ASINXRON DVIGATEL UCHUN REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALOVCHI QURILMA

Dadajanov Tulan,
FarDTU, katta o‘qituvchi
E-mail: dadajanovtulan@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada asinxron elektr dvigatelining reaktiv quvvatini kompensatsiya qilish uchun qo‘llaniladigan ketma – ket va parallel kondensatorli kompensatsiyalovchi qurilmalar ko’rib chiqilgan, modellangan va tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: reaktiv quvvat, quvvat koeffitsienti, asinxron dvigatel, kondensatorli kompensatsiyalovchi qurilma, ketma-ket kompensatsiya, parallel kompensatsiya.

Аннотация: В статье рассматриваются, моделируются и анализируются последовательные и параллельные конденсаторные компенсирующие устройства, используемые для компенсации реактивной мощности асинхронного электродвигателя.

Ключевые слова: реактивная мощность, коэффициент мощности, асинхронный двигатель, конденсаторное компенсирующее устройство, последовательная компенсация, параллельная компенсация.

Abstract: The article discusses, models and analyzes series and parallel capacitor compensating devices used to compensate for the reactive power of an asynchronous electric motor.

Keywords: reactive power, power factor, asynchronous motor, capacitor compensating device, series compensation, parallel compensation.

Kirish

Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish elektr ta’minotida muhim - masalalardan biridir, uni to'g'ri hal qilish resurslarni sezilarli darajada tejash imkoniyatini beradini. Bu muammolar energetiklar tomonidan hal qilinadigan masalalarning umumiy majmuasida doimo muhim o'rin egallagan. Bugungi kunda ko'plab iste'molchilar uchun kompensatsiya qurilmalarini o'rnatish va ulardan foydalanishni keng joriy etish dolzarp masalalardan biridir.

Ishlab chiqarish quvvatlarining ortoishi elektr uskunalarning haddan tashqari yuklanishi yuzaga keladi. Bu holat elektr uskunalarning ishlashiga ham, elektr ta'minoti tizimining ishonchliligiga ham salbiy ta'sir ko‘rsatadi. Elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish vazifasini ham ma’lum darajada reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish orqali bajarish mumkin.

Sanoat korxonalari tomonidan energiya tizimlaridan iste’mol qilinadigan umumiy reaktiv quvvat balansida eng katta ulush asinxron dvigatellarga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun asinxron elektr dvigatellarining reaktiv quvvatni iste’molini kamaytirishda eng muhim masalalardan biri bo’lib hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Sanoat korxonalarida reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish amalga oshiriladigan asosiy texnik vositalar quyidagilardan iborat: statik kondensatorlar; sinxron dvigatellar; sinxron kompensatorlar; kompensatsion o'zgartkichlar.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Sanoat korxonalarida statik kondensatorlar quvvatni kompensatsiya qilish vositasi sifatida eng ko'p tarqalgan. Ularning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: yuqori samaradorlik; past energiya yo'qotishlari; texnik xizmat ko'rsatishning soddaligi; tejamkorlik; tezkor ishga tushirish; yuqori ishonchlilik. Ushbu afzalliklar tufayli statik kondensatorlar ko'ndalang kompensatsiyada va reaktiv quvvatni boshqarishda keng qo'llaniladi.

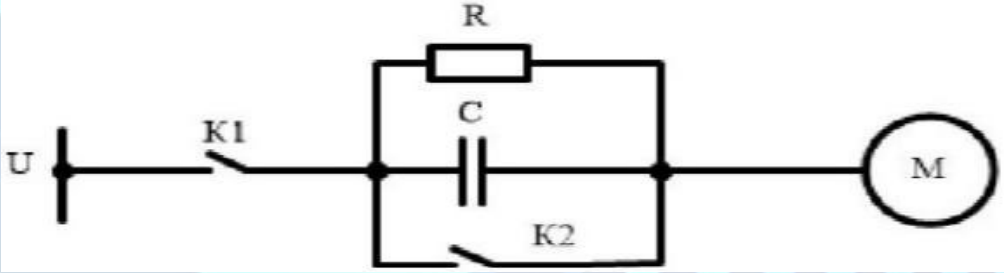
Tarmoq kuchlanishiga qarab, uch fazali kondensator batareyalari har bir fazada kondensatorlarning ketma-ket yoki parallel-ketma-ket ulanishi asosida bir fazali kondensatorlardan yig'ilishi mumkin.

