



YUQORI KUCHLANISHLI IZOLYATORLARNING TEXNIK HOLATINI NAZORAT QILISHDAGI EVOLYUTSION O'ZGARISHLAR TAHLILI

To'yqulov Muxriddin ¹[0009-0002-8078-6148], Shirinov Sohijjon ²[0009-0004-1348-6481]

¹Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetikasi kafedrasida assistenti,
E-mail: toyqulovmuhridin@gmail.com

²Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetikasi kafedrasida assistenti,
E-mail: sohijjonshirinov5@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada LK 70/35 turdagi polimer yuqori kuchlanishli izolyatorlardan foydalangan holda yuqori kuchlanishli izolyatorlarning texnik holatini kuzatish tizimini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlarimiz boshlandi. Qisman razryad parametrlarini o'lchash uchun bir nechta kontaktsiz sensorlar bilan birgalikda kontakt usulidan foydalanamiz. Birinchi bosqichida qisman razryadlarning ko'rinadigan zaryadi q asosida elektr kontakt usuli yordamida o'lchandi. Keyin, har bir izolyator turi uchun nuqson darajasini tavsiflovchi q va qisman zaryadlar soni uchun chegara qiymatlari o'rnatildi, bu bir vaqtning o'zida vizual tekshirish orqali aniqlandi. Ikkinchi bosqichda yuqori kuchlanishli izolyatorlarning texnik holati parametrlarini masofadan kontaktsiz monitoring qilishning bir nechta usullari, jumladan, turli xil fizik sensorlar ishlab chiqildi, bunda bitta sensorlardan bir nechta sensorlardan birgalikda foydalanishga bosqichma-bosqich o'tish ko'zda tutilgan.

Kalit so'zlar: kontaktli va kontaktsiz usullar, filtr, yuqori kuchlanish, razryad.

Аннотация. В данной статье представлены начальные результаты исследований по разработке системы мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с использованием полимерных изоляторов типа ЛК 70/35. Для измерения параметров частичных разрядов применялся контактный метод в сочетании с несколькими бесконтактными датчиками. На первом этапе измерение кажущегося заряда частичных разрядов q осуществлялось с использованием электрического контактного метода. Затем для каждого типа изолятора были установлены пороговые значения q и количества частичных разрядов, характеризующие степень дефекта, что одновременно подтверждалось визуальным осмотром. На втором этапе были разработаны несколько методов дистанционного бесконтактного мониторинга параметров технического состояния высоковольтных изоляторов, включая различные физические датчики, при этом предусмотрен поэтапный переход от использования одного датчика к совместному применению нескольких датчиков.

Ключевые слова: Контактные и бесконтактные методы, фильтр, высокое напряжение, разряд.

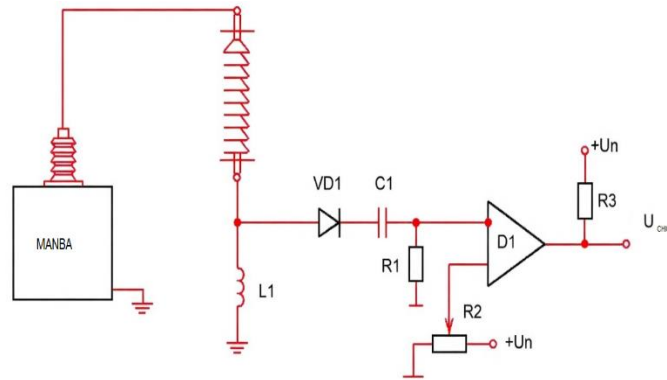
Abstract: This article presents the initial results of our research on the development of a monitoring system for the technical condition of high-voltage insulators using polymer insulators of the LK 70/35 type. To measure partial discharge parameters, a contact method was used in combination with several non-contact sensors. At the first stage, the apparent charge of partial discharges, q , was measured using an electrical contact method. Then, for each type of insulator, threshold values of q and the number of partial discharges characterizing the defect level were established, which were simultaneously verified through visual inspection. At the second stage, several methods for remote non-contact monitoring of the technical condition parameters of high-voltage insulators were developed, including various physical sensors, with a gradual transition from the use of a single sensor to the combined use of multiple sensors.

