ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 8

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

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕСИММЕТРИИ И НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ

Ештемиров Жамшидбек Олимжон ўғли
Студент Каршинского государственного технического университета

Аннотация. В статье проведён анализ потерь электрической энергии, возникающих вследствие несимметрии напряжений и токов, а также несинусоидальности режимов работы в системах электроснабжения. Рассмотрены дополнительные потери мощности в линиях электропередачи, силовых трансформаторах, конденсаторных батареях и электрических двигателях. Оценены технико-экономические последствия ухудшения показателей качества электрической энергии и показана важность снижения энергетических потерь.

Ключевые слова: качество электрической энергии, несимметрия напряжений, несинусоидальность, потери электрической энергии, потери активной мощности, линии электропередачи, силовой трансформатор, асинхронный двигатель, конденсаторная батарея, система электроснабжения.

Abstract. This article analyzes electrical energy losses caused by voltage and current unbalance as well as non-sinusoidal operating conditions in power supply systems. Additional power losses occurring in transmission lines, power transformers, capacitor banks, and electric motors are considered. The technical and economic impacts associated with the deterioration of power quality indicators are evaluated, and the importance of reducing energy losses is highlighted.

Keywords: power quality, voltage unbalance, non-sinusoidal conditions, electrical energy losses, active power losses, transmission lines, power transformer, induction motor, capacitor bank, power supply system.

Annotatsiya. Maqolada elektr ta’minoti tizimlarida kuchlanish va toklar nosimmetriyasi hamda nosinusoidalligi natijasida yuzaga keladigan elektr energiyasi isroflari tahlil qilingan. Elektr uzatish liniyalari, kuch transformatorlari, kondensator batareyalari va elektr dvigatellarda hosil bo‘ladigan qo‘shimcha quvvat yo‘qotishlari ko‘rib chiqilgan. Elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlarining pasayishi natijasida yuzaga keladigan texnik-iqtisodiy zararlar baholanib, energiya isroflarini kamaytirishning ahamiyati yoritilgan.

Kalit so‘zlar: elektr energiyasi sifati, nosimmetriya, nosinusoidallik, elektr energiyasi isrofi, aktiv quvvat yo‘qotishlari, elektr uzatish liniyalari, kuch transformatori, asinxron dvigatel, kondensator batareyasi, elektr ta’minoti tizimi.

ВВЕДЕНИЕ.

Основная часть потерь электроэнергии в электрических сетях всех потребителей электроэнергии, в частности промышленных предприятий,

ISSN 3030-3907

приходится на линии электропередачи и трансформаторы. В практических расчетах, как правило, учитываются потери электроэнергии именно в этих элементах сети. Потери электроэнергии в обмотках трансформаторов, кабельных линиях и воздушных линиях электропередачи зависят от квадрата протекающего по ним тока нагрузки (в соответствии с законом Джоуля–Ленца) и называются нагрузочными потерями. Ток нагрузки, как правило, изменяется во времени в зависимости от режимных параметров и принимает различные значения, вследствие чего нагрузочные потери рассматриваются как переменная величина.

С увеличением числа подключаемых потребителей к электрической сети и ростом нагрузок потери электрической энергии возрастают. Согласно результатам анализа потребления и потерь электроэнергии, в электрических сетях напряжением 0,38 кВ потери электроэнергии составляют 32% от общих потерь. В трансформаторных подстанциях (ТП), преобразующих уровень напряжения до потребительского значения, в частности в трансформаторах 10/6/0,4 кВ, потери составляют 51–52% от общих потерь электроэнергии.

Несимметрия напряжения снижает эффективность работы выпрямительных устройств и уменьшает результативность использования регулирующих и компенсирующих устройств. Особенно отрицательное влияние несимметрия оказывает на работу и долговечность асинхронных электродвигателей. При несимметрии фазных напряжений, равной 5%, мощность асинхронного электродвигателя в зависимости от его типа снижается на 5–20%. Известно также, что при асимметрии напряжения на уровне 4% срок службы асинхронного электродвигателя сокращается примерно в 2 раза. Установлено, что каждая единица коэффициента несимметрии напряжения соответствует дополнительному отклонению напряжения на 1,73%.

