

Е. М. Нємцев
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
eduard.niemtsev@donntu.edu.ua

Використання засобів комп'ютерного моделювання електричної мережі при впровадженні заходів з компенсації реактивної потужності

У статті було визначено місце електричної енергії у світовій ринковій економіці, зазначено зростаючу проблему по нестачі енергетичних ресурсів. Визначені принципи надійного та безперервного електропостачання споживачів впродовж визначеного періоду часу, зазначено роль зовнішніх факторів на якість постачання електричної енергії.

У роботі зазначено, що основними споживачами електричної енергії є промислові об'єкти, технологічні процеси яких характеризуються наявністю нелінійних навантажень, що призводить до зародження перехідних процесів, які істотно впливають на параметри роботи систем електропостачання, викликаючи небажані коливання параметрів роботи системи. При наявності нелінійних споживачів, їх функціонування здатне продукувати у мережу реактивну потужність, що викликає її циркуляцію між джерелом енергії та споживачами і призводить до численних негативних явищ – збільшенню втрат у струмопровідних елементах, необхідності встановлення апаратури завищеної потужності, збільшенню перетину кабельних і провідних ліній, виникненню гармонійних коливань, збільшенню економічних втрат при експлуатації та іншого.

У роботі здійснено огляд літературних джерел, присвячених питанням впровадження засобів та методів компенсації реактивної потужності, у яких визначається актуальність та складність таких досліджень. Було доведено, що розмаїття умов застосування та широка номенклатура пристроїв компенсації реактивної потужності вимагає використання сучасних комп'ютерних програмних комплексів для дослідження роботи енергосистем.

Була складена модель енергетичної системи, яка має максимальне наближення до реальної схеми та містить навантаження активно-індуктивного характеру. За результатами моделювання було отримано графічні залежності, що ілюструють характер зміни максимальної напруги і продукування реактивної енергії без та при застосуванні заходів по компенсації реактивної потужності.

Електрична енергія, якість електропостачання, реактивна потужність, індуктивне навантаження, компенсація реактивної потужності, конденсатор, тиристорний компенсатор, синхронний компенсатор, імітація, моделювання, Matlab, Simulink.

Електрична енергія, з огляду на стан світової ринкової економіки та нестачу енергетичних ресурсів, часто виступає найціннішим та найдоступнішим «продуктом» для задоволення різноманітних потреб суспільств. Постачання споживачів електричною енергією вважається надійним, коли воно є безперервним та характеризується дотриманням заздалегідь встановлених параметрів впродовж визначеного періоду часу, а здебільшого – постійно [1].

Виробка і транспортування електричної енергії постійно знаходиться під зовнішніми впливами, що суттєвим чином відображається на якості енергопостачання. Дотримання параметрів максимальної якості постачання електричної енергії досягти практично не можливою, а іноді економічно-недоцільно. У загальному розумінні, підвищення якості електричної енергії одночасно забезпечує відповідність заданим параметрам і вирішенню наявних проблем її постачання [1].

Основним споживачем електричної енергії є промислові об'єкти, технологічні процеси і структура яких передбачає наявність нелінійних однофазних та трифазних навантажень. При підключенні, перемиканні, «ненормальній» роботі та вимиканні дані навантаження призводять до виникнення перехідних процесів, що відбиваються на роботі енергетичної системи. Це можна побачити у результаті контролю коливань амплітуд напруги, струмів, частоти та іншого.

Реактивна складова потужності продукується у мережу при наявності нелінійних споживачів, у яких спостерігається відставання або випередження узагальненого вектора струму відносно узагальненого вектора напруги. Ці процеси викликають наявність циркуляції потужності між джерелом енергії та її споживачами і призводять до негативних явищ у електричній мережі – додаткових втрат у струмопровідних елементах, необхідності завищення встановленої потужності трансформаторів, необхідності збільшення перетину кабельних і провідникових ліній, відхилення значення напруги від номінальних значень, загальних втрати потужності, виникнення гармонійних коливань, економічних втрат при експлуатації, збільшення плати за спожиту електроенергію [2].

Питанням компенсації реактивної потужності з огляду на їх актуальність завжди приділялась багато уваги у колі «науковців» та «експлуатаційників». Останнім часом були здійснені численні дослідження по компенсації реактивної потужності та було запропоновано нові способи, засоби, методи і підходи до розрахунку, складання алгоритмів роботи пристроїв для вирішення зазначених проблемних питань.

У [3] досить повно розкрито актуальність питання компенсації реактивної потужності у електромережах безпосередньо біля споживачів, що є джерелами такої потужності – передача реактивної потужності від генераторів до споживачів викликає в електричній мережі втрати активної потужності та знижує загальну пропускну здатність як самої мережі, так і додатково завантажує елементи електричної мережі. У якості аргументу для стимулювання впровадження заходів компенсації реактивної наводиться економічний аспект – «за реактивну потужність, так само, необхідно платити, для чого і визначено певний тариф».

У [4] при розгляді проблем впровадження заходів з оптимізації компенсації реактивної потужності для промислового підприємства пропонується багатоцільова оптимізація компенсації реактивної потужності в мережі. Основна ідея полягає у визначенні оптимального місця розташування пристроїв компенсації та розрахунок їх ємнісних параметрів. Запропонований у роботі алгоритм дозволяє при незначних витратах часу отримати різні варіанти потужності та місцерозташування компенсаційних пристроїв з точки зору оптимальності.

