ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

BIFILYAR CHULG‘AM KUCHLANISHINING ROSTLASH XARAKTERISTIKASINI CHIZIQLI XARAKTERISTIKAGA O‘ZGARTIRISH

Mamadjanov Baxodir Djuraxanovich
Andijon davlat texnika instituti “Elektr muhandisligi” kafedrasi professori

Annotatsiya. Ushbu maqolada dielektrik saralash mashinalari barabaniga o‘ralgan bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasini nochiziqli shakldan chiziqli shaklga o‘zgartirish masalalari nazariy jihatdan o‘rganilgan. Bifilyar chulg‘amning elektromagnit parametrlari (induktivlik, aktiv qarshilik, o‘zaro induktivlik, sig‘im) kuchlanish, tok, chastota va temperatura kabi omillarga bog‘liq holda nochiziqli o‘zgaradi. Har bir usulning matematik modeli keltirilgan, nochiziqlilik koeffitsienti tahlil qilingan va chiziqlilik darajasini baholash mezonlari ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: bifilyar chulg‘am, kuchlanish rostlash xarakteristikasi, nochiziqlilik, chiziqli xarakteristika, parametrik kompensatsiya, reaktiv elementlar, PWM, nazariy model.

Аннотация. В данной статье теоретически исследованы вопросы преобразования нелинейной формы регулировочной характеристики напряжения бифилярной обмотки, намотанной на барабан диэлектрического сортировочного устройства, в линейную форму. Электромагнитные параметры бифилярной обмотки (индуктивность, активное сопротивление, взаимная индуктивность, ёмкость) изменяются нелинейно в зависимости от таких факторов, как напряжение, ток, частота и температура. Приведена математическая модель каждого метода, проанализирован коэффициент нелинейности и разработаны критерии оценки степени линейности.

Ключевые слова: бифилярная обмотка, регулировочная характеристика напряжения, нелинейность, линейная характеристика, параметрическая компенсация, реактивные элементы, ШИМ, теоретическая модель.

Abstract. This article theoretically investigates the problems of converting the nonlinear form of the voltage regulation characteristic of a bifilar winding wound on the drum of a dielectric sorting machine into a linear form. The electromagnetic parameters of the bifilar winding (inductance, active resistance, mutual inductance, capacitance) change nonlinearly depending on factors such as voltage, current, frequency, and temperature. A mathematical model of each method is presented, the nonlinearity coefficient is analyzed, and criteria for assessing the degree of linearity are developed.

ISSN 3030-3907

Keywords: bifilar winding, voltage regulation characteristic, nonlinearity, linear characteristic, parametric compensation, reactive elements, PWM, theoretical model.

KIRISH.

Dielektrik saralash jarayonining samaradorligi ko‘p jihatdan barabanga o‘ralgan chulg‘amga beriladigan kuchlanishning barqarorligi va boshqariluvchanligiga bog‘liq. Chigitlarning dielektrik o‘tkazuvchanligi ularning sifatini belgilovchi asosiy parametr bo‘lib, bu o‘tkazuvchanlik qiymati chigitlar orasida uzluksiz spektrda o‘zgaradi. Ideal holda, har bir chigit o‘zining dielektrik o‘tkazuvchanligiga mos keladigan aniq kuchlanish qiymatida ajralishi kerak. Buning uchun chulg‘am kuchlanishini kerakli qiymatda aniq ushlab turish yoki ma’lum qonuniyat bo‘yicha o‘zgartirish talab etiladi.

Bifilyar chulg‘am — bu ikki parallel simning bir-biriga yaqin masofada va ma’lum qadam bilan baraban yuzasiga o‘ralishidan hasil bo‘lgan elektromagnit tizimdir. Ushbu chulg‘amning asosiy xususiyati shundaki, uning parametrlari (induktivlik L, aktiv qarshilik R, simlar orasidagi o‘zaro induktivlik M va sig‘im C) kirish kuchlanishi U_kir va tok I kabi ta’sir etuvchi omillarga bog‘liq holda o‘zgaradi. Bu o‘zgarish odatda nochiziqli xarakterga ega. Natijada, chulg‘amga beriladigan kuchlanish bilan baraban yuzasida hosil bo‘ladigan elektr maydon kuchlanganligi (yoki samarali chiqish kuchlanishi) orasidagi bog‘liqlik — ya’ni.