- **Ketma-ket ulanish** – Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda qo'llaniladi, chunki bu usul har bir kondensatorga tushadigan kuchlanishni kamaytiradi va izolyatsiya bardoshliligini oshiradi.
- **Parallel-ketma-ket ulanish** – O'rtacha va past kuchlanishli tarmoqlarda qo'llanadi, bu esa kerakli sig'imni ta'minlash bilan birga, ishonchlilikni oshirish imkonini beradi.

Ushbu usullar kondensator batareyalarining ishlash barqarorligini ta'minlash va ularning elektr tarmoqlariga moslashuvchanligini oshirish uchun qo'llaniladi.

Asinxron dvigatelning stator zanjiriga kondensatorlarni ulash orqali ishga tushirish usullaridan foydalanish eng samarali yechimdir. Kondensatorlar ishga tushirish vaqtida dvigatelga ketma-ket yoki parallel tarzda ulanadi. Ma'lumki, ishga tushirish rejimida kondensatorlarning sig'imi nominal rejimdagiga nisbatan katta bo'lishi kerak. Shu sababli, sig'imi boshqariladigan kondensatorli ishga tushiruvchi-kompensatsiyalovchi qurilmalardan foydalanishga ehtiyoj tug'iladi. Bu holda quvvat koeffitsienti yuqori bo'lishi kerak [1].

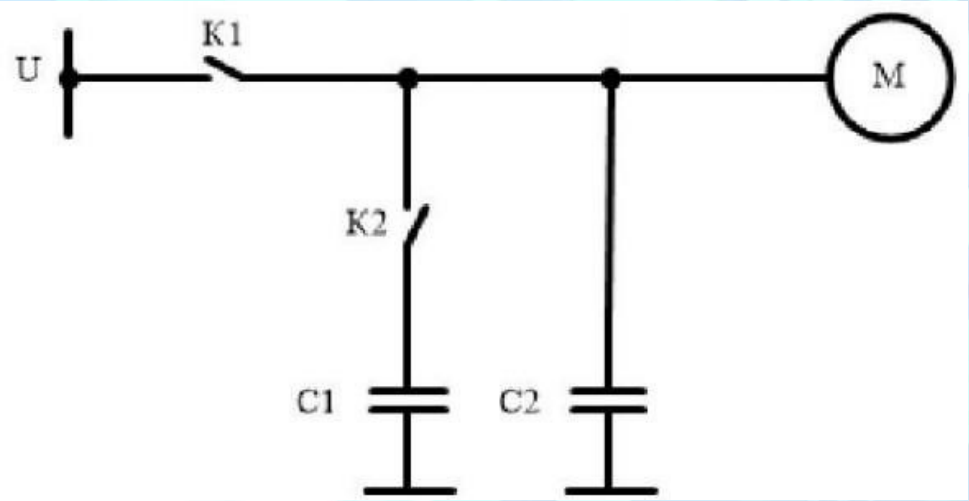
Ketma-ket ulanadigan kondensatorli ishga tushirish qurilmasining sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Asinxron dvigatel ishga tushgach, **K2** kontaktor **C** kondensatorini shuntlaydi.



1-rasm. Ketma-ket ulanadigan kondensatorli ishga tushirish qurilmasi.

