

**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



3
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.Қ. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

МУХТАРОВ Н.Ш. – техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

ТУХСАНОВ Х.А. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

МАДИЕВ Р.Х. – техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГКМ” МЧЖ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

ХУРМАМАТОВ А.М. – техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

СОБИРОВА Н.К. – филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

ҒАФУРОВ Д.О. – Бухоро ДТУ ёшлар масалалари ва маънавий- маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.д (PhD)

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ШАРИПОВ М.З. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

НИЗОМОВ А.Б. – иқтисод фанлари доктори, профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

ЖЎРАЕВА М.М. – филология фанлари доктори (DSc), профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – кимё фанлари номзоди, профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳиҳ:

АРТИКОВА М.М.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И

ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<https://journal.bmti.uz/>

сайти орқали танишиши мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Khaidarov Sh.B., Khamzaev A.A. Optimal angle of installation of the ekg excavator boom . . .	4
Xamroyev X.X., Isamov R. N., Azizov B.A., Turayeva U.X. Metallarining sirt tozaligini profilograf-profilometr yordamida tajribada o‘rganish	8
Kudratov Sh.I. The influence of oils on the reliability and longevity of diesel locomotive engines .	13
Bayboboyev N.G., Abdualiyev N.H. Mashina-separatorning qoziqchali barabani massasining inersiya momentlari va o‘ziga xos tebranish chastotalarini aniqlash	18
Temirov S.A. Construction and testing of a parabolic solar concentrator	23
Urinov A., Qadirxanov J. Magistral neft quvurlarini korroziyaga qarshi himoya qoplamalar parametrlarning ratsional qiymatlarini aniqlash.	27
Egamberdiyev I.P., Qayumov B.B., Ochilov A.S., Bo‘ronov Sh. B. Legirlangan po‘latda ikki fazali qayta kristallanishda tuzilma hosil bo‘lishi.	33
Зокирова Д.А, Салимова З.Б. Свободные и затухающие крутильные колебания.	36
Bafoyev D.X. Po‘latdan tayyorlangan mahsulotlarning yuza qatlamining mustahkamligini oshirish	40
Tashpulatov N.E., Sattorov A.X. Drenaj tizimlaridagi oqim tezligi va gidravlik samaradorlikni o‘rganish	46
Akabirova L.X. “Buxorotosh” zavodi uchun uch bosqichli shag‘al toshlarini qayta ishlash texnologik sxemasini tanlash.	52
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Кам олтингугуртли дизел ёқилғиларининг мойловчанлик хоссаларига юқори ёғ кислота ва спиртларнинг присадкалик хусусиятларини ўрганиш	58
Jumayev J.H. Sintez qilib olingan n-morfolinbutanon-2ning ingibitorlik xossasining tadqiqi . .	62
Maxmudov M.J., Haydarov B.A. Alyuminiy saqllovchi koagulyantlarning turlari va ularning asosiy xususiyatlarini tadqiq qilish	67
Rosilov M.S., Beknazarov H.S., Saparov S.X. Oltingugurt bitum aralashmalariga modifikatorlar tasirini o‘rganish	75
Sharipova N.O‘., Atoev E.X., Axmedov V.N. Mahalliy xomashyolardan olingan adgezivlarning qiyosiy tahlili va samaradorligini o‘rganish.	82
Садикова Н.К., Амонов М.Р. Оқава сув таркибидаги нефт маҳсулотларини тозалаш кинетикасини ўрганиш	87
Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Нарзуллаева А.М., Фозилов С.Ф. ҚМПЭ ва ҚМПШ ни ТЕРМО ва гравиметрик усул ёрдамида хоссаларини ўрганиш.	92
Murodov M.N., Do‘stov H.B., Panoyev E.R., Murodov J.M. Nordon gazlarni absorbsion tozalash texnologik jarayoni muhiti uchun gravimetrik usulda po‘lat namunasining korroziya tezligini aniqlash	95
Xamidov D.G‘., Fozilov S.F., Tilloyev L.I. Quyi molekulyar polimer chiqindi suyuq fraksiyasining IQ spektroskopik tahlili	101
Saloydinov A.A., Botirov S.B. Avtomobil benzinlari uchun oksigenatli qo‘shimchalarning fizik – kimyoviy tahlili	106
Tursunova M.A., Majidova N.Q., Majidov Q. Mahalliy <i>juniperus (archadosh)</i> turlardan efir moylari olish jarayonini tadqiq qilish.	112
Haydarova H.A., Niyazov L.N. Gidrooksibenzoy kislotalarining oltingugurt saqlagan amidlarining potensial biologik faolligi.	121

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Axtamov R.A., Axtamov B.R., Rustamov N.B. Bug‘latish yuzasi tukli qora mato bo‘lgan quyosh suv chuchitgichining issiqlik hisobi	126
O‘rinov.U.A., Abdullayeva.Sh.F. Mexanik ishlov berishda RDB dastgohlarini qo‘llashning muammoli tahlili	130
Teshaev M.X., Nematov Sh.N., Murodov K.J. Yashil energetika. Transport harakati mexanik energiyasidan elektr energiya olish metodi	134
Tuyboyov O.V., Kodirov B.Sh. Integration of artificial intelligence in real-time monitoring of metal-cutting processes.	139
Teshaev M.X., Murodov K.J. Transport vositasi harakatida mexanik energiyasini elektr energiyaga aylantirish qurilmasining matematik modeli	148
Tovboyev A.N., Boynazarov G‘.G‘. Yuqori garmonik tashkil etuvchilar asosida yuklama tugunlarida kuchlanish va ferrozonans hodisalarni elektr ta‘minoti tizimini samaradorligiga ta‘sirini baholash.	153
Kodirov B.Sh., Tuyboyov O.V. Dynamic adjustment of cutting parameters for enhanced machining efficiency.	164
Бабаназарова Н.К., Хусенов Д.Р. Анализ расхода электроэнергии на производственные нужды, на примере газотранспортной системы.	172
Tovboyev A.N., Boynazarov G‘.G‘. Korxona uzluksiz texnologik jarayonlarining elektr ta‘minoti samaradorligini oshirish.	177
Maxmudov B.M., Daliyev A.A. Factors in selecting a solar concentrator.	184
Raxmonov I.U., Uzaqov N.Ch., Nematov L.A. Zaryadlash qurilmalarida chiqish tokini prognozlash dolzarbliligi.	189
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Xudoyberganov M.O‘., Axtamova L.A. Dasturiy kodni avtomatik tekshirish tizimlarining algoritmik yechimlari	195
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Elmurodova A.S., Atamuratova T.I., Ergasheva X.B. Ko‘pkomponentli yormalar uchun potensial xom ashyoning antinutrient omillari va ularni profilaktik bartaraf qilish usullari.....	203
Рахмонов К.С., Ибрагимов У.М., Атамуратова Т.И. Моделирование рецептурного состава хлеба пшеничного сортового с использованием пряно-ароматического сырья.....	208
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Uzoqova L.P. Poyabzalning qulayligini belgilovchi omillarni ilmiy asoslari	217
Мухтарова З.Н. Проектирование композиционных материалов для одежды	222
Мўминов Қ.М., Хамраева С.А., Хайитметова Р. Турли тола таркибли ипларнинг сифат кўрсаткичлари тадқиқоти	226
Саидова А.С. Болаларнинг ўсиб улғайиш давридаги морфологик ўзгаришларининг кийим шаклига таъсири	230
Komilov Sh.R., Jurayeva G.R., Mamadaliyev N.V. Paxta tolasining sifat ko‘rsatkichlari tahlili	234
Agzamova S.M., Gulyayeva G.X., Musayev N.M., Mukimov M.M., Karimova N.H. Yangi tuzilishdagi ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarining texnologik ko‘rsatkichlari tadqiqi.....	241
Abduraxmanova F.A. Poyabzal materiallarining xossalari va ularning poyabzal gigiyenik xususiyatlariga ta‘siri	245
Gafurova N.T., Hasanova M.E. Kichik yoshidagi qiz bolalar kiyimi assortimentini shakllantirish	249