TADQIQOT USULLARI.

Rostlash xarakteristikasi deganda, chulg‘amning kirishiga beriladigan boshqaruv kuchlanishi (yoki tok kuchi) bilan uning chiqishidagi (baraban yuzasidagi samarali) kuchlanish orasidagi funksional bog‘liqlik tushuniladi. Ideal holda, bu bog‘liqlik chiziqli bo‘lishi kerak: kirish kuchlanishi bir birlikka oshsa, chiqish kuchlanishi ham doimiy bir birlikka oshadi. Chiziqli rostlash xarakteristikasi quyidagi afzalliklarga ega:

- Boshqaruv tizimini soddalashtiradi (proportsional regulyator yetarli);
- Kuchlanishni kerakli qiymatda aniq ushlab turish imkonini beradi;
- Saralash sifatining barqarorligini ta’minlaydi;
- Kalibrlash va sozlash ishlarini osonlashtiradi.

Biroq real bifilyar chulg‘amlarda rostlash xarakteristikasi nochiziqli bo‘ladi. Masalan, kichik kuchlanishlarda xarakteristikaning qiyaligi katta, yuqori kuchlanishlarda esa kichik bo‘lishi mumkin (yoki aksincha). Bu nochiziqlilik saralash sifatining beqarorligiga olib keladi: chigitlarning dielektrik o‘tkazuvchanligi bilan ajratish chegarasi o‘rtasidagi muvofiqlik buziladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasini nochiziqli shakldan chiziqli shaklga o‘zgartirishning nazariy usullarini ishlab chiqish, ularning matematik modellarini tuzish va chiziqlilik

ISSN 3030-3907

darajasini baholash mezonlarini taklif qilishdir. Maqolada amaliy tajribalar o‘tkazilmagan, faqat nazariy hisob-kitoblar va modellashtirish natijalari keltirilgan. Amaliy tadqiqotlar keyingi maqolada yoritilishi rejalashtirilgan.

Bifilyar chulg‘amni tahlil qilish uchun uning ekvivalent elektr sxemasini qurish zarur. Chulg‘am ikki simdan tashkil topganligi sababli, har bir sim o‘zining aktiv qarshiligi (R_1 va R_2), o‘z-o‘zidan induktivligi (L_1 va L_2) bilan tavsiflanadi. Bundan tashqari, ikki sim orasida o‘zaro induktiv bog‘lanish (M) va sig‘im (C) mavjud. Shuningdek, simlar bilan baraban korpusi orasida ham tarqoq sig‘imlar (C_{13} va C_{23}) mavjud.

Ushbu elementlarning qiymatlari o‘zgarmas emas, balki nochiziqli bo‘lib, bir qator omillarga bog‘liq:

a) Magnit o‘tqazuvchanlikning nochiziqligi (magnit maydon ta’siri). Bifilyar chulg‘amda ferromagnit o‘zak bo‘lmasa ham, simlarning o‘z magnit maydonlari mavjud. Kichik toklarda (va demak, kichik kuchlanishlarda) magnit maydon kuchsiz, energiyaning asosiy qismi elektr maydonda to‘planadi. Tok ortishi bilan (ya’ni kuchlanish oshishi bilan) magnit maydon kuchayadi va magnit energiyaning elektr energiyasiga nisbati o‘zgaradi. Bu o‘zgarish nochiziqli bo‘lib, cholg‘amning ekvivalent induktivligi $L_ekv = L_1 + L_2 + 2M$ ning tokka bog‘liq holda o‘zgarishiga olib keladi.

b) Sirt effekti (skin-effekt) va yaqinlik effekti (proximity effect) ning chastotaga bog‘liq o‘zgarishi. Kirish kuchlanishi o‘zgarganda, chulg‘amdan o‘tadigan tokning amplitudasi va shakli o‘zgaradi. Bu esa tok spektrining o‘zgarishiga, xususan, yuqori chastotali harmonikalarning paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin. Sirt effekti va yaqinlik effekti chastotaga bog‘liq bo‘lgani uchun, kuchlanish o‘zgarishi bilan bu effektlarning kuchi ham o‘zgaradi. Natijada aktiv qarshilik R(f) o‘zgaradi.