Key words: Contact and non-contact methods, filter, high voltage, discharge.

Kirish

Kontaktli va kontaktsiz usullardan foydalangan holda stand usuli yordamida yuqori kuchlanishli izolyatorlarni ketma-ket o'rganish metodologiyasi ishlab chiqildi, keyin esa eng samarali integral usulni ishlab chiqish uchun ikkita kontaktsiz usul qo'llanildi.

Qisman razryadlanish (QR) yerga ulash o'tkazgichida induktsiyalangan yuqori chastotali tok impulsini qayd etish uchun kontakt sensorini ishlab chiqildi(1-rasm).



1-rasm. Kontakt sensori ulanish sxemasi.

Yuqori chastotali kuchlanish komponentini ajratish uchun yuqori chastotali filtr yerga ulash o'tkazgich sxemasiga ulangan va shuningdek, o'lchash shunti vazifasini ham bajaradi. Cho'qqi detektori yuqori chastotali qisman razryadlanish impulslerini ajratish va analog-raqamli o'zgartirgich platasi tomonidan qayd etilgan raqamli impulsni yaratish uchun mo'ljallangan[1].

Induksiyalangan maydonlarni kalibrlash kontakt usuli yordamida amalga oshiriladi (1-rasm). Induksiyalangan maydon kuchlarini haqiqiy aniqlash keyingi boblarda tasvirlangan elektro-optik sensor tomonidan amalga oshiriladi. Dastlabki kalibrlash yordamida biz nuqsonning dielektrik yuzalarida kuchli QR lar tomonidan hosil qilingan maydon kuchini aniqlaymiz. Mahalliy nuqsonlar joylarida elektr zaryadi paydo bo'ladi[2], u atrofdagi bo'shliqqa o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlarining impulslerini chiqarishi mumkin. Izolyatsiyada paydo bo'ladigan QR yer simida tok impulslerini keltirib chiqaradi, bu esa o'z navbatida sensorning induktiv bobinida induksiyalangan EYuKni keltirib chiqaradi[3]. Natijada, sensor QR larning ko'rinadigan zaryadi deb ataladigan kattaligiga to'g'ridan-to'g'ri proporsional bo'lgan elektr signalini o'qiydi. Bu signal QR impulslerini o'zlarini va chiziq kuchlanishining sinusoidal komponentini o'z ichiga oladi.

Uslubiyat

Havo yadroli filtr-reaktor induktivligi kuchlanishning yuqori chastotali komponentini ajratish uchun ishlatiladi va shu bilan o'lchash shunti vazifasini bajaradi; cho'qqi detektori yuqori chastotali qisman razryadlanishlar impulslerini ajratish va analog-raqamli o'zgartirgich platasi tomonidan qayd etilgan raqamli impulsni yaratish uchun mo'ljallangan[4].

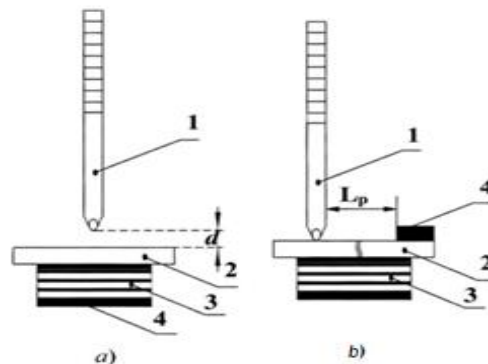
L1 filtrining induktivligi 20 mGn ni tashkil qiladi. C1 kondensatorining sig'imi 680 pF ni tashkil qiladi. Sig'im C1 100 mks impuls hosil qiladi, bu esa cho'qqi detektori yordamida qayd etiladi. Cho'qqi detektori K554CA3 mikrosxemasidagi taqqoslash sxemasi yordamida qurilgan.