ISSN 3030-3907

Parallel ulanadigan kondensatorli ishga tushirish qurilmasida (KIQ) dvigatel chulg‘amlariga kondensatorlar **C1** va **C2** parallel tarzda ulanadi. Ushbu qurilmaning sxemasi 2-rasmda ko‘rsatilgan. Asinxron dvigatel (AD) ishga tushgach, **K2** kontaktori **C1** kondensatorini o‘chiradi (ajratadi).



2-rasm. Kondansatorlari parallel ulangan kondensatorli ishga tushirish qurilmasi.

C1 va C2 kondansatorlarining parallel ulanishi hisobiga reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishi tufayli motorning tarmoqdan oladigan ishga tushish toki kamayadi.

Ishga tushirish paytidagi motorning past quvvat koeffitsiyenti (0,2–0,3) reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish uchun katta sig‘imli kondansatorlardan foydalanishni talab qiladi. Bundan kelib chiqadiki, motor nominal aylanish tezligiga yetgandan so‘ng, C1 kondansatorini o‘chirish kerak, ish rejimlarida asinxron dvigatelning reaktiv quvvatini kompensatsiya qila oladigan C2 kondansatori esa ulangan holda qoladi. Shunday qilib, ishga tushirish kondansatori ish rejimidagi reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish uchun ishlatiladi [4].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Elektr tarmog‘ida aktiv va reaktiv quvvat nisbatini boshqarish hamda elektr energiyasi sifatini oshirish maqsadida reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish amalga oshiriladi. Buning uchun yuklamaga reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulanadi [4, 5]. Bunday qurilma o‘rnatilgach, reaktiv quvvat yuklama va generator o‘rtasida harakatlanmaydi, balki iste’molchi va kompensatsiyalovchi qurilmaning reaktiv elementlari o‘rtasida tebranishda bo‘ladi [6, 7].

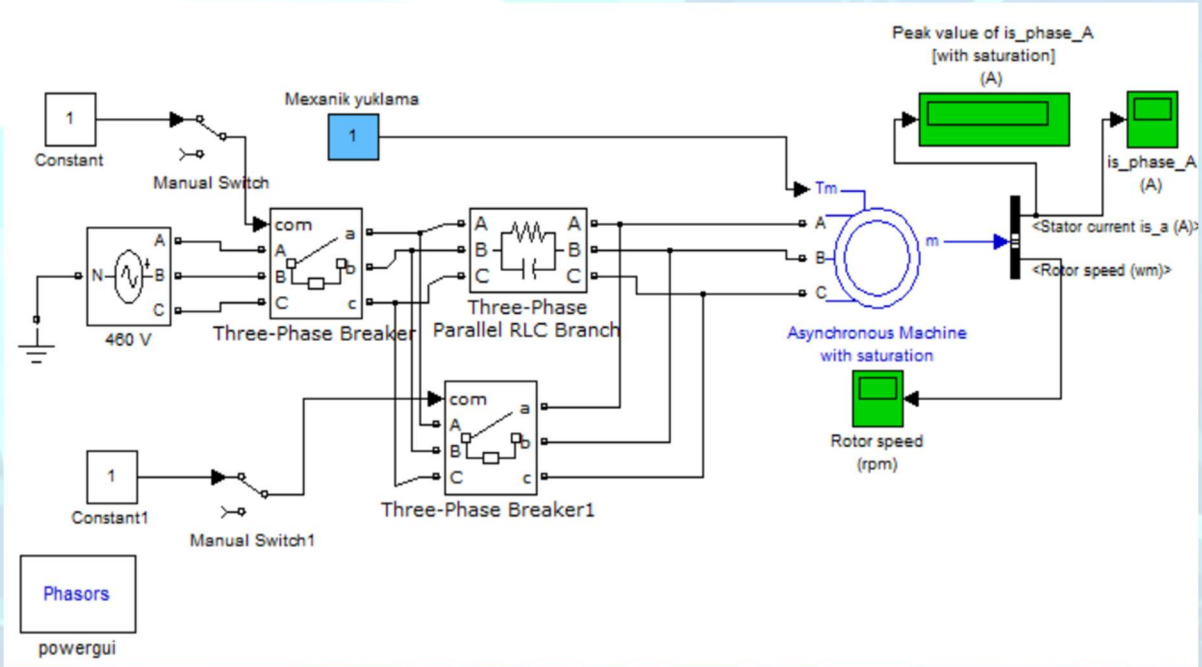
Tadqiqot obyekti — bu aktiv-induktiv xarakterga ega elektr yuklama, xususan, asinxron dvigatellar bo‘lib, ular faqat aktiv quvvatni emas, balki energiya tizimidagi barcha yuklamalarning 60–65% gacha bo‘lgan reaktiv quvvatini ham iste’mol qiladi [8, 9].