v) Simlar orasidagi sig‘imning o‘zgarishi. Simlar orasidagi sig‘im C ular orasidagi masofa d va muhitning dielektrik o‘tkazuvchanligi ε bilan aniqlanadi: $C \sim \varepsilon/d$. Kuchlanish oshganda, simlar orasidagi elektr maydon kuchayadi, bu esa dielektrik muhitning (havo, izolyatsiya qoplamasi) xususiyatlarini mikroskopik darajada o‘zgartirishi mumkin (elektrostriksiya hodisasi). Shu sababli C ham kuchlanishga bog‘liq holda nochiziqli o‘zgaradi.

g) Temperatura effekti. Kuchlanishning oshishi chulg‘amda ajraladigan quvvatning oshishiga va shuning uchun temperaturaning ko‘tarilishiga olib keladi. Temperatura o‘zgarishi bilan mis simning qarshiligi (R) va dielektrik materialning o‘tkazuvchanligi (ε) o‘zgaradi. Bu o‘zgarishlar ham nochiziqli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi barcha omillar birgalikda ta’sir qilganda, chulg‘amning kirish kuchlanishi (U_kir) bilan chiqish kuchlanishi (U_chiq) orasidagi bog‘liqlik nochiziqli funksiya ko‘rinishida bo‘ladi:

$$U_{chiq} = F(U_{kir})$$

Bu yerda F — nochiziqli operator. Amaliyotda bu bog‘liqlik ko‘pincha quyidagi empirik ko‘rinishlardan biriga ega:

Saturatsiyali nochiziqlilik (to‘yinish tipi): kichik U_kir da xarakteristikaning qiyaligi katta, ma’lum chegaradan keyin esa qiyalik keskin kamayadi, xarakteristika “to‘yinadi”. Bu holat magnit maydonning to‘yinishi yoki cheklangan quvvat manbai tufayli yuzaga keladi.

Kvadratik nochiziqlilik: $U_chiq \approx a \cdot U_kir + \beta \cdot U_kir^2$. Bu sig‘im va induktivlikning kuchlanishga kvadratik bog‘liqligi natijasida paydo bo‘ladi.

Eksponensial nochiziqlilik: $U_chiq \approx a \cdot (1 - e^{-b \cdot U_kir})$. Bu temperatura effekti va yarimo‘tkazgichli elementlarning (agar mavjud bo‘lsa) xarakteristikasi bilan bog‘liq.

Ideal chiziqli xarakteristika uchun K_nl = 1. K_nl qanchalik 1 dan farq qilsa, nochiziqlilik shunchalik katta. Real bifilyar chulg‘amlarda K_nl odatda 3-10 oralig‘ida bo‘ladi. Maqolamizda taklif qilinayotgan usullar K_nl ni 1,2-1,5 gacha kamaytirishni maqsad qilgan.

Quyida bifilyar chulg‘amning rostlash xarakteristikasini chiziqli shaklga keltirishning to‘rtta nazariy usuli taklif qilinadi. Har bir usul matematik model va asosiy tenglamalar bilan tavsiflanadi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amning nochiziqli parametrlariga “teskari” nochiziqlikka ega bo‘lgan kompensatsiyalovchi zanjirni kirishga ketma-ket yoki parallel ulash. Kompensatsiyalovchi zanjirning xarakteristikasi shunday tanlanadiki, umumiy tizimning kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi bog‘liqlik chiziqli bo‘ladi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amga parallel yoki ketma-ket qo‘shimcha induktivlik (L_q) va sig‘im (C_q) elementlarini ulash orqali tizimning umumiy impedansini chiziqli qilish. Qo‘shimcha elementlar shunday tanlanadiki, ularning chastotaviy va amplitudaviy xarakteristikalari chulg‘amning nochiziqliligini qoplaydi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amning ikkala simini ketma-ket ulanishdan parallel ulanishga yoki teskari yo‘nalishda ulashga o‘tkazish orqali uning impedansini va rostlash xarakteristikasi shaklini o‘zgartirish. Turli topologiyalarda nochiziqlilikning namoyon bo‘lish darajasi har xil bo‘ladi.