Dielektrikka qo'llaniladigan maydonning, ayniqsa, bo'shliq shaklidagi rivojlangan nuqsonlarga ta'siri 1990-yillarning oxirlarida muhokama mavzusiga aylandi va hozirgi kungacha davom etmoqda[5]. Asta-sekin qo'llaniladigan maydonning doimiy ravishda oshib borayotgan kuchini va nuqson sohasidagi induksiyalangan qisman razryad maydonlarining mos ravishda oshishini hisobga olgan holda, induksiyalangan QR maydonlariga tobora ko'proq e'tibor qaratilmoqda. Maqolalar sarlavhalarida qisman razryadlar iborasi tilga olingani kabi fakti ta'kidlash kifoya. Biroq, bularning barchasi polimerlardagi model sferik nuqsonlarda elektr maydonlarining o'zaro ta'sirining tabiati masalasiga aniqlik kiritmadi. XXI-asr boshlarida model namunalari ustida ko'plab ishlar amalga oshirildi. Biroq, diametri $d \sim 1$ mm bo'lgan bo'shliq shaklidagi nuqsonlar uchun taxminan 5 kV kuchlanish yaqinida QR ning

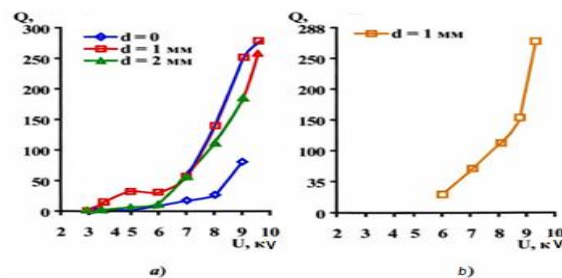
ko'rinadigan zaryadga bog'liqligining keskin o'zgarishi noma'lumligicha qolmoqda. Yaqinda $d \approx 1,0-1,2$ mm uchun ko'rinadigan zaryaddagi shunga o'xshash keskin o'zgarishlar model sharsimon nuqsonlar uchun ham aniqlandi[6].

Dastlabki tajribalarda biz model namunalardagi nuqsonlarning xususiyatlari ko'p hollarda haqiqiy izolyatorlardagi nuqsonlarning xususiyatlariga mos kelmasligiga amin bo'lganimiz sababli, keyinchalik biz turli xil nuqsonlarni o'z ichiga olgan haqiqiy izolyatorlardan foydalangan holda kontaktli va masofaviy versiyalarda tajribalar o'tkazishni boshladik.

Qisman razryad xususiyatlarining nuqson parametrlariga bog'liqligini to'liqroq o'rganish uchun haqiqiy izolyatorlarda ishlatiladigan dielektrik materiallardan - chinni va polimerdan model namunalari yaratildi. Model plitalarida (50x30x2mm) sozlanishi teshiklar va havo bo'shliqlari yaratildi[6]. Plitalar elektrodlar orasiga joylashtirildi va yuqori o'zgaruvchan kuchlanishni qo'llash orqali sterjenda va sterjen uchi kontaktida sozlanishi mumkin bo'lgan nuqsonlar bilan butun nuqsonsiz izolyatorning xatti-harakatlarini simulyatsiya qilish mumkin bo'ldi. 2-rasmda sterjenda nuqsonli uzatuvchi izolyatorni va sterjen uchi nuqsonli tayanch izolyatorini simulyatsiya qilish uchun o'lchash katakchalarining konfiguratsiyalari ko'rsatilgan.



2-rasm. O'lchov katakchalarining konfiguratsiyasi: a – sterjenda nuqsoni bo'lgan o'tkazuvchi izolyatori; b – sterjen uchida nuqsoni bo'lgan tayanch izolyatori; 1 – sharsimon elektrod; 2 – namuna; 3 – presslovchi prujina; 4 – yassi elektrod



3-rasm. Turli havo oralig'i qiymatlari uchun qisman razryadning umumiy ko'rinadigan zaryadi Q ning qo'llaniladigan kuchlanishga bog'liqligi:
a – tayog'cha uchining sinishi; b – tayog'chadagi sinish.