Ражабова Г.Ж. Мода саноатининг экологияга таъсири	254
Tursunova Z.N. Kiyim osti normal mikromuhitini ta'minlashda teri tuzilishining roli	259
Ражабова Г.Ж. Проблемы быстрой моды	262
Temirova G.I., Shodmonova M.S. Trikotaj asosli mo'yna buyumlariga ishlov berishning zamonaviy texnologiyalari va istiqbollari.	267
Пардаев Б.Ч., Джамолов Р.К., Росулов Р.Х., Каримова Г.Т. Пахта бўлакчаларини ҳар бир қозикчали барабандаги ҳаракатининг назарий асослари.....	270
Худойбердиев М.Р., Очилов Т.А., Ёдгоров С.Қ. Пахтани дастлабки ишлаш жараёнининг пахта толаси физик-механик хоссаларига таъсири.....	274
Xamrayeva S.A., Kazakova D.S., Mirnazarova D.J. Belgilangan parametrlar asosida kostyumbop matolarni loyihalash.....	278
Жаллиев Б.А., Зойиров А.Х., Жаллиев Ж.Б. Способы опыления и урожайность хлопчатника	283
Ortiqova K.I., Umarov A.A., Nasriddinova Z.R. Urug'lik va texnik chigitlar uchun linter mashinalarida avtomatik boshqaruv tizimlarini joriy etish.	289
Karimova N.H. Ustki trikotaj mahsulotlari uchun xomashyo sarfi kamaytirilgan aralash trikotaj to'qimalarning samarali tuzilishlarini ishlab chiqish.	293
Каландаров Р.К., Каршинев О.Н. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований полученных в хлопкоочистительных заводах.....	297
Ражабов А.И., Нодирова М.Н. Ўзбекистон Республикаси тўқимачилик саноатида, маҳаллий жун толаласидаги ипларнинг сифат кўрсаткичларига таъсири	302
Каландаров Р.К., Росулов Р.Х., Урозов М.К., Пардаев Б.Ч. Математическая модель колебаний корпуса машины при его креплении к фундаменту.....	306
Rajabov A.I., Nodirova M.N. Methods for eliminating the main problems of technological sections of wool processing in our republic	310
АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Fayazova D.S. Authentic material's history	316
Salomova M.Z. Zamonaviy terminologiyaning rivojlanish bosqichlari va aspektlari	321
Шарипова Ф.Н. Семантические модели выражения терминологического значения	324
Shoyimqulova M.Sh. Termin va umumiy so'zlarning o'ziga xos morfologik va semantik xususiyatlari	327
Mannonov Y.O. Barkamol avlod tarbiyasida axborot – kutubxonalarning roli va ahamiyati	331
Рабиев Ғ.Б. Бухоро вилояти қишлоқ аҳоли пунктларининг ирригация тизимини яхшилаш ва ишлаб-чиқариш зоналарини тўғри жойлаштириш масалалари.....	334
Azizov B.A., Xamroyev X.X. Nazariy mexanika fanini o'qitishda qurilish mutaxassisliklari uchun hisoblash-grafik ishlarini rasmiylashtirish	338
Xakimova M.Y. Yangi ma'naviy makonda kutubxonalarning ijtimoiy vazifalari	344
Бахрамова З.Р. Лексико-семантические особенности терминологии в английском и узбекском языках	349
Xakimova M.Y. Jadid kutubxonalari va mutolaa.....	352
Gafurova N.T., Hikmatov N.I. Texnik oliy o'quv yurtlarida zamonaviy ta'lim shakllari va usullari.	357
Sabirova N., Abduazizova D. Leksik birliklarning lingvopragmatik xususiyatlari	362
Saidova G.Sh., Abidova Z.K., Saidov Sh.Sh. Kasb ta'limi o'qituvchilarida professional o'zini o'zi anglashda ijtimoiy psixologik ta'sir ko'rsatuvchi omillar.	365
Нурмурадова Ш.И. Чакмоқдай умр маҳсули	369

UO'K 621.314

YUQORI GARMONIK TASHKIL ETUVCHILAR ASOSIDA YUKLAMA TUGUNLARIDA KUCHLANISH VA FERROREZONANS HODISALARNI ELEKTR TA'MINOTI TIZIMINI SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH

Tovboyev A.N., Boynazarov G'.G'.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Annotatsiya. Maqola konchilik korxonalarida elektr ta'minoti tizimida ferreazonans holatlarda sig'im qarshiliklarining ba'zi qiymatlarida kuchlanish amplitudasini darajasi keskin o'sib, ferreazonans hodisasini keltirib chiqarishi va natijada yuqori garmonikalarning paydo bo'lishiga olib kelishi, tarmoqda kuchlanishning og'ishi natijasida kondensator batareyalardagi sezilarli darajada buzilishlarga uchrashi haqida. Bu shuni ko'rsatadiki, tarmoqda ferreazonans bo'lmasa ham yuqori garmonikalarning sezilarli darajada kuchlanishlari paydo bo'ladi.

Kalit so'zlar: elektr yuklamalar, ferreazonans holatlari, yuqori garmonikalar, statik kondensatorlar, induktiv elementlar, guruhli yuklamalar, elektr iste'molchilari, aktiv, reaktiv tashkil etuvchilar.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛАХ НАГРУЗКИ И ЯВЛЕНИЙ ФЕРРОРЕЗОНАНСА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Товбоев А.Н., Бойназаров Г.Г.

Навоийский государственный горно-технологический университет.

Аннотация. В статье рассматривается, что в системах электроснабжения горнодобывающих предприятий при некоторых значениях емкостного сопротивления в условиях феррорезонанса происходит резкое увеличение амплитуды напряжения, что приводит к возникновению явления феррорезонанса и, как следствие, к появлению высших гармонических составляющих. Из-за колебаний напряжения в сети могут происходить значительные повреждения конденсаторных батарей.

Ключевые слова: электрические нагрузки, явления феррорезонанса, высшие гармоники, статические конденсаторы, индуктивные элементы, групповые нагрузки, электропотребители, а также активные и реактивные компоненты.

EVALUATION OF THE IMPACT OF VOLTAGE AT LOAD NODES AND FERRORESONANCE PHENOMENA ON THE EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON HIGHER HARMONIC COMPONENTS.

Tovboev A.N., Boynazarov G.G.

Navoi state mining and technology university.

