himoya qilish.**

Avtomatlashtirishning eng past darajasiga ega bo'lgan kichik podstantsiyalar uchun eng oqilona yechim - rele himoyasi qurilmalari va ma'lumotlarni yig'ish va uzatish tizimiga asoslangan oddiy monitoring tizimini SPMdan foydalanmasdan amalga oshirishdir. Bunday tizim transformator parametrlarining asosiy to'plamini (ortiqcha yuklanish quvvati, qisqa tutashuv oqimlari, ortiqcha kuchlanish) nazorat qilishni ta'minlaydi.

Agar texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga ko'ra, SPM qurilmalarini o'rnatish oqlangan bo'lsa, 2-variantga o'tish ko'proq parametrlarni, shu jumladan transformator pallasining ekvivalent parametrlarini boshqarish bilan to'liq ishlaydigan transformator monitoring tizimini amalga oshirishga imkon beradi. Eng oqilona variant - SPMni qo'llab-quvvatlaydigan ko'p funktsiyali aqlli elektron qurilmalardan foydalanish, chunki ular bir nechta podstansiyalarni avtomatlashtirish quyi tizimlarini (telemexanika, energiyani hisobga olish va elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlarini nazorat qilish) amalga oshirishga imkon beradi.

1-variant.Kichik podstansiya (6.3 MVA dan kichik)

Himoya relolari va ma'lumotlarni yig'ish va aloqa tizimi bilan  
transformator monitoringi

<http://www.scopus.com>

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

### **3-rasm. Quvvat transformatorlarini himoya qilish va nazorat qilish tizimlari uchun variantlar.**

Kattaroq podstansiyalar uchun elektr va elektr bo'lmagan parametrlarni nazorat qiluvchi monitoring tizimlarini joriy qilish mumkin. Ushbu yondashuv sezilarli darajada ko'proq xarajatlarni talab qiladi, ammo shu bilan birga biz transformatorni kuzatish va diagnostika qilish uchun ko'proq vazifalarni samarali boshqarish va bajarishga erishamiz. Transformator monitoringi uchun 5 SPM ilovasi ko'pincha elektromagnit jarayonlar transformatorlarda nuqsonlar va baxtsiz



# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

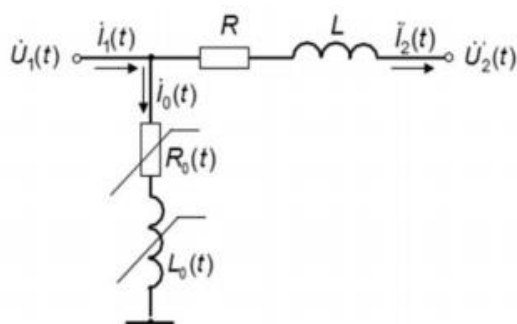
hodisalarning paydo bo'lishiga olib keladi. Shu sababli, monitoring tizimlari xavfli zarar ehtimolini aniqlashning bashoratli usulidan foydalanishi va allaqachon sodir bo'lgan zarar oqibatlarini aniqlamasligi juda muhimdir.

Ushbu muammoning istiqbolli yechimi sinxronlashtirilgan faza o'lchovlari asosida transformator monitoringi funktsiyalari bilan himoya vositalaridan foydalanish hisoblanadi. Bundan tashqari, SPM transformatorning himoya funktsiyalarini yaxshilashga imkon beradi .