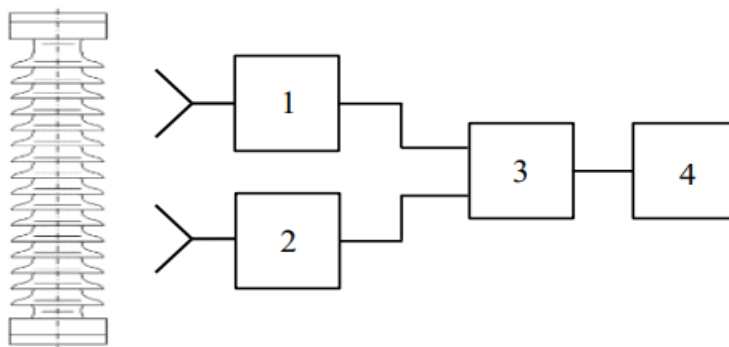
Dastlab, model namunalarda qo'llaniladigan kuchlanishning ma'lum qiymatlarida kuchlanish davrida umumiy ko'rinadigan zaryad q intensivligining chegaraviy bosqichma-bosqich oshishi kuzatildi (3-rasm, a va b). q sakrash amplitudasining maydonga bog'liqligi ham nuqson kengligi d ga bog'liq edi. q sakrashlar $d \leq 0,05$ mm da minimal bo'ldi, keyin oshdi [7] va $d \geq 0,5$ mm da deyarli o'zgarishsiz qoldi. Nuqson va oxirgi qopqoq orasidagi sterjenning dielektrik qatlamlarining qalinligi oshishi bilan sakrash amplitudasining oshishi ham qayd etildi.

Tadqiqotimizdan oldin biz yuqori kuchlanishli dielektriklarning texnik holatini masofadan turib kuzatish uchun termal tasvirlash va akustik usullardan kompleks foydalanish bo'yicha nashr etilgan tadqiqotlarni topmagan edik, shuning uchun biz ushbu yondashuv bilan integral masofaviy usulning imkoniyatlarini o'rganishni boshladik. Sensorlarni tanlashimiz tayanch sterjenli dielektriklar bir-biriga juda yaqin (2-3 m) joylashgan podstansiyada yuqori kuchlanishli dielektriklarning texnik holatini kuzatish zarurati bilan bog'liq edi. Elektromagnit usullardan, ayniqsa nisbatan past chastotalarda (20-100 MHz) foydalanish har doim ham qaysi izolyator QR signallarini aniqlashga imkon bermaydi. Biroq, shuni ta'kidlash kerakki, yuqori kuchlanishli dielektriklar va boshqa turdagi yuqori kuchlanishli dielektrik elementlarning termal tasvirlash monitoringi hozirda biron bir me'yoriy hujjatlar bilan qamrab olinmagan [8].

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, bizning ishimizning keyingi maqsadi yuqori kuchlanishli izolyatorlarning texnik holatini kuzatish uchun amaliy, keng qamrovli usulni ishlab chiqish edi [9], bunda akustik sensor yordamida bir qator QR xususiyatlarini aniqlash va termal tasvirlagich yordamida mahalliyashtirilgan isitish zonalarini qayd etish birlashtirilgan.

Ishlab chiqilgan kompyuter tizimi asosiy xususiyatlarni qayd etish va qo'llaniladigan kuchlanishning fazasiga qarab QR larning amplitudasi va son taqsimotini ko'rsatish imkonini berdi [10].

Ishlab chiqilgan usul va qurilma turli podstansiyalarda ishlaydigan turli o'lchov asboblarni kuzatish uchun ishlatilgan. O'lchovlar ikki usul bilan olingan natijalar o'rtasidagi taqqoslashni ko'rsatadi.



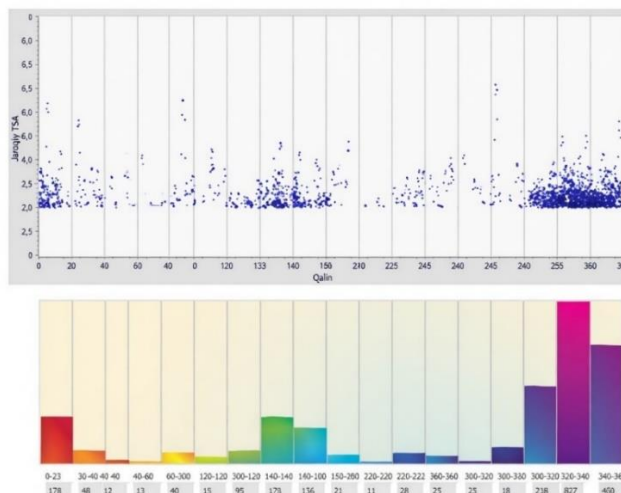
4-rasm. Qisman zaryadsizlanishlarni o'lchashning blok-sxemasi: 1 – akustik sensor; 2 – termal tasvir sensori; 3 – analog-raqamli konvertor; 4 – shaxsiy kompyuter