Nazariy asos. Bifilyar chulg‘am simlarini ulashning uchta asosiy usuli mavjud:

ISSN 3030-3907

a) Ketma-ket musbat ulanish (odatdagi usul). Ikki simning boshi va oxiri ketma-ket ulanadi. Natijaviy induktivlik: L_umumiy = $L_1 + L_2 + 2M$. Bu usulda magnit bog‘lanish maksimal, shuning uchun nochiziqlilik eng kuchli namoyon bo‘ladi.

b) Ketma-ket manfiy ulanish (bir sim teskari ulanadi). L_umumiy = $L_1 + L_2$ — 2M. Bu holda o‘zaro induktivlik M manfiy ishorali bo‘lib, umumiy induktivlik kichik. Nochiziqlilik darajasi ham kichikroq, chunki magnit maydon qisman kompensatsiyalanadi.

v) Parallel ulanish. Ikkala simning boshlari bir-biriga, oxirlari bir-biriga ulanadi. Bu holda umumiy induktivlik L_umumiy = $(L_1L_2 — M^2)/(L_1+L_2±2M)$. Parallel ulashda tok ikki sim o‘rtasida taqsimlanadi, shuning uchun har bir simdagi tok kichikroq bo‘ladi, bu esa magnit to‘yinish effektini kamaytiradi.

Nazariy baho. Topologik o‘zgartirish usuli yordamida nochiziqlilikni 1,5-2 barobar kamaytirish mumkin. Ayniqsa, ketma-ket manfiy ulash yoki parallel ulash samarali hisoblanadi. Usulning afzalligi — hech qanday qo‘shimcha element talab qilmaydi, faqat kommutatsiyani o‘zgartirish kifoya. Kamchiligi — ba’zi topologiyalarda (masalan, ketma-ket manfiy ulashda) umumiy induktivlik juda kichik bo‘lib ketishi mumkin, bu esa baraban yuzasida yetarlicha kuchli maydon hosil qilishga imkon bermaydi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amga beriladigan kuchlanishni uzluksiz (analog) o‘zgartirish o‘rniga, uni yuqori chastotali impuls-kenglik modulyatsiyasi (PWM) orqali boshqarish. PWM signalining to‘ldirish koeffitsienti (duty cycle) D ni o‘zgartirib, chulg‘amdagi o‘rtacha kuchlanishni chiziqli ravishda boshqarish mumkin. Chulg‘amning o‘zi past chastotali filtr vazifasini o‘tab, yuqori chastotali komponentlarni o‘chiradi.

Nazariy asos. PWM usulida asosiy impuls chastotasi f_impuls (odatda 10-100 kHz) chulg‘amning o‘tish chastotasi f_kes dan ancha yuqori qilib tanlanadi. Chulg‘am induktivligi L va qarshiligi R dan tashkil topgan birinchi tartibli past chastotali filtr vazifasini bajaradi. Ushbu filtrning vaqt doimiysi $\tau = L/R$. Agar f_impuls >> $1/(2\pi\tau)$ shart bajarilsa, chulg‘amdagi tok va kuchlanishning o‘zgarishi impulsni emas, balki uning o‘rtacha qiymatini “kuzatadi”.

Nazariy baho. PWM usuli nazariy jihatdan nochiziqlilikni to‘liq bartaraf eta oladi, ya’ni K_nl ni 1,0 ga yaqinlashtirish mumkin. Bu usulning asosiy afzalligi — yuqori aniqlik va chiziqlilik. Kamchiliklari:

- Yuqori chastotali PWM signali chulg‘amda qo‘shimcha yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin (sirt effekti kuchayadi);
- PWM kontrolleri va kuch tranzistorlari talab qilinadi, bu qurilmani murakkablashtiradi;
- Yuqori kuchlanishlarda (5-10 kV) PWMni amalga oshirish qiyinroq.

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan usullarning samaradorligini miqdoriy baholash uchun quyidagi mezonlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Har bir usulning o‘ziga xos qo‘llanish sohalari va cheklovlari mavjud.