Maqolada oqim va kuchlanish sinxronfazalarini o'lchash asosida quvvat transformatorining T shaklidagi ekvivalent zanjir parametrlarini aniqlash masalalari ko'rib chiqiladi. Ushbu parametrlarning o'zgarishi dinamikasiga ko'ra, monitoring tizimi transformatorning nuqsonlari va nosozliklarini aniqlaydi. Shunga qaramay, transformatorning statsionar ish rejimlariga qo'shimcha ravishda, uning holatini tahlil qilishda, o'tish davrida transformator ekvivalent zanjirining parametrlarini nazorat qilish muhimdir. Biroq, qog'oz faqat transformatorning statsionar ishlash rejimlariga tegishli, ya'ni bu monitoring funktsiyalarini bajarishdir. Transformatorning rele himoyasi uning parametrlarini vaqtinchalik rejimlarda boshqarish qobiliyatini talab qiladi, shuning uchun bunday rejimlarni tahlil qilish himoya vositalarini ishlab chiqish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Transformatorning oqim va kuchlanish sinxronlashuvlari asosida, oqim va kuchlanishning oniy qiymatlariga asoslangan tenglamalar tizimiga o'xshab, uning statsionar bo'lmagan rejimlarda ishlashini tavsiflovchi differentsial tenglamalar tizimini amalga oshirish mumkin.

Tanlangan transformator ekvivalent sxemasi va hisoblash shartlariga qarab, bunday tenglamalar tizimlari juda ko'p bo'lishi mumkin. Misol tariqasida magnitlanish shoxchasining chiziqli bo'lmagan parametrlari bo'lgan quvvat transformatorining L shaklidagi ekvivalent sxemasini ko'rib chiqamiz (4-rasm).



4-rasm.L shaklidagi ekvivalent sxema.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

Quvvat transformatorining L shaklidagi ekvivalent sxemasi ikkita tarmoqqa ega: o'rash empedanslari bo'lgan filial va magnitlanish tarmog'i. Magnitlanish tarmog'ining parametrlarining sezilarli o'zgarishi transformatorida magnitlanish oqimining (MIC) bo'sh yoki yuklamaga yoqilganda, shuningdek tashqi qisqa tutashuvdan keyin ta'minot kuchlanishi tiklangandan keyin sodir bo'ladi.

Magnitlanish oqimining rejimini tavsiflovchi analog prototip tizimi uchun magnitlanish tarmog'ining differentsial tenglamasi quyidagi shaklga ega:

$$u_1(t) = i_0(t)R_0(t) + L_0(t) \frac{di_0(t)}{dt}. (1)$$

(1) ifoda statsionar bo'lmagan birinchi tartibli differentsial tenglamadir, chunki u ikkita o'zgaruvchan koeffitsientni o'z ichiga oladi. Bunday tenglamani oqim va kuchlanishning oniy qiymatlarida tahlil qilish har doim ham samarali va oddiy emas. Shuning uchun ma'lumotlardan foydalanish transformatorning yuqori va past tomonlarida oqim va kuchlanish sinxronlashuvlarida vaqtinchalik rejimda uning parametrlarini baholashga yondashuvni o'zgartirish imkonini beradi.

Oqim va kuchlanishning lahzali qiymatlaridan texnologik sinxrofazalarga o'tish quyidagicha amalga oshiriladi:

$$u_1(t) \rightarrow \dot{U}_1(t)e^{jn_0t}, i_0(t) \rightarrow i_0(t)e^{ju_0t}. (2)$$

Ushbu almashtirishdan so'ng (1) ifodani quyidagi shaklga o'zgartiramiz:

$$\dot{U}_1(t) = \underline{z}_0(t)\dot{b}_0(t) + L_0(t) \frac{di_0(t)}{dt},$$

Bu yerda  $\underline{z}_0(t) = R_0(t) + j\omega_0 L_0(t)$ ,  $\omega_0 = 2\pi 50 \text{ rad/s}$ .

Magnitlanish tarmog'idagi joriy sinxronofaza:

$$\dot{I}_0(t) = I_1(t) - I_2^*(t), (4)$$

Qayerda  $2I(t)$  - past tomonning joriy sinxronfaza yuqori tomonni nazarda tutadi.