Annotatsion. The article discusses that in the power supply systems of mining enterprises, at certain values of capacitive reactance under ferroresonance conditions, a sharp increase in voltage amplitude occurs, leading to the emergence of the ferroresonance phenomenon and, as a consequence, to the appearance of higher harmonic components. Due to voltage fluctuations in the network, significant damage to capacitor banks may occur. This indicates that even in the absence of ferroresonance, fluctuations of higher harmonics can arise in the network.

Key words: Electrical loads, ferroresonance phenomena, higher harmonics, static capacitors, inductive elements, group loads, electric consumers, as well as active and reactive components.

Kirish. Hozirgi vaqtda elektr tarmoqlarida asosan yuqori garmonikalar olti fazali o'zgartirgich davrlari bilan ($p = 6$) baholanadi, bu esa konchilik korxonasida ishlatiladigan o'zgartirgichlar uchun mos keladi.

Tahlil natijalariga ko'ra, sig'im qarshilikning ba'zi qiymatlarida kuchlanish amplitudasi darajasi keskin o'sib, ferreazonans hodisasini keltirib chiqaradi va natijada yuqori garmonikalarning paydo bo'lishiga olib keladi. Tarmoqda kuchlanishning og'ishi natijasida kondensator batareyalarda sezilarli darajada buzilishlarga uchraydi. Bu shuni ko'rsatadiki, tarmoqda ferreazonans bo'lmasa ham yuqori garmonikalarning sezilarli darajada kuchlanishlari paydo bo'ladi. Shu maqsadda filtrli kompensatsiya qiluvchi qurilmalarga ketma-ket ko'rinishda ulangan kondensator batareyalari va reaktor ishlatilishi ko'zda tutiladi. Bunday qurilmalar yuqori chastotali garmonikalarning biriga sozlanishi kerak va ular berilgan garmonikaning filtri hisoblanadi.

Zamonaviy elektr ta'minoti tizimda tarmoq va transformatorlarning aktiv qarshiligini e'tiborga olmaslik mumkin, chunki ularning qiymati mos ravishda reaktiv qarshiliklarga nisbatan juda kichik va hisoblashlar aniqligiga ta'siri kam. Bunda o'zgartirgichlar turli xil tarmoq

kuchlanishlariga mo'ljallangan bo'lishi mumkin. Tizimning qapshiliklari har bir muayyan holat uchun har xil bo'lganligi sababli, tugun sxemalari kuchlanishining umumiy bog'liqligini olish uchun nisbiy birliklarda hisoblashlarni amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

Asosiy qism. Bazaviy quvvatga ega transformatorning yoki S_T o'zgartirgichli transformatorning keltirilgan qarshiliklarini quyidagicha yozish mumkin:

Tizimning qarshiligi;

$$X_{s^*} = \frac{S_T}{S_k}, \quad (1)$$

O'zgartirgichli transformatorning qarshiligi

$$X_{s^*} = \frac{u_{k\%}}{100}. \quad (2)$$

Kommutatsiya konturining qarshiligi

$$X_{k^*} = X_{s^*} + X_{T^*} = \frac{S_T}{S_k} + \frac{u_{k\%}}{100}. \quad (3)$$

EYuK manbaining E_m amplitudasini asosiy qiymatlar sifatida qabul qilsak, garmonikalarning amplitudalari quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$U_{va^*} = -\frac{2\sqrt{3}}{\pi} X_* \sin \frac{v\pi}{3} \left\{ \frac{\sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right]}{(v+1)} \cos[(v+1)\psi] - \frac{\sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right]}{(v-1)} \cos[(v-1)\psi] \right\}, \quad (4)$$

$$U_{vp^*} = -\frac{2\sqrt{3}}{\pi} X_* \sin \frac{v\pi}{3} \left\{ \frac{\sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right]}{(v+1)} \sin[(v+1)\psi] - \frac{\sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right]}{(v-1)} \sin[(v-1)\psi] \right\}, \quad (5)$$

$$U_{vm^*} = -\frac{3X_*}{\pi(v^2-1)} \sqrt{(v-1)^2 \sin^2 \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] + (v+1)^2 \sin^2 \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] - 2(v^2-1) \sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \cos 2\psi}. \quad (6)$$

Elektr ta'minoti tizimining EYuK manbaiga nisbatan kuchlanish v – garmonikasining boshlang'ich fazasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \varphi_{U_v} = \frac{(v-1) \sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sin[(v+1)\psi] - (v+1) \sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sin[(v-1)\psi]}{(v-1) \sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \cos[(v+1)\psi] - (v+1) \sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \cos[(v-1)\psi]}. \quad (7)$$

Kondensator batareyalar ulangan holatida kommutatsiya konturi qarshiligi o'zgarishlarini topamiz. Kontur qarshiligi X_k quyidagicha aniqlanadi:

$$X_k = \frac{X_c \cdot X_s - X_m \cdot X_s + X_c \cdot X_m}{X_c - X_s} \quad (8)$$

Kuchlanish v – garmonikasining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini Om qonuni bo'yicha topamiz:

$$U_{va} = I_{vn} \cdot \frac{1}{\frac{1}{vX_s} - \frac{1}{X_c}} \quad (9)$$

$$U_{vn} = -I_{va} \cdot \frac{1}{\frac{1}{vX_s} - \frac{1}{X_c}} \quad (10)$$

Kuchlanish v – garmonikasining amplituda qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{vm} = \sqrt{U_{va}^2 + U_{vn}^2} \quad (11)$$

Yuqoridagi (9) va (11) formulalar bilan aniqlangan ba’zi o’zgarishlarni amalga oshirgandan so’ng, bog’liqlikni hosil qilamiz. Bunga ko’ra (10) ifoda n – yuqori garmonikalar aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini ifodalaydi.

$$U_{vm} = \frac{X_c \cdot X_s}{X_c - v^2 X_s} \cdot \frac{3E_m}{\pi(v^2 - 1)X_k} \times \sqrt{(v-1)^2 \sin^2 \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] + (v+1)^2 \sin^2 \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] - 2(v^2 - 1) \sin \left[(v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \sin \left[(v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \cos 2\psi} \quad (12)$$

Kuchlanish birinchi garmonikasining amplitudasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