В свою очередь, изменение напряжения приводит к дополнительным потерям мощности и сокращению срока службы электрического оборудования. Например, при отклонении напряжения на 10% потери в электродвигателе увеличиваются на 2%, при этом возрастает потребляемый ток двигателя, что приводит к преждевременному старению изоляции обмоток и, в конечном итоге, к выходу его из строя. Установлено, что при увеличении напряжения на каждый 1% реактивная мощность, потребляемая электродвигателем, возрастает на 3%. Для ламп накаливания повышение напряжения на 1% относительно номинального приводит к увеличению потребляемой мощности на 1,5% и светового потока на 3,7%, при этом срок службы сокращается на 15%. Повышение напряжения на 3% уменьшает срок службы ламп на 30%. Снижение напряжения на 5% приводит к уменьшению

ISSN 3030-3907

светового потока на 18%, а снижение на 20% практически ограничивает возможность запуска люминесцентных ламп.

Несимметрия напряжений и токов оказывает негативное влияние на работу устройств релейной защиты и автоматики. В несимметричном режиме токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземляющие устройства, ухудшая их функционирование, что приводит к высыханию грунта и увеличению сопротивления заземляющей системы. При работе трехфазной системы в несимметричном режиме снижается пропускная способность элементов сети, возникает дополнительный нагрев электрических машин, а также увеличиваются активная мощность и потери электроэнергии в системах электроснабжения. Несимметрия токов вызывает несимметрию напряжений, что, в свою очередь, приводит к отклонениям фазных и линейных напряжений сети. Несимметрия напряжений оказывает существенное влияние на низкочастотные каналы проводной связи, сигнализации и автоблокировки.

Обеспечение рационального и эффективного использования энергетических ресурсов и энергии является одним из способов достижения важных экономических и социально значимых целей. Повышение качества электроэнергии в промышленных и бытовых электрических сетях позволяет снизить потери электроэнергии до уровня, установленного нормативными документами.

Качество электрической энергии в настоящее время стало общепринятым и достаточно четко определенным понятием в области электроснабжения потребителей. Увеличение числа электроприемников с нелинейными и несимметричными нагрузками в транспорте и повседневной жизни, а также рост их установленной мощности, развитие технологического оборудования в промышленности приводят к ухудшению качества электрической энергии в системах электроснабжения. В результате этого снижается эффективность работы как самих систем электроснабжения, так и подключенных к ним потребителей. Следствием является то, что электрическое оборудование, рассчитанное на работу при определенных характеристиках электрической энергии, во многих случаях эксплуатируется в неэффективных режимах, что приводит к ряду негативных последствий [7]:

- увеличение потерь во всех элементах системы;
- рост потребления электрической энергии;
- увеличение требуемой мощности электрического оборудования;
- сокращение срока службы электрических устройств (выход их из строя);
- увеличение капитальных вложений в системы электроснабжения;

ISSN 3030-3907

•ложные срабатывания устройств релейной защиты и автоматики;
•нарушения в работе электронных систем управления и вычислительной техники;
•искажения в линиях связи;
•нарушение нормального хода производственного процесса и порча продукции.

Одним из факторов, увеличивающих потери в электрических сетях и распределительных элементах, является несимметрия токов и напряжений.

Влияние асимметрии токов и напряжений приводит к снижению качества электрической энергии, что вызывает экономический ущерб, связанный с ухудшением энергетических показателей, сокращением срока службы электрического оборудования, общим снижением надежности электрических сетей, увеличением потерь активной мощности, а также ростом потребления активной и реактивной мощности.

В сетях промышленных предприятий имеется большое количество потребителей с несимметричными и нелинейными нагрузками, а также устройств, чувствительных к нарушению уровня нагрузки. При ухудшении качества напряжения ухудшаются условия работы асинхронных и синхронных двигателей, силовых трансформаторов, конденсаторных батарей, систем освещения и других электрических установок, что приводит к увеличению потерь активной мощности.

В данной работе рассмотрим методы оценки дополнительных потерь, возникающих вследствие несимметрии токов и напряжений в различных элементах систем электроснабжения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЮЩИЕ СЕТИ

В линиях электропередачи, распределительных сетях и трансформаторах несимметрия токов снижает пропускную способность трехфазной системы. При несимметричной нагрузке одна из фаз оказывается перегруженной, в то время как другие работают в недогруженном режиме. При передаче электроэнергии в сетях низкого напряжения, если токи распределены по фазам несимметрично, потери мощности могут быть в три–четыре раза выше по сравнению с симметричным режимом.