Biz quyidagi belgini kiritamiz:

$$\underline{z}_1(t) = \frac{\dot{U}_1(t)}{\dot{b}_0(t)} = R_1(t) + X_1(t). (5)$$

$$L_0(t) = X_1(t) \left[ \Theta_0 + \text{Im} \left( \frac{\dot{b}(t)}{\dot{b}(t)} \right) \right]^{-1},$$

$$R_0(t) = R_1(t) - L_0(t) \text{Re} \left( \frac{\dot{b}_0(t)}{b_0(t)} \right),$$

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

$$I_0(t) = \frac{di_0(t)}{dt}$$

(6) va (7) iboralardagi quyidagi almashtirish  $R$  va  $L$  transformator sariqlarining parametrlarini aniqlashga imkon beradi :

$$\dot{U}_1(t) \rightarrow \dot{U}_1(t) - \dot{U}_2^*(t), \dot{I}_0(t) \rightarrow \dot{I}_2^*(t)$$

Shunday qilib, olingan (6) va (7) ifodalar transformator ekvivalent sxemasining parametrlarini vaqtinchalik sharoitlarda aniqlash imkonini beradi. Misol uchun, magnitlanish oqimining kirish rejimida biz magnitlangan shoxning induktivligining

o'zgarishini aniqlashimiz mumkin. Bu o'zgarish bunday rejimni aniqlash belgilaridan biridir. Magnitlanish tarmog'idagi joriy sinxronofazaga quyidagi belgini kiritamiz:

Sinxrofaza jarayonlarini tahlil qilish transformatorni himoya qilish va monitoring qilish uchun boshqa yangi algoritmlarni ishlab chiqishga ham imkon beradi. Shu maqsadda samarali yechim elektr zanjirlarini simulyatsiya qilishdir, masalan, MATLAB/Simulinkda. Xususan, Simulink raqamli usullarga asoslangan hisob-kitoblar uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan Nonlinear Transformer modeliga ega.

5-rasmda Simulink modeliga asoslangan yuklamasiz transformatorning ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan. Ushbu modelning o'ziga xos xususiyati qarshilik va magnitlanish shoxining induktivligi parallel ulanadi. Bu magnitlanish induktivligi boshqa parametrlardan alohida tahlil qilish imkonini beradi. 6-rasmda ushbu tadqiqotning bir qismi sifatida ishlab chiqilgan Simulink transformator modeli ko'rsatilgan.

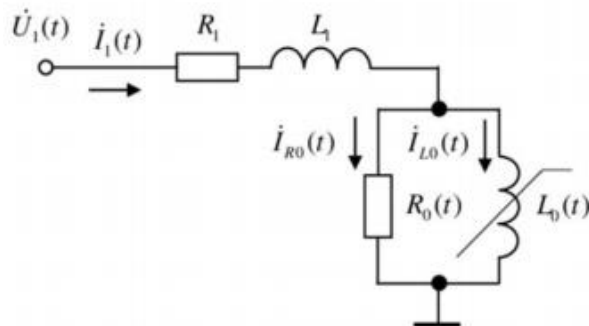
Transformatorning bo'sh rejimini simulyatsiya qilish magnitlanish induktivligining chiziqli bo'lmagan o'zgarishi haqida ma'lumot beradi (7-rasm). Bunday o'zgarishlar faqat ushbu rejim uchun xarakterlidir; shuning uchun magnitlanish induktivligini hisoblash transformatorning differentsial himoyasining ishlashini yaxshilash uchun qiziqish uyg'otadi.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

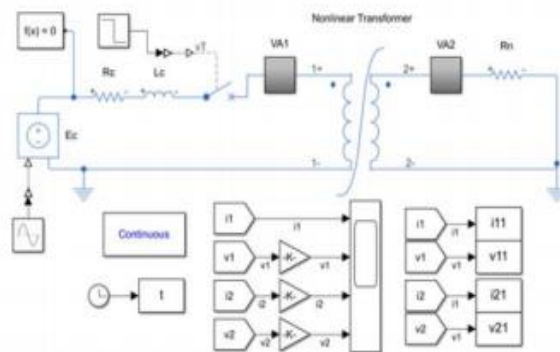
Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