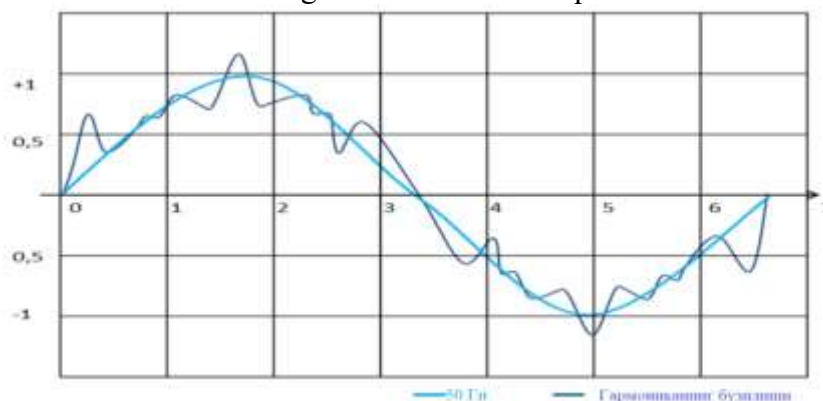
$$U_{1a} = I_{1a} \cdot \frac{X_c \cdot X_s}{X_c - X_s} = \frac{X_c \cdot X_s}{X_c - X_s} \cdot \frac{3E_m}{2\pi X_k} \cdot \sin \gamma \cdot \sin 2\psi; \quad (13)$$

$$U_{1n} = E_m - I_{1n} \cdot \frac{X_c \cdot X_s}{X_c - X_s} = E_m \left[1 - \frac{X_c \cdot X_s}{X_c - X_s} \cdot \frac{3}{2\pi X_k} \cdot (\gamma - \sin \gamma \cdot \cos 2\psi) \right]; \quad (14)$$

$$U_{1m} = \sqrt{U_{1a}^2 + U_{1n}^2}; \quad (15)$$

O’zgartirgichli transformatorning yuqori kuchlanish tomoni shinalariga ulangan Q kondensator batareyalarining quvvati katta oraliqda o’zgarishi mumkin. Agap shinaga faqat bitta o’zgartirgich qurilmasi ulangan bo’lsa, o’zgartirgich qurilmasi quvvatini oshirish maqsadida kondensator batareyalarini o’rnatishdan mantiq yo’q. Elektr ta’minoti tizimlarining elektr zanjirlari aktiv va reaktiv elementlardan iborat bo’lib, ular kommutatsiya jarayonida yuqori garmonikaning paydo bo’lishiga olib keladi. O’tkinchi jarayon rejimda aperiodik tashkil etuvchilari mavjud bo’lib, ularning qo’llanilishida sinusoidal o’zgaruvchan kuchlanish zanjirida sinusoidal kuchlanish amplitudasidan sezilarli darajada ko’rsatkichlari oshib ketishi mumkin. O’tkinchi jarayonlar asinxron dvigatellarni, yuklanmagan transformatorlarni, reaktorlarni ulab – o’chirish jarayonida garmonik o’zgarishlar shaklida sodir bo’ladi.

Aktiv, reaktiv tashkil etuvchilardan iborat kuchlanishlarning yig’indisi elektr manbaining kuchlanishiga teng, faqat kuchlanish vektorlari u_R va u_L bir – biriga nisbatan 90° ga farq qiladi. Shunday qilib, bu kuchlanishlarning hech biri manba ta’minotining kuchlanishidan boshqacha bo’lishi mumkin emas.



1-rasm. Tarmoqda yuqori garmonikalar mavjud bo’lganda taqsimlash qurilmasi shinalaridagi kuchlanish ostsilogrammasi

Ko'rib chiqilayotgan tarmoqlarni o'chirishda tok va kuchlanishlarning qiymatlari ma'lum bir qiymatidan nolgacha keskin pasayishi kuzatiladi. Natijada tarmoqning nominal kuchlanishdan yuqori kuchlanishlarga oshib ketadi. Bu esa kabellar va uskunalar izolyatsiyasining buzilishiga olib keladi. Bunday jarayonlar induktiv yuklama o'chirilganda sodir bo'lib, izolyatsiya aktiv qarshilik vazifasini bajaradi.

Kommutatsiyadan keyingi tokning oniy qiymati quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$i(t) = \frac{E_m}{X_L \sin(\varphi_1 - 90^\circ) e^{-Rt/L}}, \quad (16)$$

bu yerda φ_1 - kommutatsiya vaqtidagi faza siljishi.

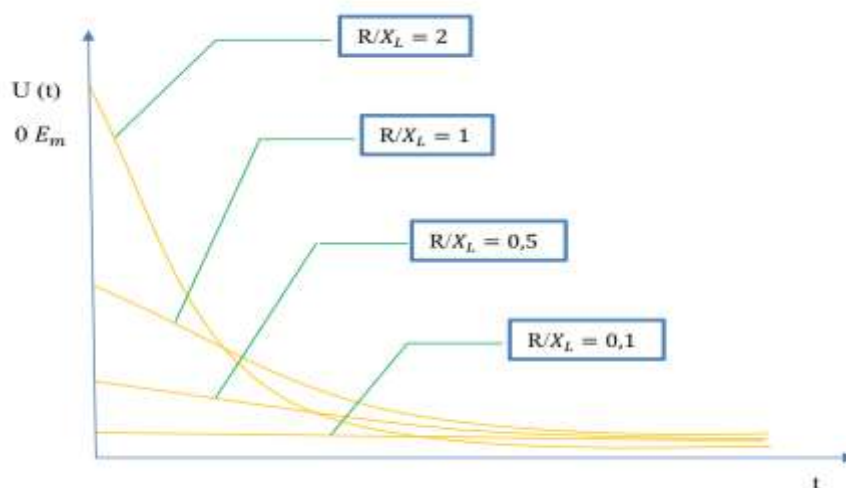
Keltirilgan (16) formuladan kelib chiqqan holda, tokning eng katta qiymati $\varphi_1 = -90^\circ \div +90^\circ$, ya'ni $\varphi_1 = 0 + k\pi$, $k = 0, 1, 2, 3 \dots$ ga to'g'ri keladi. Bunday hollarda tokning oniy qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$i(t) = \frac{E_m}{X_L e^{-Rt/L}}, \quad (17)$$

Tokning eng kichik qiymatida $\varphi_1 = +90^\circ$ ga teng bo'ladi. Kommutatsiyadan so'ng tok tezda 0 ga teng bo'ladi, ya'ni tarmoqda o'tkinchi jarayonlar sodir bo'lmaydi.

$$u_R(t) = R \cdot i(t) = R \cdot \frac{E_m}{X_L \sin(\varphi_1 - 90^\circ) e^{-Rt/L}}. \quad (18)$$

Keltirilgan (18) formuladan ko'rinib turibdiki, ko'rib chiqilayotgan zanjirlarning uzilishi natijasida paydo bo'ladigan kuchlanish shunchalik katta bo'lishi mumkinki, natijada garmonik buzilishlar ular



2 - rasm. Induktiv tapmoq o'chirilganda kuchlanish o'zgarishi grafigi

Elektr ta'minoti tizimlarida yuqori garmonikalarning ta'sirining xarakteri turli omillarga, shu jumladan uskunaning ishlash rejimlariga, uning tuzilish xususiyatlariga va ishlab chiqarish texnologik tizimidagi o'rnatish joyiga bog'liq.

Garmonikalar ta'siri ostida qoladigan uskunalar qatoriga kabel liniyalari, kondensator batareyalari, transformator chulg'amlari, reaktorlar, asinxron dvigatellari va rele himoyasi uskunalarini kiritish mumkin.