Действительно, в симметричном режиме потери электрической энергии составляют $3I^2r$ где r — активное сопротивление однофазной линии. Если в одной фазе ток увеличивается, а в другой уменьшается на величину AI то потери возрастают следующим образом:

$$I^2r + (I + AI)^2r + (I-AI)^2r = 3I^2r + 2AI^2r \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

В высоковольтных линиях (без нулевого провода), при пренебрежении токами нулевой последовательности, дополнительные потери, обусловленные только токами обратной последовательности, определяются следующим образом:

$$\Delta P_{qo'sh.l} = \Delta P_l K_{2i}^2 \quad (2)$$

Где ΔP_l– потери в высоковольтных электрических линиях (ВЛ) в симметричном режиме;, K_{2i}^2– коэффициент несимметрии по токам обратной последовательности.

Дополнительное увеличение потерь мощности в электрических линиях 0,38 кВ при несимметричной нагрузке по сравнению с симметричным режимом может быть оценено с использованием коэффициента $K_{НЕР}$, учитывающего неравномерность загрузки фаз. [1]:

$$\Delta P_{qo'sh.l} = \Delta P_l K_{ner} \quad (3)$$

Где $$K_{ner} = \frac{I_A^2+I_B^2+I_C^2}{3(I_A+I_B+I_C)^2} * \left(1 + 1{,}5\frac{r_{nt}}{r_f}\right) - 1{,}515\frac{r_{nt}}{r_f} = \frac{I_A^2+I_B^2+I_C^2}{3I_{sr}^2} * \left(1 + 1{,}5\frac{r_{nt}}{r_f}\right) - 1{,}51{,}5\frac{r_{nt}}{r_f} \quad (4)$$

r_{nt}, r_f - сопротивления нулевого и фазного проводников, I_A, I_B, I_C – измеренные фазные токи.

Для сети с изолированной нейтралью выражение для определения имеет следующий вид:

$$K_{ner} = \frac{I_A^2+I_B^2+I_C^2}{3(I_A+I_B+I_C)} = \frac{I_A^2+I_B^2+I_C^2}{3I_{sr}^2} \quad (5)$$

СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Несимметрия в трансформаторах возникает вследствие несимметрии подводимого и выходного напряжений, а также несимметрии нагрузки. При несимметрии напряжения под «полезной» мощностью трансформатора понимают мощность, соответствующую токам прямой последовательности. Мощность, соответствующая токам прямой последовательности, при достижении в одной из обмоток полного тока номинального значения, обычно принимается как номинальная мощность трансформатора.

В трансформаторах с большим сопротивлением для токов нулевой последовательности при несимметрии токов (например, при соединении обмоток по схеме «звезда с заземлённой нейтралью») дополнительные потери, обусловленные магнитными потоками нулевой последовательности, могут достигать 25–35% потерь холостого хода. В этом режиме падение напряжения составляет 15–20% вместо 4% в симметричном режиме.

Магнитные потоки, создаваемые токами нулевой последовательности, замыкаются через бак, крышку и другие ферромагнитные части

ISSN 3030-3907

трансформатора, что приводит к его дополнительному перегреву. Повышенный нагрев ухудшает условия охлаждения активных частей трансформатора, что вызывает перегрев изоляции обмоток сверх допустимых норм, и трансформатор, даже при нагрузке ниже номинальной, может работать в условиях перегрузки вплоть до выхода из строя. Это приводит к необходимости увеличения расчетной номинальной мощности трансформаторов. Хотя данный эффект дает лишь ограниченный положительный результат, он позволяет существенно снизить уровень напряжения и потери электрической энергии в сети. При несимметричной нагрузке также наблюдается увеличение уровня шума трансформаторов.

Дополнительные потери мощности в сети, вызванные несимметрией токов, характеризуются коэффициентом увеличения потерь мощности KPK_PKP:

$$K_P=AP_H/AP_c=1 + K^2_{21} + K_{01}* r_0/r \quad (6)$$

Где AP_H- в несимметричных режимах потери мощности в сети, AP_c- активные потери мощности в сети, обусловленные протеканием токов прямой последовательности, K_{21}- коэффициент несимметрии токов обратной последовательности, K_{01}- коэффициент несимметрии токов нулевой последовательности и r0, r – сопротивления нулевой и прямой последовательностей.