ISSN 3030-3907

Tarmoqdan iste'mol qilinadigan reaktiv quvvatni kamaytirishning eng samarali usullaridan biri — bu reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalardan foydalanishdir. Reaktiv quvvatni ketma-ket va parallel kompensatsiyasi uchun kondensatorli qurilmalarning modellari Matlab / Simulink dasturiy muhitida tayyorlandi.

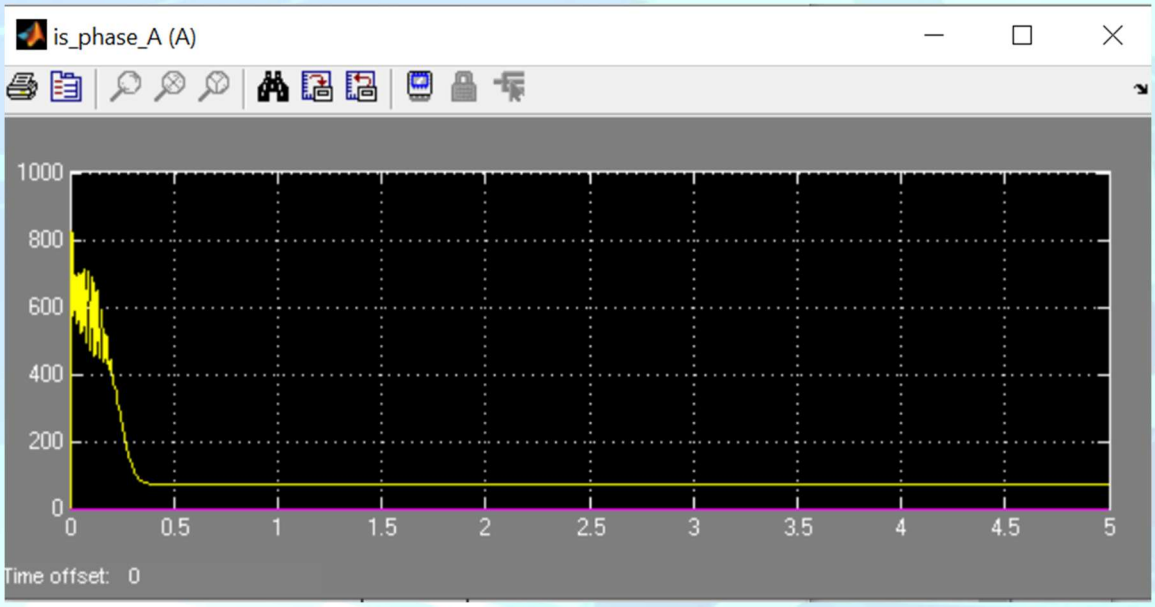
Ketma-ket kompensatsiyaning modellash sxemasi, ketma – ket kompensatsiya ulanmagandagi va ulangandagi A fazadagi tok amplitudasining ossillogrammalari 3-rasmda keltirilgan. Ushbu Simulink modelda uch fazali asinxron dvigatelning yuklama ostida ishlash holati va reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishga oid tizim tasvirlangan. Unda kompensatsiya qurilmasi uch fazali parallel RLC zanjir (Three-Phase Parallel RLC Branch) yordamida modellangan.