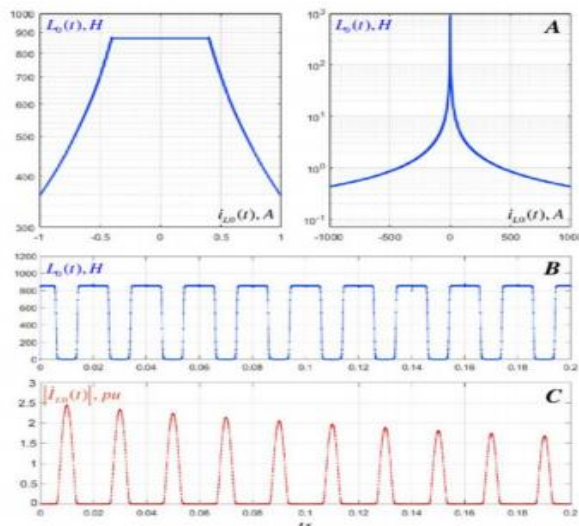
Том 2, Выпуск 3, 31 Март



5-rasm. Transformator modeling ekvivalent sxemasi.



6-rasm. Simulink modeli.



7-rasm. Induktivlik (a, b) va magnitlanish oqimi (c).

Magnitlanish induktivligining qiymatlari (7-rasm, b) jarayonning sinxrofazalariga asoslangan tenglamalar tizimini yechish yo'li bilan olinadi. Muhim induktivlik o'zgarishlari asosiy chastotaning har bir davrida sodir bo'ladi. Shunday qilib, transformatorning kuchlanishi va oqimining sinxronlashuvlari magnitlanish oqimining rejimini aniqlashga imkon beradi.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 11.79/2023

SJIF 2024 = 5.444

Том 2, Выпуск 3, 31 Март

## XULOSA

Zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishi ularni yangi energiya sohalari va yo'nalishlarida qo'llashni ko'rib chiqish imkonini beradi. WAMPAC tamoyillarini amalga oshirish bilan birgalikda sinxronlashtirilgan fazaviy o'lchovlar texnologiyasi o'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirishning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi. SPM texnologiyasi asosida tarqatish tarmoqlarini avtomatlashtirish jarayonini tashkil etishning umumiy tamoyillari, ularning ish xususiyatlarini hisobga olgan holda ko'rib chiqiladi. SPMga asoslangan nosozliklarni lokalizatsiya qilish tizimlari telemexanika, energiyani o'lchash, elektr jihozlarning holatini kuzatish tizimi funksiyalarini bajarishga qodir. Transformatorning elektromagnit parametrlarini oqim va kuchlanish sinxronfazalarini o'lchash asosida boshqarish transformator monitoringi tizimining funksiyalarini amalga oshirishga imkon beradi, bu nosozliklar va uning ishlashining g'ayritabiiy rejimlarini aniqlashni ta'minlaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR;

1. P.V. Ilyushin, *Features of the emergence and course of emergency modes in distribution networks with distributed generation*, Vestnik KGEU, **3** (2021).
2. E. Price, Practical considerations for implementing wide area monitoring, protection and control, 59<sup>th</sup> Ann. Conf. for Protective Relay Engineers. (2006).
3. I. Ivankovic, I. Kuzle, N. Holjevac, *Multifunctional WAMPAC system concept for outof-step protection based on synchrophasor measurements*, IJEPES, **87** (2017).
4. *Improving performance of underground MV distribution networks using distribution automation system: A case study*, ASEJ, **9** (2018).
5. S.A. Piskunov, A.V. Mokeev, Power transformer relay protection with its condition monitoring function, REEPE, Moscow (2021).
6. S.A. Piskunov, A.V. Mokeev, D.N. Ulyanov, Control, monitoring and protection systems based on synchronized phasor measurements, RSES, Volzhskij (2021).