Konchilik korxonasining elektr ta'minoti tizimida ferreazonans hodisalari tahlil qilinib, bunday hodisalar tizimlarda tez-tez paydo bo'lishi mumkinligi aniqlandi. Bunda jarayon asosan qarshiliklarning reaktiv tashkil etuvchilariga bog'liq bo'lib, yuqori garmonikalar manbalaridan uzoqlashganda ferreazonans chastotasi oshib boradi. Bunday hollarda kuchlanishlar ferreazonansli toklar ferreazonansiga qaraganda yuqori chastotalarda kuzatiladi. Shunday qilib, tiristorli o'zgartirgichlar orqali ulanmalar uchun toklar ferreazonansi odatda tok 5 garmonikada kuzatiladi va tarmoqlarning yuqoridagi elektr parametrlariga ega bo'lgan 7 va 11 garmonikalarda

kuchlanishlar ferreazonansi kuzatiladi. Kuch transformatolaridan iborat ulanmalarda toklar ferreazonansi 5 va 13 garmonika chastotalarida ko'proq sodir bo'lsa, kuchlanishlar rezonansi 19 – garmonikada sodir bo'ladi. Tahlillar natijalariga ko'ra garmonika manbalaridan uzoqlashish bilan ferreazonansli chastotaning ko'payishi tarmoqning sig'imli tashkil etuvchilari orqali aniqlanadi.

Konchilik korxonasining elektr ta'minoti tizimlarining elektr qurilmalari uchun toklar va kuchlanishlar ferreazonans chastotalari bo'yicha tahlil natijalari 1 – jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Toklar va kuchlanishlarning ferreazonans chastotalari

Elektr qurilmalari Ferrezonans turi	Transformatorlar	Tiristori o'zgartirgichlar	Payvandlash qurilmalari	Asinxron dvigatellar
Toklar ferreazonansi	5-13	5	3	5-13
Kuchlanishlar ferreazonansi	5-19	7,11	3,7	7-11

Umuman, elektr ta'minoti tizimlarida yuqori garmonikalar mavjudligidan kelib chiqadigan ferreazonans natijasida dielektrik isroflar (tgδ) tangens burchagi va o'tkazgichlarning qarshiligi oshadi. Uskunani izolyatsiyalashda ishlab chiqaruvchilar tomonidan tgδ ning nominal va chegaraviy qiymatlari o'rnatiladi. Uskunalar ishlash paytida tgδ ning chegaraviy qiymatidan katta bo'lsa, u holda uskuna ishlamay qolishi mumkin. O'tkazgichlar qarshiligining oshishi ularning o'tkazuvchanlik xususiyatini cheklaydi, bu esa uskunani tanlashda quvvatning asossiz ortiqcha baholashni talab qiladi.

Bugungi kunda ishlab chiqarish korxonalarida asosan moy singdirilgan qog'oz kabellari va plastmassa izolyatsiyali kabellar ishlatiladi. Bunday kabellar butunlay yo'qotilib, ularni polimer izolyatsiyali kabellar bilan almashtirish maqsadga muvofiq, chunki plastik izolyatsiya qilingan kabellarni ishlab chiqarish oson, ulardan foydalanish, o'rnatish va demontaj qilish qulay.

Hozirgi vaqtda O'zbekistonda asosan qog'oz izolyatsiyali kabellardan foydalanib kelinmoqda va ular past, o'rta va yuqori kuchlanishli kabellarga ajratiladi. Ishlatish davomida kabellarning ishonchliligi izolyatsiyaning eskirish intensivligi bilan bog'liq. Uskunaning qizishi elektr o'tkazgichlarida, shuningdek, dielektrik isrof va izolyatsiya o'tkazuvchanligi issiqlik miqdorida isroflarni keltirib chiqaradi.

Shu maqsadda klassik yondashuv qo'llanilgan bo'lib, avvalo, tok o'tkazuvchi qismlarining doimiy tokiga qarshiligi aniqlanadi. Buning uchun ko'rib chiqilayotgan uskunaning o'tkazuvchan qismlari uchun ruxsat etilgan maksimal izolyatsiya harorati tanlanadi. Eng yuqori harorat polietilen izolyatsiyasiga to'g'ri keladi. U 90 °S ga teng bo'lib, ruxsat etilgan maksimal haroratning eng past qiymati 65 °S ga teng va u rezina izolyatsiyasiga to'g'ri keladi. Uskunaning tok o'tkazuvchi qismlarining maksimal temperaturadagi o'zgarmas tokka qarshiligi quyidagiga teng:

$$R_j = \frac{\rho[1 + \alpha(\Theta_{max} - 20)](1 + K_0)}{F_j}, \quad (19)$$

bu yerda ρ – hapopat 20 °C da bo'lgandagi tok o'tkazuvchi qismlarining solishtirma qarshiligi, Θ_{ma} – o'tkazish qismlaridagi maksimal harorat, F_j o'tkazgichlarning ko'ndalang kesim yuzasi, α – qarshilikning o'tkazish qismlaridagi haroratning nisbiy koeffitsienti bo'lib, $4,03 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{S}^{-1}$ ga teng, K_0 – simlarning uzunligi va qarshiligini hisobga olingandagi o'ralish koeffitsienti bo'lib, 0,04 ga teng deb olinadi.

Qarshilik qiymatiga ta'sir qiluvchi yuqori garmonik tashkil etuvchilarni hisobga olish uchun chastotaning o'rtacha qiymatini kiritamiz va bu quyidagiga teng:

$$rf^* = 50 \frac{\sqrt{\sum I_v^2 v}}{I}, \quad (20)$$

bu yerda $I_v - v$ – garmonika tokining haqiqiy qiymati.

Olingan natijalardan ma'lum bo'ldiki, elektr tarmoqlarida yuqori garmonik tashkil etuvchilarining mavjudligi o'zgaruvchan tokdagi qarshiliklarni o'rtacha 2,3 dan 3,6 % gacha oshiradi. Yuqori garmonik tashkil etuvchilar o'tkazgichlarning dielektrik isrofiga sezilarli ta'sir ko'rsatib, yuklama tokini cheklaydi va izolyatsiyani juda erta eskirishini qisqartiradi. Bu asosan 35 kV va undan yuqori kuchlanishlarga nisbatan kattaroq ta'sir qiladi. Izolyatsiyadagi dielektrik isroflar, Vt/m, bir fazada quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi mumkin.

$$P_d = U_f^2 2\pi f C \operatorname{tg} \delta, \quad (21)$$

bu yerda U_f –faza kuchlanishi, V; S – uzunlik birligi uchun faza sig'imi, F/m; $\operatorname{tg} \delta - f$ chastota va ishchi haroratidagi dielektrik isrofning tangens burchagi.

Yuqori garmonik tashkil etuvchilarning mavjudligi qo'shimcha dielektrik isroflarga olib keladi va u quyidagiga teng:

$$P_d = \sum_{v=3}^n U_v^2 2\pi f v C_v \operatorname{tg} \delta_v \approx U^* 2\pi f^* C^* \operatorname{tg} \delta^*. \quad (22)$$

Aylana shakldagi o'tkazgichlar uchun uzunlik birligidagi bir fazaning sig'imi quyidagicha formula bilan hisoblanadi.

$$C_v = \frac{\varepsilon_v 10^{-9}}{18 \cdot \ln \left(\frac{D}{d} \right)}, \quad (23)$$

bu yerda $\varepsilon_v - v$ –garmonika uchun o'tkazgichning dielektrik o'tkazuvchanligi; D –izolyatsiya uchun fazalar diametri; d –o'tkazgichning aktiv qismining diametri

Korxonada garmonik tashkil etuvchilarning mavjudligi dielektrik isroflarning nochiziqli oshishiga olib keladi. 10÷110 kV kuchlanishli kabellarda shitgacha bo'lgan dielektrik isroflar (1,5 – 4,0) 10^{-6} Vt/m ni tashkil etadi.