В силовых трансформаторах дополнительные потери активной мощности, вызванные несимметрией режима, обусловлены протеканием токов обратной последовательности. Они могут быть определены по следующей формуле:

$$\Delta P_{qo'sh.tr} = K_{2u}^2(\Delta P_{sl} + \frac{\Delta P_{kz}}{U_{kz}^2}) \quad (7)$$

Где ΔP_{sl} – потери холостого хода;
ΔP_{kz}– потери короткого замыкания;
U_{kz}^2– напряжение короткого замыкания.

При отсутствии возможности определения точных паспортных характеристик трансформаторов или выполнения расчётов для группы однотипных трансформаторов дополнительные потери активной мощности могут быть определены следующим образом:

$$\Delta P_{qo'sh.tr} = K'_{tr}K_{2u}^2S_n \quad (8)$$

Здесь Sn— номинальная полная мощность силового трансформатора; ktr — коэффициент, зависящий от мощности и типа трансформатора.

КОНДЕНСАТОРНЫЕ БАТАРЕИ

В установках компенсации реактивной мощности дополнительные потери, возникающие вследствие несимметрии напряжения в электрических

ISSN 3030-3907

сетях и у потребителей, составляют относительно небольшую долю. Однако даже эти потери могут приводить к заметному повышению температуры конденсаторов и сокращению их срока службы.

Дополнительные потери в конденсаторных установках, обусловленные несимметрией напряжения, определяются по следующей формуле:

$$\Delta P_{qo'sh.kon} = K_{2u}^2 Q_n tg\delta \quad (9)$$

Здесь Qn— номинальная реактивная мощность конденсаторной установки; tan δ— угол диэлектрических потерь.

При отсутствии данных о величине диэлектрических потерь для конденсаторных батарей допускается использование коэффициента ku, значение которого принимается на основе данных о работе группы однотипных элементов и рекомендуется принимать ku=0,003 [7]. Таким образом, выражение (7) принимает следующий вид:

$$\Delta P_{qo'sh.kon} = K'_{ku} K_{2u}^2 Q_n \quad (10)$$

Асинхронные и синхронные электродвигатели

К числу потребителей, наиболее чувствительных к отклонениям качества напряжения, относятся асинхронные и синхронные электродвигатели, которые составляют основную долю нагрузки промышленных предприятий (более 50–60%) [7]. Дополнительные потери в электрических машинах подразделяются на основные и дополнительные. Основные потери в электрических машинах возникают в результате электромагнитных и механических процессов, протекающих в них. К ним относятся потери в обмотках, потери в активной стали, обусловленные основным магнитным потоком, а также механические потери [4].

Даже незначительная несимметрия напряжений на зажимах асинхронных двигателей приводит к существенному увеличению потерь активной мощности вследствие их низкого сопротивления токам обратной последовательности, что, в свою очередь, вызывает дополнительный нагрев обмоток. Дополнительные потери в электрических машинах, вызванные несимметрией напряжения, могут быть определены по упрощённой формуле:

$$\Delta P_{qo'sh.AD} = K'_{AD} K_{2u}^2 P_n \quad (11)$$

Здесь k′ — коэффициент, зависящий от типа электрической машины; K2U— коэффициент несимметрии напряжения; Rn — номинальное напряжение электродвигателя.

Для асинхронных электродвигателей коэффициент k′ может быть определён следующим образом:

$$K'_{AD} = 2{,}41 K_{AD} \quad (12)$$

ISSN 3030-3907

Здесь kAD— безразмерный коэффициент, зависящий от параметров конкретного двигателя (номинальной мощности, потерь в обмотке статора, кратности пускового тока).

Коэффициент kAD обратно пропорционален величине номинальной мощности асинхронного электродвигателя. Для различных отраслей промышленности средние значения коэффициента kAD изменяются в пределах от 1,07 до 2,91, при этом для промышленности в целом рекомендуется принимать kAD=1,85 [7].

Дополнительные потери активной мощности, связанные с несимметрией напряжения, не зависят от нагрузки двигателя и определяются на основе выражений (1) и (2) с учетом следующих параметров:

$$\Delta P_{qo'sh.AD} = 2{,}41 K_{AD} K_{2u}^2 P_n \qquad (13)$$

В синхронной машине дополнительные потери активной мощности, вызванные несимметрией, возникают как в статоре, так и в роторе. Однако потерями в статоре, обусловленными несимметрией напряжения, можно пренебречь, поскольку их величина значительно меньше потерь в роторной обмотке. Таким образом, дополнительные потери мощности могут быть определены в зависимости от коэффициента асимметрии напряжения следующим образом:

$$\Delta P_{qo'sh.CD} = K_{CD} K_{2u}^2 P_n \qquad (14)$$

Здесь kСД— коэффициент, зависящий от типа электрической машины; K2U— коэффициент несимметрии напряжения; Pn — номинальная мощность электродвигателя.