Parallel kompensatsiyaning modellash sxemasi, parallel kompensatsiya ulanmagandagi va ulangandagi A fazadagi tok amplitudasining ossillogrammalari 4-rasmda keltirilgan. Ush bu modellash sxemasida C1 va C2 kondensator bloklaridan foydalanilgan. C1 blok faqat asinxron dvigatelning ishga tushish jarayonida C2 blok esa doimiy ulangan bo'ladi.

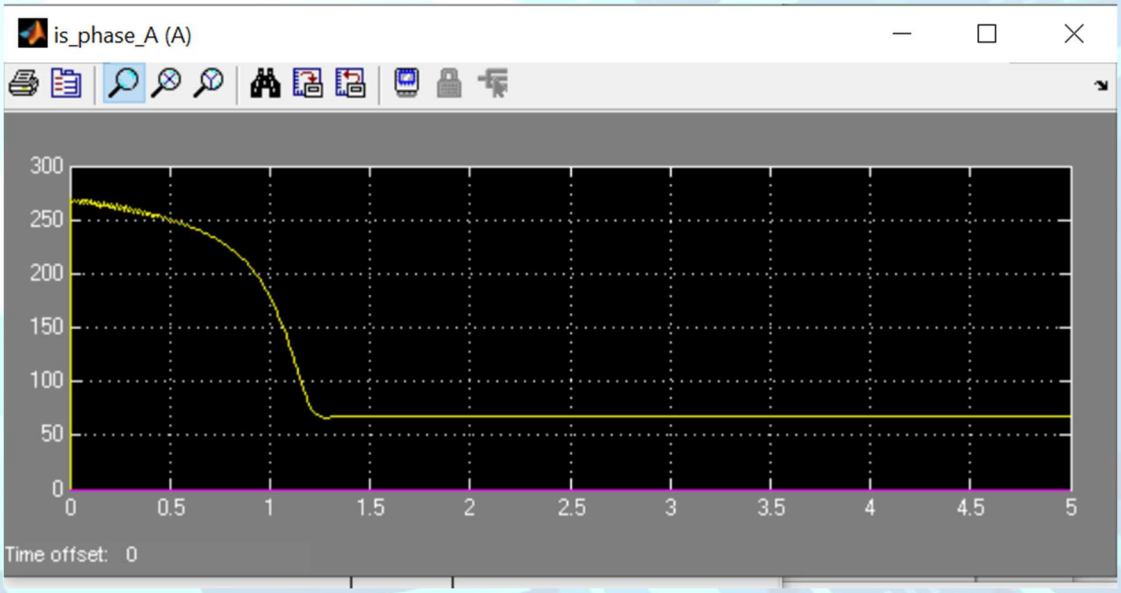


a

ISSN 3030-3907



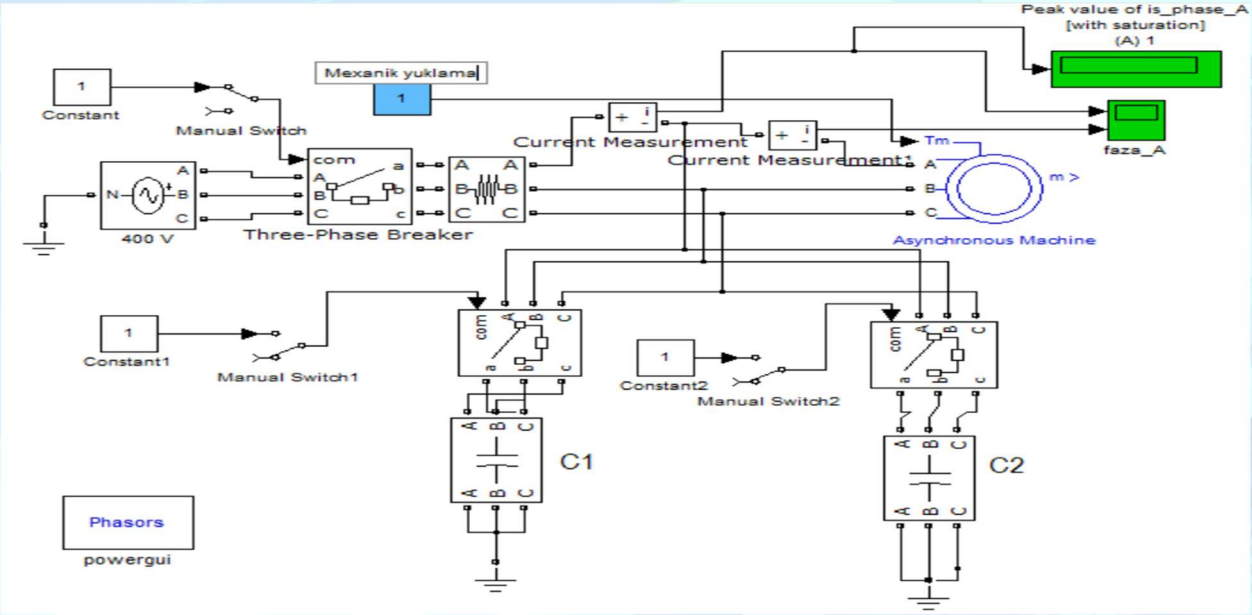
b



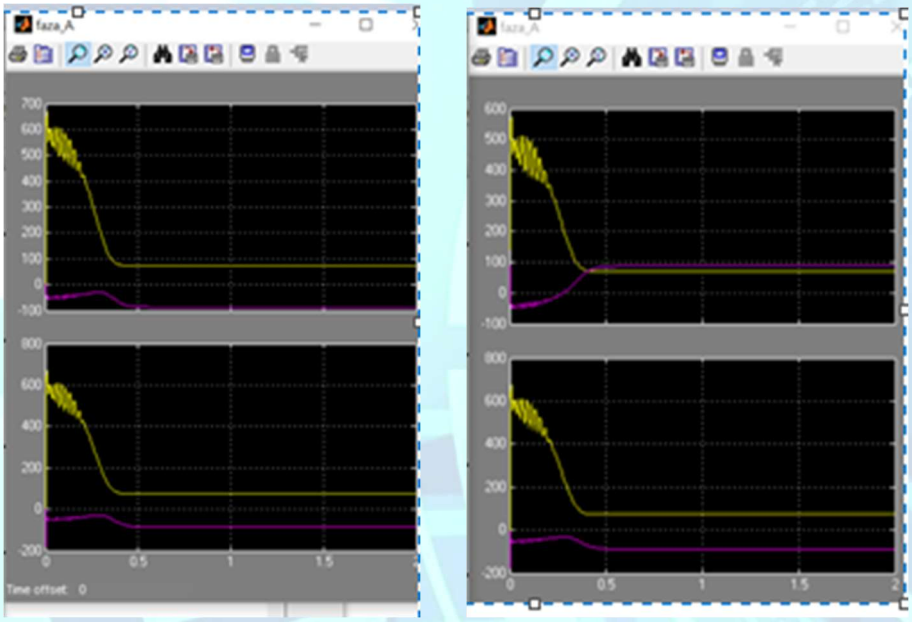
c

3-rasm. Ketma-ket kompensatsiya
a-modellash sxemasi; b-ketma – ket kompensatsiya ulanmaganda; c- ketma ket kompensatsiya ulanganda

ISSN 3030-3907



a



b c

4-rasm. Parallel kompensatsiya

a-modellash sxemasi; b-parallel kompensatsiya ulanmaganda; c- parallel kompensatsiya ulanganda

MUHOKAMA VA NATIJALAR

0,4 kV tarmoqlarda reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiya qilishning ishlab chiqilgan modeli MATLAB va Simulink muhitida turli kondensator sig‘imlari uchun tadqiq qilindi. Kompensatsiyalovchi qurilmaning kondensator sig‘imi o‘zgargan holatlardagi model natijalari 4 va 5-rasmlarda keltirilgan.