Agar dielektrik isroflarni yuqori garmonikalar bilan bog'lasak, r_v qarshiligi bilan elektr jihozlarni aktiv qismlarida I_v yuqori garmonik tok oqimlarining qo'shimcha miqdoriga teng issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi va u quyidagiga teng:

$$\Delta P = \sum_{v=3}^n I_v^2 r_v. \quad (24)$$

Yuqori garmonik tashkil etuvchilar elektr jihozlarning aktiv qismlarining qarshiligi sanoat chastotasi yoki asosiy garmonika tokiga nisbatan ko'proq qarshilik ko'rsatadi. Nosinusoidal rejimlarning amaliy hisoblashlarida qurilmaning aktiv qarshiligi quyidagicha ifodalanadi:

$$r_v = r_{tiz} \sqrt{v_{ekv}}, \quad (25)$$

bu yerda r_{tiz} –tizimning aktiv qarshiligi; v_{ekv} –qiymati belgilanadigan garmonikalar tartib raqamlarining ekvivalent qiymati:

$$v_{ekv} = \frac{\sqrt{\sum I_v^2 v}}{\sum I_v}. \quad (26)$$

Yuqoridagi (25) va (26) formulalarning qo'shma ishlashida yuqori ekvivalent tok qiymatiga nisbatan qo'shimcha isroflarga olib keladi va quyidagiga teng:

$$\Delta I = \sqrt{\frac{\Delta P}{r_{tiz} \sqrt{v_{ekv}}}}. \quad (27)$$

Qo'shimcha isroflarni faqat K_{nos} ning sinusoidallik koeffitsienti opqali ifodalash mumkin:

$$\Delta P = I_1^2 r_{sis} \left(\frac{K_{nos}}{100} \right)^2, \quad (28)$$

bu yerda I_1 —tarmoqdagi asosiy gapmonika tokining joriy qiymati:

Ushbu (27) ifodani (28) ifodaga quyib, quyidagini olamiz:

$$\Delta I = \sqrt{\frac{I_1^2 r_{tiz} \left(\frac{K_{nos}}{100} \right)^2}{r_{tiz} \sqrt{v_{ekv}}}} = \frac{I_{nos} \cdot K_{nos}}{100 \cdot \sqrt[4]{v_{ekv}}}. \quad (29)$$

Iste'molchilarning tarmoq toki va tarmoq kuchlanishi bilan ifodalab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\Delta I = \frac{SK_{nos}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt[4]{v_{ekv} U_{tap}}}. \quad (30)$$

Yechim umumiy xapakterga ega bo'lishi uchun yuqori garmonikalar tokining ekvivalent o'sishi yuklama tokiga bog'liq bo'ladi. Nisbiy qiymatlarda tokning ortib ketishi quyidagiga teng:

$$\delta I^* = \frac{\Delta I \cdot 100}{I} = \frac{K_{nos}}{\sqrt[4]{v_{ekv}}}. \quad (31)$$

Yuqori garmonikalardan ferrozonansli hodisalarning mavjudligi birinchi navbatda toklar ferrozonansining paydo bo'lishidan yuqori garmonikalarda tokning o'sishini (0,5÷1,0)% foizga oshiradi. Natijada (31) ifoda quyidagi ko'rinishini oladi:

$$\delta I = \frac{\Delta I \cdot 100}{I} = (1,005 - 1,010) \frac{K_{nos}}{\sqrt[4]{v_{ekv}}}. \quad (32)$$

Yuqoridagi ifodalarga ko'ra, konchilik korxonasining ishlab chiqarishida ishlatiladigan kabellarning asosiy turi sifatida dielektrik isroflar va plastik izolyatsiyali kabellar uchun ruxsat etilgan toklar tahlil qilindi. Misol sifatida, 0,4 kV kuchlanishli kabellar uchun hisoblashning natijalari 2 –jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

0,4 kV kuchlanishli kabellarning dielektrik isrof qiymatlari va ruxsat etilgan toklari

Kabel sim tolasining ko'ndlang kesim yuzasi mm ²	Yuqori garmonikalarni hisobga olmaganida		Yuqori garmonikalar mavjud bo'lsa	
	Dielektrik isroflar, Vt/m 10 ⁻³	Ruxsat etilgan tok, A(A/mm ²)	Dielektrik isroflar, Vt/m 10 ⁻³	Ruxsat etilgan tok, A(A/mm ²)
16	1,419	12 (7,54)	1,589	112 (7,04)
25	1,618	160 (6,43)	1,928	151 (6,04)
35	1,799	190 (5,44)	2,279	179 (5,14)
50	2,018	235 (4,74)	2,489	221 (4,44)
70	2,268	285 (4,08)	2,638	272 (3,89)
95	2,528	340 (3,59)	2,819	325 (3,43)
120	2,747	390 (3,28)	3,138	377 (3,14)
150	3,009	435 (2,94)	3,439	419 (2,79)
185	3,418	490 (2,67)	3,759	466 (2,54)
240	3,937	570 (2,39)	4,139	548 (2,29)

Ushbu jadvalda hisoblangan qiymatlariga muvofiq, kabelning sim tolalari kesim yuzasining ortishi bilan dielektrik isroflar ortib borishi va ruxsat etilgan tok zichligi pasayishi kuzatiladi. Elektr ta'minoti tizimidagi garmonik tashkil etuvchilarining mavjudligi ruxsat etilgan tok qiymatini 10% ga kamaytirish mumkin. Shu bilan birga ferrozonans hodisalaridan 1,5-2% zarar ko'radi.

Jihozlarni tanlashda asosiy parametrlaridan biri nominal toki bo'lib, ko'rilayotgan tarmoqda hisoblangan tokdan kam bo'lishi kerak.

Garmonik tashkil etuvchilar mavjud bo'lganda, tokning hisoblangan qiymati ΔI ga ko'paytiriladi. Konchilik korxonalari asosiy jihozlarning ishlash vaqti parametrlaridan foydalangan holda, taqsimlash qurilma shinalaridagi kuchlanishning nosinusoidallik koeffitsientlari aniqlanadi. Keltirilgan filtrli kompensatsiya qurilmasining samaradorligi passiv filtr chiqishi bilan parallel va ketma-ket aktiv filtrga asoslangan bo'lib, THD_U , THD_I , k_M ko'rsatkichlarining pasayish darajalari bilan baholanadi.

Kompleks qurilmaning ishlash samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar sifatida quyidagilar ko'rib chiqilgan: nochiziqli yuklamaning to'la quvvatining kuch transformatorining umumiy quvvatiga nisbati, yuqori garmonikalarni so'ndirish uchun sozlangan filtrning reaktiv quvvatining nochiziqli yuklama reaktiv quvvatiga nisbati va ushbu blokda taxmin qilish mumkin bo'lgan quvvat manbai. Transformatorning yuklanish darajasining filtrlovchi yuqori garmonik tashkil etuvchilarni kompensatsiya qilish samaradorligiga ta'siri ko'rib chiqilgan (3 - rasm).