Ishlab chiqilgan integral tizim har bir izolyator uchun QR xususiyatlarini ikki o'lchovli xususiyatlar sifatida ifodalash imkonini beradi. 5-rasmda funktsional izolyator va eng yomon xususiyatlarga ega izolyator uchun amplituda-faza xususiyatlari ko'rsatilgan. Yuqori diagramma QR intensivligini, pastki diagramma esa faza oralig'idagi QR lar sonini aks ettiradi[11]. Nosoz izolyatorlarda QR lar intensivligi va sonining keskin oshishiga qo'shimcha ravishda, bu maksimumlarning funktsional izolyatorga nisbatan fazaviy siljishi kuzatiladi. Xuddi shu izolyatorlarni Testo 890-2 termal tasvirlash moslamasi yordamida tekshirish (6-rasm) aniqlangan nuqsonlar mavjudligini ko'rsatadi.

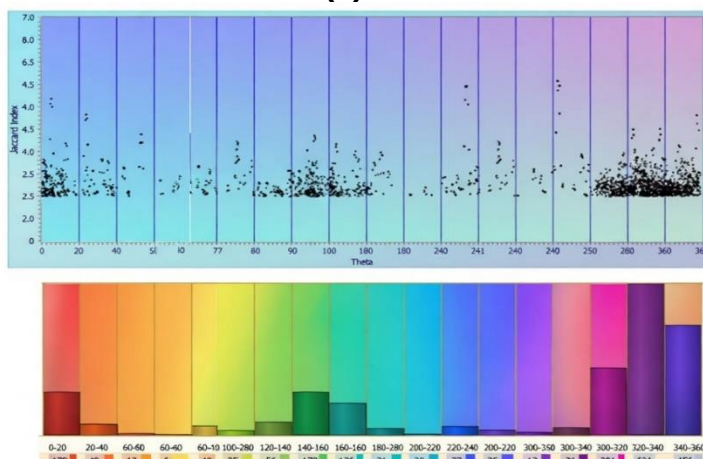
1-jadval.

O'lchangan obyektlar	Harorat [°C]	Radiatsiya	Aks ettirilgan harorat [°C]	Izohlar
Eng issiq nuqta 1	16.9	0.80	-100.0	Ishlamogda
Eng issiq nuqta 2	35.9	0.80	-100.0	Shikastlangan

Biroq, mavjud uskunalar yordamida olingan natijalardan, shuningdek, boshqa bir qator mualliflarning natijalaridan ko'rinib turibdiki, termal tasvirlashdan foydalanish asosan vizual yoki oddiy optik vositalar yordamida ko'rinadigan katta nuqsonlarni aniqlash uchun foydalidir.

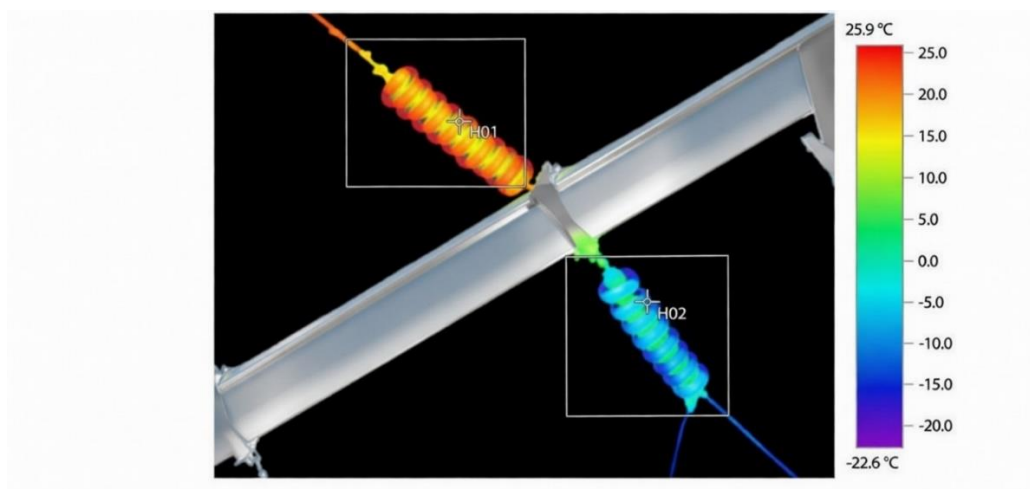


(a)