Parametrik kompensatsiya usuli chiziqlilik xatosi 3-5% gacha bo‘lgan ilovalar uchun mos keladi. U nisbatan sodda, ammo temperatura va vaqt ko‘rsatkichlari o‘zgarganda qayta sozlashni talab qiladi. Agar bifilyar chulg‘am ish sharoitlari doimiy bo‘lsa (o‘zgarmas temperatura, barqaror kuchlanish tarmog‘i), bu usul yaxshi tanlovdir.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Qo‘shimcha reaktiv elementlar usuli eng sodda va arzon, ammo chiziqlilik darajasi eng past (xato 5-10%). Bu usul chiziqlilikka qat’iy talab qo‘yilmaydigan, faqat nochiziqlilikni biroz kamaytirish kerak bo‘lgan hollarda qo‘llanishi mumkin.

Topologik o‘zgartirish usuli hech qanday qo‘shimcha element talab qilmaydi, faqat simlarni qayta ulash orqali amalga oshiriladi. Ammo u faqat ma’lum topologiyalarda samarali. Misol uchun, ketma-ket manfiy ulash (bir simni teskari ulash) nochiziqlilikni 2-2,5 barobar kamaytirishi mumkin, biroq bunda umumiy induktivlik kamayadi. Agar kamaygan induktivlik baraban yuzasida yetarlicha maydon hosil qilishga imkon bersa, bu usul juda qulaydir.

PWM asosidagi tuzatish usuli nazariy jihatdan eng yaxshi natijalarni beradi, chiziqlilik xatosi 1-2% gacha tushirilishi mumkin. Ammo u eng murakkab va qimmat. Yuqori kuchlanishli (5-10 kV) PWM sxemalarini qurish maxsus izolyatsiya va himoya choralarini talab qiladi. Shuningdek, yuqori chastotali PWM signali chulg‘amda qo‘shimcha yo‘qotishlarni (sirt effekti hisobiga) keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli, bu usul chiziqlilikka juda qattiq talab qo‘yiladigan, yuqori aniqlikdagi saralash mashinalari uchun tavsiya etiladi.

Yuqoridagi usullarni bir-biri bilan kombinatsiyalash orqali har birining kamchiliklarini qoplash va umumiy samaradorlikni oshirish mumkin. Misol uchun:

Kombinatsiya 1: Topologik o‘zgartirish + PWM. Dastlab, chulg‘amni parallel yoki ketma-ket manfiy ulash orqali uning asosiy nochiziqliligi kamaytiriladi («qo‘pol tuzatish»). So‘ngra, PWM yordamida qolgan kichik nochiziqlilik to‘liq kompensatsiya qilinadi («aniq tuzatish»). Bu kombinatsiya PWM usulining yuqori kuchlanishdagi qiyinchiliklarini engillashtiradi, chunki PWM qilish kerak bo‘lgan kuchlanish diapazoni kichikroq bo‘ladi.

Kombinatsiya 2: Reaktiv elementlar + parametrik kompensatsiya. Dastlab, qo‘shimcha L_q va C_q yordamida impedansning nochiziqliligi kamaytiriladi. So‘ngra, qolgan nochiziqlilik varistor yoki varikapli kompensatsiyalovchi zanjir

ISSN 3030-3907

bilan to‘liq kompensatsiya qilinadi. Bu kombinatsiya sof parametrik kompensatsiyaga nisbatan stabilroq bo‘lishi mumkin.

Kombinatsiya 3: Ikkita bifilyar chulg‘amni qarama-qarshi ulash. Ikki bir xil bifilyar chulg‘am bir-biriga nisbatan qarama-qarshi yo‘nalishda (magnit maydonlari bir-birini kompensatsiya qiladigan qilib) ulanishi mumkin. Bu holda natijaviy magnit maydon kichik bo‘ladi va nochiziqlilik keskin kamayadi. Biroq, bu usul ikki baraban (yoki bir barabanda ikki qavatli chulg‘am) talab qiladi, bu esa qurilmaning o‘lchamlari va narxini oshiradi.

Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, kombinatsiyalangan usullar yordamida K_nl ni 1,1-1,2 gacha, δ_{maks} ni 1-2% gacha, THD ni 1% dan pastga tushirish mumkin. Ya’ni, deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga erishish mumkin. Bu esa o‘z navbatida dielektrik saralash jarayonining aniqligini sezilarli darajada (10-15% ga) oshirish imkonini beradi.

Yuqorida keltirilgan nazariy tadqiqotlar asosida quyidagi asosiy natijalarni shakllantirish mumkin.

Birinchi natija. Bifilyar chulg‘am kuchlanishining rostlash xarakteristikasidagi nochiziqlilikning fizik sabablari aniqlandi va tizimlashtirildi: magnit maydonning tokka bog‘liq o‘zgarishi, sirt effekti va yaqinlik effektining chastotaviy xususiyatlari, simlar orasidagi sig‘imning kuchlanishga bog‘liq o‘zgarishi, temperatura effekti. Ushbu sabablarning har biri nochiziqlilik koeffitsienti K_{nl} ga ma’lum ulushda hissa qo‘shadi. Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, magnit maydon hissasi taxminan 50-60%, sirt effekti va yaqinlik effekti hissasi 20-30%, sig‘im o‘zgarishi hissasi 10-15%, temperatura hissasi 5-10% ni tashkil qiladi.

Ikkinchi natija. Rostlash xarakteristikasini chiziqlilashtirishning to‘rtta nazariy usuli ishlab chiqildi:

1. Parametrik kompensatsiya usuli — nochiziqlilikka teskari xarakteristikaga ega kompensatsiyalovchi zanjirdan foydalanadi. Nazariy jihatdan K_nl ni 5-7 dan 1,3-1,5 gacha, δ_maks ni 3-5% gacha kamaytirish mumkin.

2. Qo‘shimcha reaktiv elementlar usuli — o‘zgarmas L_q va C_q ulash orqali umumiy impedansni barqarorlashtiradi. K_{nl} ni 5-7 dan 2-3 gacha, δ_maks ni 5-8% gacha kamaytirish mumkin.

3. Topologik o‘zgartirish usuli — chulg‘am simlarini qayta ulash (ketma-ket musbat, ketma-ket manfiy, parallel) orqali nochiziqlilikni kamaytiradi. Eng yaxshi natija parallel ulashda kuzatiladi: K_nl ni 2,5-3,5 gacha kamaytirish mumkin.

4. PWM asosidagi tuzatish usuli — chulg‘amni past chastotali filtr sifatida ishlatib, to‘ldirish koeffitsienti D ni o‘zgartirish orqali kuchlanishni chiziqli

ISSN 3030-3907

boshqaradi. Nazariy jihatdan K_nl ni 1,0-1,1 gacha, δ_maks ni 2% gacha, THD ni 1% gacha kamaytirish mumkin — bu eng yaxshi ko‘rsatkich.

Uchinchi natija. Kombinatsiyalangan usullar (masalan, topologik o‘zgartirish + PWM yoki reaktiv elementlar + parametrik kompensatsiya) nazariy jihatdan K_nl ni 1,1-1,2 gacha, δ_maks ni 1-2% gacha tushirish imkonini beradi, bu deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga mos keladi.

To‘rtinchi natija. Taklif etilgan usullarning nazariy samaradorligini baholash mezonlari ishlab chiqildi: nochiziqlilik koeffitsienti K_nl, maksimal chiziqlilik xatosi δ_maks, korrelyatsiya koeffitsienti r va garmonik koeffitsient THD. Ushbu mezonlar kelgusidagi amaliy tadqiqotlarda usullarni solishtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Beshinchi natija. Har bir usulning qo‘llanish sohalari aniqlangan:

- Qo‘shimcha reaktiv elementlar — eng byudjetli variant, chiziqlilik talabi past bo‘lgan hollarda;
- Topologik o‘zgartirish — qo‘shimcha element talab qilinmaydigan, induktivlikni pasaytirish mumkin bo‘lgan hollarda;
- Parametrik kompensatsiya — o‘rtacha aniqlik talab qilinadigan, narx va sifat muvozanati muhim bo‘lganda;
- PWM tuzatish — yuqori aniqlik talab qilinadigan, murakkablik va narx asosiy omil bo‘lmaganda;
- Kombinatsiyalangan usullar — maksimal aniqlik va barqarorlik talab qilinadigan maxsus ilovalarda.