Ishlab chiqilgan model bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiya qilishning takomillashtirilgan

ISSN 3030-3907

boshqaruv tizimi texnik va ekspluatatsion jihatdan amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan mos signallarni shakllantirish imkonini beradi.

Ketma-ket va parallel kompensatsiyalarning ulanmagan va ulangandagi ossillogrammalari 3 va 4-rasmlarda keltirilgan.

Asinxron dvigatellarda reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish uchun qo‘llaniladigan turli xil kondensatorli ishga tushirish-kompensatsiya qurilmalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, ishga tushirish rejimidan ishchi rejimga o‘tilganda tok va elektromagnit momentda sezilarli tebranishlarga olib kelishi mumkin. Bunday holatni bartaraf etish uchun ishga tushirishning yakuniy bosqichida ishga tushirir kondensatorlarini asinxron dvigateldan uzib qo’yish kerak.

Reaktiv quvvatni ketma-ket va parallel kompensatsiyasi uchun kondensatorli qurilmalarning modellari Matlab/Simulink dasturiy muhitida tayyorlandi. Modellardan asinxron dvigatellarda reaktiv quvvat kompensatsiyasining turli rejimlarini simulyatsiya qilish uchun foydalanish mumkin.

ADABIYOTLAR

a. Гандин Б.Д. Пуск асинхронных двигателей/ Б.Д.Гандин, Г.Р. Гревнин, Н.А. Лазаревский. – Л.: Судостроение,1998. – 192 с.

2. Бурман А. П., Розанок Ю. К., Шакарян Ю. Г. Управление потоками электроэнер-гии и повышение эффективности энергетических систем. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 336 с.

3. Красник В. В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.

4. Вагин Г. Я., Севостьянов А. А., Юртаев С. Н. К вопросу о выборе источников ре-активной мощности на промышленных предприятиях // Промышленная энергетика. – 2012. – № 4. – С. 26–30.

5. Васюченко П. В., Кирисов И. Г., Овчаренко Т. И. Обоснование целесообразности компенсации реактивной мощности в условиях эксплуатации // Энергосбережение. Энерге-тика. Энергоаудит. – 2013. – № 7 (113). – С. 24–28.

6. Радкевич В. Н., Тарасова М. Н. Оценка степени снижения потерь активной мощно-сти в линиях электропередачи при компенсации реактивной мощности // Энергетика. Из-вестия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Т. 59, № 1.
– С. 5–13. DOI: 10.21122/1029-7448-2016-59-1-5-13

7. Malyar V. S., Dobushovska I. A. Reactive power compensation in asynchronous electric drives // Electrical Engineering & Electromechanics. – 2013. – № 5. – P. 36–38.

ISSN 3030-3907

8. Homaee O., Zakariazadeh A., Jadid Sh. Real-time voltage control algorithm with switched capacitors in smart distribution system in presence of renewable generations // Interna-tional Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2014. – Vol. 54. – P. 187–197. DOI: 10.1016/j.ijepes.2013.07.010
9. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
10. Chavez D., Espinosa S., Cazco D. A. Reactive Power Optimization of the Electric Sys-tem based on Minimization of Losses // IEEE Transactions on Power Systems. – 2016. – Vol. 14. – P. 4540–4546. DOI: 10.1109/TLA.2016.7795826
11. Chavez D., Espinosa S., Cazco D. A. Reactive Power Optimization of the Electric Sys-tem based on Minimization of Losses // IEEE Transactions on Power Systems. – 2016. – Vol. 14. – P. 4540–4546. DOI: 10.1109/TLA.2016.7795826

ISSN 3030-3907