Modellashtirish natijalariga ko'ra quyidagi bog'liqliklarni ko'rib chiqish lozim, bunda k_U – kuchlanish bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti quyidagicha:

$$k_U = f\left(\frac{Q_{nyu}}{Q_{Tp}}\right), \quad (33)$$

bu yerda S_{nyu} –nochiziqli yuklamaning to'la quvvati,

S_{Tp} –transformatorning to'la quvvati.

k_I –tok bo'yicha sinusoidallik koeffitsienti.

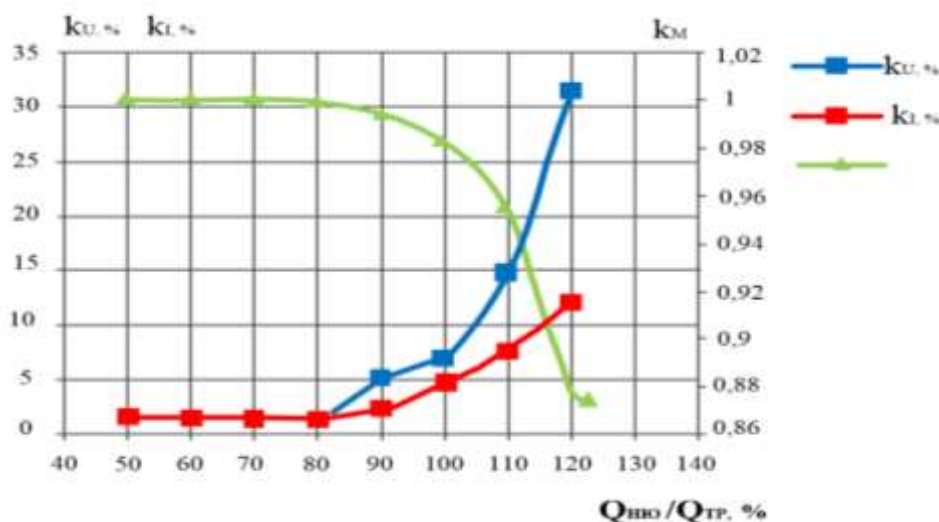
$$k_I = f\left(\frac{Q_{nyu}}{Q_{Tp}}\right), \quad (34)$$

k_M – quvvat bo'yicha sinusoidallik koeffitsienti.

$$k_M = f\left(\frac{Q_{nyu}}{Q_{Tp}}\right), \quad (35)$$

Ushbu koeffitsientlarning o'zaro bog'liqligi bo'yicha munosabatini foizlarda ko'rib chiqishi mumkin. Bu esa transformatoridagi nochiziqli yuklama Q_{nyu} ning to'la reaktiv quvvat transformatorning to'la reaktiv quvvatiga nisbati bilan aniqlanadi.

Olingan qonuniyat shuni ko'rsatadiki, yuqori garmonik tashkil etuvchilari kompensatsiyasining maksimal samaradoplgi $\frac{Q_{nyu}}{Q_{Tp}} \leq 80\%$ gacha nisbatda erishiladi.



3-rasm. Transformator yuklanishining k_U , k_I , k_M qiymatiga bog'liqlik grafigi.

Misol uchun transformator o'ta yuklangan vaqtida beshinchi garmonika tashkil etuvchisi ferrerezonans hodisalarini yuzaga keltiradi, uchinchi garmonika tashkil etuvchilarining karralik toklari oshishiga, reaktiv quvvat iste'moli oshishiga va natijada yuklama quvvat koeffitsientining k_M kamayishiga olib keladi.

Aktiv qarshilikli filtrning Q_{FKQ5} –reaktiv quvvat nisbatiga ta'sirini, beshinchi yuqori garmonika tashkil etuvchilariga va nochiziqli yuklamaning Q_{NYu} –reaktiv quvvat garmonik tashkil etuvchilarini filtrli kompensatsiya qurilmasi bilan kompensatsiya samaradorligiga ta'siri ko'rildi.

Modellashtirish natijalariga ko'ra keyingi bog'liklar quyidagicha (4-rasm):

k_U –kuchlanish bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti,

$$k_U = f\left(\frac{Q_{FKQ5}}{Q_{NYu}}\right), \quad (36)$$

bu yerda Q_{NYu} – nochiziqli yuklamaning reaktiv quvvati, Q_{FKQ5} – beshinchi garmonika tashkil etuvchilarning isroflar uchun rostlanadigan aktiv qarshilikdan iborat filtrli kompensatsiya qurilmasining reaktiv quvvati.

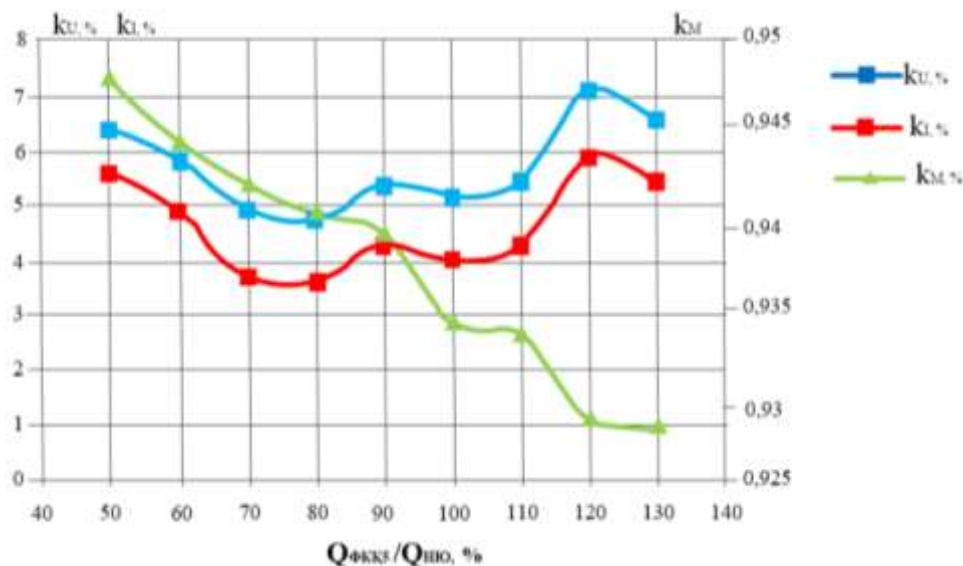
k_I – tok bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti.

$$k_I = f\left(\frac{Q_{fkq5}}{Q_{NYu}}\right), \quad (37)$$

k_M – quvvat bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti.

$$k_M = f\left(\frac{Q_{FKQ5}}{Q_{NYu}}\right), \quad (38)$$

Ushbu $\frac{Q_{nyu}}{Q_{Tp}}$ o'zaro munosabatlar foizlarda ko'rib chiqilgan.



4-rasm. Aktiv qarshilikli filtr k_U, k_M, k_I –lar reaktiv quvvatlarining beshinchi garmonik tashkil etuvchilar nochiziqli yuklamalari reaktiv quvvatlari nisbatiga bog'liqligi.

Passiv filtr reaktiv quvvatining Q_{fkq7} yettinchi yuqori garmonika tashkil etuvchilariga, va nochiziqli yuklama Q_{nyu} reaktiv quvvatining yuqori garmonik tashkil etuvchilarini gibril filtrli kompensatsiyalovchi qurilmasi bilan kompensatsiya samaradorligiga ta'siri ko'pildi.