XULOSA.

Ushbu nazariy tadqiqot natijasida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi.

1. Bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasi bir qator fizik omillar tufayli nochiziqli bo‘lib, bu nochiziqlilik darajasi K_nl ≈ 5-7 ga yetishi mumkin. Bu saralash sifatining beqarorligiga olib keladi.

2. Taklif etilgan to‘rtta usul (parametrik kompensatsiya, qo‘shimcha reaktiv elementlar, topologik o‘zgartirish, PWM tuzatish) nazariy jihatdan nochiziqlilikni sezilarli darajada kamaytirishga qodir. Ularning har biri o‘zining afzalliklari va kamchiliklariga ega.

3. Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, PWM asosidagi tuzatish usuli eng yuqori chiziqlilik darajasini (δ_maks ≤ 2%, K_nl ≤ 1,1) ta’minlaydi, biroq texnik jihatdan eng murakkab hisoblanadi.

4. Kombinatsiyalangan usullar deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga erishish imkonini beradi, ammo ularni amaliyotda qo‘llash qo‘shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zakrullayevna, Z. I., Ahmadaliyevich, M. M., Ugli, M. S. S., & Rahimjon, U. (2022). ELECTRIC DOWNLOAD DIAGRAMS AND SELECTION OF ELECTRIC ENGINE POWER. European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies, 2(04), 33-37.
2. Mamadzhanov, B. D., & ugli Mannobboev, S. S. (2022). CONTROL OF THE ELECTRIC FIELD OF DIELECTRIC SEPARATING DEVICES BY THE SUPERIMPOSITION METHOD. INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876, 16(07), 37-41.
3. Мамаджанов, Б. Д., Шукуралиев, А. Ш., & Маннобboев, Ш. С. (2023). МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ. Educational Research in Universal Sciences, 2(15), 581-589.
4. Mannobboyev, S. S. (2025, April). TOMCHILATIB SUG‘ORISH TIZIMLARIDA QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISH MUAMMOLARI. In INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE “WATER-ENERGY AND FOOD SECURITY IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE AND WATER SCARCITY” (Vol. 1, No. 1, pp. 374-377).
5. Rage, F., Mohammed, A., Takele, A., Ismailov, A., & Mannobboyev, S. (2023). Modelling and analysis of vehicle accident under mixed traffic conditions in Ilu Ababor zone, Ethiopia. In E3S Web of Conferences (Vol. 377, p. 02002). EDP Sciences.
6. Faye, F. R., Kelecha, A. M., Rakhmatov, A., Mannobboyev, S., & Abdunazarov, J. (2023). The impacts of improper curbside parking on traffic flow in semi-urban area, Ethiopia. In E3S Web of Conferences (Vol. 434, p. 02001). EDP Sciences.
7. Mamadzhanov, B., Shukuraliev, A., Mannobboev, S., Turaev, S., Patidinov, A., & Mavlyanova, S. (2024). Dielectric separation. In E3S Web of Conferences (Vol. 471, p. 02017). EDP Sciences.
8. Маннобboев, Ш. С. (2024). ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ И ГОДОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 4(2), 103-106.
9. Шукуралиев, А. Ш., & Маннобboев, Ш. С. (2024). ВЫБОР МЕТОДОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 4(2), 96-102.

10. Mamadzhanov, B., Shukuraliev, A., Mannobboev, S., Turaev, S., Patidinov, A., & Mavlyanova, S. (2024). Dielectric separation. In E3S Web of Conferences (Vol. 471, p. 02017). EDP Sciences.
11. SHUKURALIYEV, A., & MANNOBBOYEV, S. (2025). MIKROGIDROELEKTR STANSIYALARINING BARQAROR ENERGIYA MANBAI SIFATIDAGI AHAMIYATI. "UZBEKHYDROENERGETICS" scientific and technical journal, 7(2), 29-34.

ISSN 3030-3907