Коэффициент kСД принимается равным: для турбогенераторов — 1,856; для гидрогенераторов и синхронных электродвигателей — 0,681 (0,273); для синхронных компенсаторов — 1,31 [7].

Коэффициенты kСД и kAD целесообразно применять для расчёта дополнительных потерь активной мощности в системах, содержащих большое количество электрических машин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Особый интерес представляет расчет дополнительных потерь активной мощности, возникающих вследствие отклонения показателей качества электрической энергии от нормативных параметров [1–3]. В условиях несимметричного режима работы величины дополнительных потерь мощности в отдельных элементах распределительной сети, обусловленные снижением показателей качества электроэнергии, необходимы для оценки их доли в общей величине указанных потерь, а также для определения экономического ущерба. Без таких оценок сложно выполнить

ISSN 3030-3907

предварительные расчеты экономической целесообразности мероприятий по повышению качества электрической энергии.

Приведённые выше факторы ухудшают технико-экономические показатели процессов передачи, преобразования и потребления электрической энергии и нередко приводят к аварийным ситуациям в системах электроснабжения. В этой связи, в соответствии с ГОСТ 13109-97, устанавливающим нормы качества электрической энергии, допустимое значение несимметрии напряжения у потребителей, подключённых к электрическим сетям общего назначения, не должно превышать 2%. Максимально допустимое значение несимметрии напряжения не должно превышать 4%. С одной стороны, рост мощности однофазных нагрузок, а с другой — повышение требований к качеству электрической энергии обуславливают необходимость разработки и исследования высокоэффективных методов и технических средств симметрирования, что имеет важное значение для эффективного функционирования предприятий любого назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., ... & Mukimov, B. (2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012171). IOP Publishing.
2. Usmanov, E., Rajabboeva, A., Kurbonov, N., & Kurbanova, K. (2024, June). Operational logic scheme of the sketch base for an educational simulator in the fundamentals of power supply. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1, p. 050029). AIP Publishing LLC.
3. Turdiboyev, A., Aytbaev, N., Mamutov, M., Tursunov, A., Toshev, T., & Kurbonov, N. (2023, March). Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1142, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
4. Saidkhodjaev, A., Kasimova, G., Akbarkhodjaev, S., & Kurbonov, N. (2025, November). Structure and principles for selecting a rational urban power supply schemes. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3331, No. 1). AIP Publishing.
5. Abdullayevich, Q. N. Muzaffar o‘g‘li, NT (2024). NORMALIZATION MODES OF HYDROGENERATORS. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(25), 368-371.
6. Abdullayevich, Q. N. (2023). REACTIVE POWER COMPENSATION. IMRAS, 6(6), 506-508.

ISSN 3030-3907

7. Abdullayevich, Q. N. Almardon o‘g‘li, NA, & Bahodir o‘g, QOA (2024). INFLUENCE OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY ON ELECTRICAL ENERGY WASTE. Научный Фокус, 1(9), 786-789.
8. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ ВА ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ СОҲАСИДА ИННОВАЦИОН ФАОЛИЯТНИ БОШҚАРИШДА ЛОЙИҲА ЁНДАШУВИДАН ФОЙДАЛАНИШ. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(25), 363-367.
9. Abdullayevich, Q. N., & Qizi, Q. M. S. (2023). Ways to Reduce Losses in Power Transformers. Texas Journal of Engineering and Technology, 20, 36-37.
10. Mahmutxonov, S. J., Qurbonov, N., & Babayev, O. (2022). ELEKTR TARMOQLARIDA SIFAT KO ‘RSATKICHLARI VA ISROFLAR. Innovatsion texnologiyalar, 47, 14-15.
11. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ СИФАТИНИ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ИСРОФИГА ТАЪСИРИ. PEDAGOG, 7(9), 183-188.
12. Abdullayevich, K. N., & Olimjon o‘g‘li, E. J. (2024). Using consumer-regulators to equalization of electrical energy system load schedule. Journal of Multidisciplinary Bulletin, 7(4), 25-29.
13. Abdullayevich, K. N. (2024). Analysis and evaluation of the effectiveness of energy saving in industrial enterprises. SCIENTIFIC APPROACH TO THE MODERN EDUCATION SYSTEM, 3(28), 75-81.
14. Курбонов, Н. А., Халикова, Х. А., & Неъматов, Б. А. О. (2024). ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. Eurasian Journal of Academic Research, 4(6-1), 37-41.
15. Abdullayevich, Q. N., & Elmurodovich, B. O. (2023). ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ. Новости образования: исследование в XXI веке, 1(7), 1006-1010.
16. Abdullayevich, Q. N. (2023). REDUCING ELECTRICITY LOSSES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS DUE TO MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF LINE SECTIONS. MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH, 3(28), 275-279.
17. Abdullayevich, K. N. (2024). ОЦЕНКА ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИИ. PROSPECTS AND MAIN TRENDS IN MODERN SCIENCE, 2(13), 531-536.