Modellashtirish natijalariga ko'ra (5-rasm) keyingi bog'lanishlarni quramiz, ya'ni k_U –kuchlanish bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti quyidagicha:

$$k_U = f\left(\frac{Q_{FKQ7}}{Q_{NYu}}\right), \quad (39)$$

bu yerda Q_{NYu} – nohiziqli yuklamaning reaktiv quvvati, Q_{FKQ7} – yettinchi garmonik tashkil etuvchilarning isrof uchun rostlanadigan passiv filtr kompensatsiya qurilmasining reaktiv quvvati.

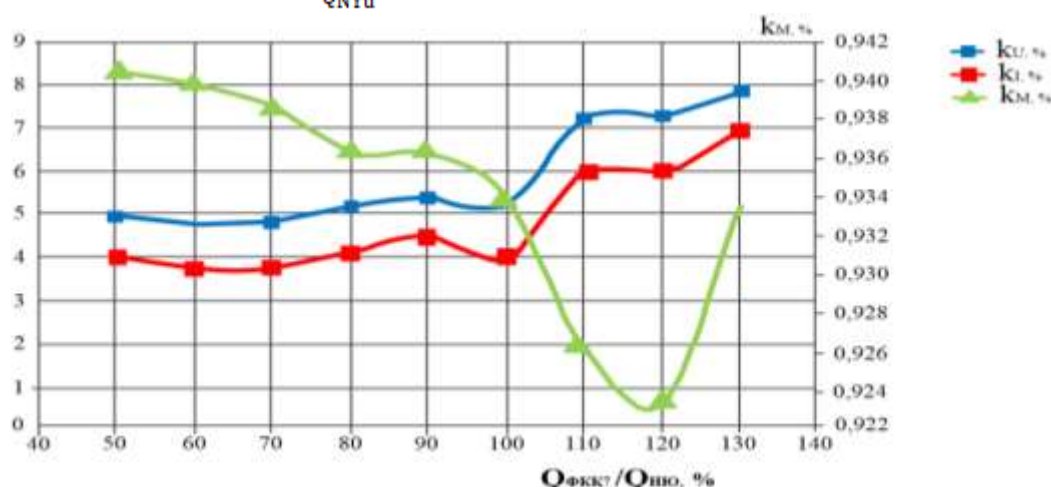
k_I – toklar bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti,

$$k_I = f\left(\frac{Q_{FKQ7}}{Q_{NYu}}\right), \quad (40)$$

k_M – quvvat bo'yicha nosinusoidallik koeffitsienti,

$$k_M = f\left(\frac{Q_{FKQ7}}{Q_{NYu}}\right), \quad (41)$$

Ushbu o'zaro munosabatlar $\frac{Q_{FKQ7}}{Q_{NYu}}$ foiz sifatida ko'rib chiqiladi.



5-rasm. Aktiv qarshilikli filtr k_U, k_M, k_I – koeffitsientlar reaktiv quvvatlarning yettinchi garmonik tashkil etuvchilar nohiziqli yuklamalari reaktiv quvvatlari nisbatiga bog'liqligi.

Xulosa. Aniqlandiki, yuklama ulanganda tarmoqning aktiv va induktiv elementlarida garmonikalar mavjud bo'lganda kuchlanish qiymati manbai kuchlanishi qiymatidan oshmaydi, o'chirilgan taqdirda esa, keskin oshishi natijasida kabellarning izolyatsiyasini yaroqsiz holatga olib kelishi aniqlandi. Elektr tarmoqlarida kuchlanish ferreazonansi toklar ferreazonansiga qaraganda yuqori chastotalarda kuzatilishi va ferreazonans hodisalari yuzaga keladigan turli elektr quilma uchun gapmonik tashkil etuvchilap yuzaga kelishi aniqlandi. Konchilik kopxonalarning elektr tarmoqlarida yuqori garmonikalarning mavjudligi sababli 0,4 kV kuchlanishli plastik izolyatsiyali kabellar uchun dielektrik isroflar va ruxsat etilgan toklar aniqlandi. Yuqori garmonikalar kabellarda ruxsat etilgan yuklamalari 10% gacha va ferreazonans hodisalarini 2% gacha kamaytirish aniqlandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, yuqori garmonika tashkil etuvchilarning kompensatsiyasining maksimal samaradorligi 7 garmonikada $\frac{Q_{fkq7}}{Q_{NYu}} = 70\%$ nisbatda erishiladi. Xuddi shunday 5 garmonikada yuqori garmonik tashkil etuvchilarining kompensatsiyasining maksimal samaradorligi $\frac{Q_{fkqs}}{Q_{NYu}} = 80\%$ erishiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tovbaev A.N., Mardonov D.Sh., Mamatazimov A.X., Samatova S.S. Analysis of subharmonic oscillations in multi-phase ferreazonance circuits using a mathematical model// Apitech III 2021. Journal of Physics: Conference Series 2094 (2021) 052048 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2094/5/052048> pp.260-216.
2. Rijov Yu.P. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma // M.: Izdatelskiy dom MEI, 2019 y 138 bet.

3. Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. Ilm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET jildiga mualliflik huquqi. 6,10-son, 2019 yil oktyabr, 11207-11210-betlar.
4. Levchenko I.I., Zasipkin A.S., Alliluyev A.A., Sasuki Ye.I. Muzli tumanlarda havo elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsiyasi, ta'mirlanishi va monitoringi. o'quv qo'llanma // M.Izdatelskiy dom MEI, 2007y 448 bet.
5. Tovboyev A.N., Ibadullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferrezonans. «Uzbekiston konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali – Navoi 2020. №4 (83). 110-113 bet
6. Tog'ayev I.B., Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines.// Problems and scientific solutions. Vol.6, Issue 4, 2022 Australia, Melbourne. 267-271pt.
7. Tog'ayev I.B., Isoqulov D.SH., Turniyozov Z.A. Havo elektr uzatish liniyalarining holatini baholash bilan ularni monitoring qilish // Central Asian Research Journal For Interdisciplinary Studies (CARJIS) ISSN (online): 2181-2454 Volume 2 | Issue 5 | May, 2022
8. Savina N.V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60). 142–148 bet.
9. Mavlonov J. A., Mardonov D.Sh. “Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari” // Konchilik xabarnomasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2022. № 3. 102-104 bet.
10. Sirok S.A., Kasharnaya Yu. V., Evgrafov S.A. and so on. The influence of the subabonent load on the degree of loss of electricity in the networks of power supply organizations.// Promishlennaya energy. 2010. №8. P. 9-15.
11. Zhelezko Yu.S. Principles of regulation of electricity losses in electrical networks and calculation software. - Power stations, 2001, No. 9, p.33
12. Dixon J. et. al., Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review, Proc. IEEE, VOL 93 №12: pp.2144–2164.

Tovboyev Akram Nurmonovich – v.b. professor. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Energetika” kafedresi v.b. professori, Tel.: +998913097172 (c), E-mail: tovboyev70@mail.ru

Boynazarov G'ayrat G'ulamovich – katta o'qituvchi. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Energetika” kafedresi katta o'qituvchi Tel.: +998933165051 (c), E-mail: gayrat.boynazarov.1983@mail.ru