(b)

5-rasm. Akustik sensor yordamida olingan amplituda-faza xususiyatlari:
a – “tayoqcha uchi” bilan aloqa qilishdagi nuqson, b – tayoqchadagi nuqson



6-rasm. Ishlaydigan va shikastlangan izolyatorlarning termogrammlari. Tasvir parametrlari: emissiya – 0,80; aks ettirish harorati [°C] – -100,0



7-rasm. Akustik va termal tasvirlash usullari yordamida tekshirilgan izolyator simlarining umumiy ko'inishi

Xulosa

Yuqori kuchlanishli izolyatorlar texnik holatini nazorat qilishda oddiy kontaktli usullar qiyosiy zaryad o'lchash, murakkab, ko'p parametrlil masofaviy usullarga o'tish amalga oshirildi. Dastlab LK 70/35 tipidagi polimer izolyatorlarda laboratoriya stendida kontaktli (HF tok, induksiya) va bir nechta kontaktsiz sensorlar sinovdan o'tkazildi. Bo'shliq, yoriq, kontakt nuqsonlari model va real izolyatorlarda o'rganilib, q va soni kuchlanishga bog'liq sakrash o'zgarishi aniqlandi (ayniqsa $d \approx 1$ mm atrofida). Birinchi kompleks variant: akustik + termovizion usullar sinovdan o'tkazildi. Termovizion usul faqat katta, ko'zga ko'rinadigan qizishlarni aniqlagani uchun undan voz kechildi. Eng samarali yondashuv sifatida elektromagnit va akustik datchiklar birgalikda qo'llanildi. Bu usul yordamida amplituda fazaviy xarakteristikalar tuzildi, nuqsonli izolyatorlarda razryadlar intensivligi va soni keskin oshishi fazaviy siljishi kuzatildi, bir biriga yaqin joylashgan izolyatorlarni aniq farqlash imkoni yaratildi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Olimov, J., Ramazonov, B., & Sayfiyev, S. (2024). Increasing efficiency of induction motor by predictive control system. E3S Web of Conferences, 525, 03004.
- [2]. Shirinov, S. G. O., Olimov, J. S. O., Jumayev, Z. I., & Sayidov, M. K. (2024). Analysis of patterns of electricity consumption in mining and processing enterprises. Vibroengineering Procedia, 54.
- [3]. Eshmirzaev, M., & Narzullayev, B. (2024). Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces. Vibroengineering Procedia, 54.
- [4]. Olimov, J. S., Fayziyev, S. Sh., Raximov, F. M., Majidov, A. U., & Muxammadov, B. Q. (2023). Controlling power of short-circuited induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of GEOTECH-2023 Conference. Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.
- [5]. Almezghwi, K. A. (2015). Direct torque control of induction motor using fuzzy logic. Nicosia
- [6]. Olimov, J. S., & Raximov, F. M. (2023). Design and development of short-circuited induction motor. In Proceedings of the 4th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.



- [7]. Olimov, J. S., & Eshmirzayev, M. A. (2023). Controlling power of induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of the 6th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.
- [8]. Yao, Y. (2016). Study of induction machines with rotating power electronic converter (Doctoral dissertation). Stockholm, Sweden.
- [9]. Shang, Z. (2011). Simulation and experiment for induction motor control strategies. Windsor, Ontario, Canada.
- [10]. Ibadullaev, M., & Tovbaev, A. N. (2020). Research of ferro-resonance oscillations at the frequency of subharmonics in three-phase non-linear electric circuits and systems. E3S Web of Conferences, 216, 01113.
- [11]. Tovbaev, A., Boynazarov, G., & Togaev, I. (2023). Improving the quality of electricity using the application of reactive power sources. E3S Web of Conferences, 390, 06032. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032>