ISSN 3030-3907

18. Abdullayevich, K. N. (2024). ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. Новости образования: исследование в XXI веке, 3(26), 203-208.
19. Abdullayevich, K. N., & Abduzairovna, N. M. (2024). ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИДА РАҚАМЛИ ПОДСТАНЦИЯЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ МАСАЛАЛАРИ. Eurasian Journal of Social Sciences, Philosophy and Culture, 4(9), 71-75.
20. Abdullayevich, K. N. (2024). НОРМАТИВНЫЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10, 6 и 0, 4 кВ. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(21), 55-60.
21. Abdullayevich, Q. N., & Ikrom o'g, T. A. A. (2023). Efficiency OF Use OF Frequency Converter with Smooth Control OF Asynchronous Motor Speed. Galaxy International Interdisciplinary Research Journal, 11(5), 448-449.
22. Abdullayevich, K. N., O'G'Li, M. F. A., O'G'Li, E. J. O., & O'G'Li, P. A. B. (2024). MARKOV ZANJIRI USULI VA O 'LCHANGAN SHAMOL TEZLIKLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA YANGI SHAMOL TEZLIKLARINI BASHORAT QILISH. Eurasian Journal of Academic Research, 4(11-2), 7-12.
23. Abdullayevich, K. N., Akrom o'g, N. M. B., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). Functions of facts devices with innovation technology in the electrical energy system. Journal of Engineering Sciences, 7(5), 12-16.
24. Abdullayevich, K. N., & Abdullayevna, X. X. (2024). EFFECTIVENESS OF USING A FREQUENCY CONVERTER WITH SMOOTH SPEED CONTROL OF AN INDUCTION MOTOR. Новости образования: исследование в XXI веке, 3(27), 151-154.
25. Abdullayevich, K. N. Shuhrat o'g'li, OS, & Olimjon o'g'li, EJ (2024). STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS. AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN, 2(5), 112-119.
26. Abdullayevich K. N., Tulqin o'g'li X. M., Mansur o'g'li C. D. УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ //IMRAS. – 2025. – Т. 8. – №. 3. – С. 35-43.
27. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., & Kurbonov, N. & Mukimov, B.(2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012171).

ISSN 3030-3907

28. Abdullayevich K. N. et al. ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА //Eurasian Journal of Academic Research. – 2024. – Т. 4. – №. 6-2. – С. 19-23.
29. Abdullayevich Q. N. CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON ELECTRICAL CIRCUITS. Finland International Scientific Journal of Education //Social Science & Humanities. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 1095-1098.
30. Abdullayevich K. N., Mansur o‘g‘li C. D. МЕТОДЫ И МЕРЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДА //INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH IN EDUCATION. – 2025.
31. Abdullayevich K. N., Shuhrat o‘g‘li O. S., Olimjon o‘g‘li E. J. STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2024. – Т. 2. – №. 5. – С. 112-119.
32. Muminov, A., Yusupov, D., Kutbidinov, O., Mukhammadjonov, M., Norboev, A., Zaynieva, O., ... & Radjabov, S. (2026, May). Development and analysis of a health index-based multi-criteria assessment model for power transformer condition monitoring. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3447, No. 1, p. 040011). AIP Publishing LLC.

ISSN 3030-3907