У [5] здійснена реальна оцінка стану діючих електромереж з визначенням об'ємів перетоків реактивної потужності у цих мережах. Означена проблема компенсації реактивної потужності, як одного з найважливіших факторів енергозбереження, стає ще більш актуальною на тлі зростаючої кількості підприємств малого та середнього бізнесу, які не вважають за необхідне оснащувати свої виробництва пристроями компенсації реактивної потужності. Означена проблема стосується і комунально-побутових підприємств, для яких характерним є застосування у якості освітлювальних приладів значної кількості розрядних ламп. Автори пропонують на таких підприємствах застосовувати сучасні пристрої компенсації («СТАТКОМ», «FACTS», спеціальні трансформатори та інше).

У [6] наводиться аргумент, що у нормативних документах при проектуванні систем електропостачання комунально-побутових споживачів «не рекомендується застосування пристроїв компенсації реактивної потужності...», що вважають помилковим рішенням. Проведені у діючих міських електромережах дослідження, ілюструють наявність суттєвих перетоків реактивної енергії, що викликає необхідність застосування у таких мережах пристроїв компенсації реактивної потужності – дані заходи суттєвим чином підвищують якість електропостачання та подовжують термін їх експлуатації.

У [7] відзначено, що досить важливим і не до кінця вирішеним питанням є визначення місць установки пристроїв компенсації та принципи їх вибору, а також подальшої раціональної і безпечної їх експлуатації та захисту. Зазначено, що питання автоматичного регулювання реактивної потужності знаходяться ще на стадії розробки, що вимагає застосування математичного та комп'ютерного моделювання досліджуваних систем для пошуку раціональної структури. Дослідженнями було встановлено, що з усього об'єму реактивної потужності в енергосистемі, 22% втрачається у трансформаторах підстанцій, 6,5% – у лініях районних мереж системи, 13,5% – у понижуючих трансформаторах, 58% досягають шин споживачів 6-10 кВ. У якості пристроїв компенсації автори пропонують застосовувати статичні компенсатори реактивної потужності, які одночасно компенсують реактивну потужність на основній частоті, здійснюють фільтрацію вищих гармонійних коливань, компенсують зміну величини напруги та здійснюють заходи по досягненню симетрії напруги у мережі.

У [8] наведено огляд нових технологій компенсації реактивної потужності за рахунок застосування гнучкої передачі змінного струму з використанням статичних і динамічних апаратів: керованих пристроїв FACTS (Flexible AC Transmission System), статичних тиристорних компенсаторів, а також статичних синхронних компенсаторів реактивної потужності СТАТКОМ. Пристрої FACTS забезпечують регулювання режимних параметрів на базі повністю керованих приладів силової електроніки (біполярних транзисторів, тиристорів та інших). Пристрій СТАТКОМ базується на одночасній роботі синхронного статичного подовжнього компенсатора реактивної потужності на базі перетворювача напруги, об'єднаного регулятора потоку потужності, фазоповоротного пристрою, асинхронізованого синхронного компенсатора, асинхронізованого синхронного електромеханічного перетворювача частоти і фазооборотного трансформатора.

У [9] були розглянуті питання оптимізації конденсаторних батарей в розподільних мережах за умовами навантаження. Доводиться необхідність застосування установок конденсаторних батарей, обладнаних пристроями автоматичного регулювання їх потужності. Можливість здійснення розрахунків знаходиться у залежності від складених математичних рівнянь, кількість яких визначається числом конденсаторних установок для забезпечення нормованих відхилень параметрів. Наявність значної кількості конденсаторних батарей викликає необхідність складання додаткових рівнянь для здійснення розрахунків. Додатковим є необхідність здійснення перевірки відхилень контрольованих параметрів у різноманітних режимах роботи.

У [10] визначено необхідність врахування обмежень та змін параметрів роботи елементів систем електропостачання шляхом використання моделей дискретного лінійного програмування. Моделі оптимізації систем у загальному випадку поділяються на стохастичні, дискретні, нелінійні та багатовимірні, що викликає принципові обчислювальні складності при використанні методів математичного програмування. Для складання

алгоритмів математичного програмування пропонується використання евристичних методів для апроксимації моделей дискретного лінійного програмування при вирішенні задачі оптимізації.

У [11] досліджено економічний аспект застосування пристроїв компенсації у електричних мережах. Були досліджені нові економічні відносини, що склалися між виробниками, постачальниками і споживачами електричної енергії. Доводиться необхідність розробки спрощеного методу розрахунку ефективності впровадження пристроїв компенсації, що дозволить здійснювати дані розрахунки «на місцях» і розглядати вкладення в заходи по компенсації реактивної потужності як інвестиції.

У [12] наводяться завдання, які необхідно вирішити при проектуванні або обстеженні систем компенсації реактивної потужності: здійснити перевірку технічного стану наявних пристроїв; визначити економічно-обґрунтований ступінь компенсації реактивної потужності; здійснити оцінку компенсаторної здібності реактивної потужності; провести аналіз фактичного завантаження елементів електричної мережі; визначити електромагнітну сумісність різних пристроїв компенсації з системою електропостачання; здійснити оцінку впливу пристроїв компенсації на режими роботи системи живлення та якість електропостачання.

У [13] була запропонована методика вибору та виконано порівняння різних варіантів компенсації реактивної потужності для підприємств, навантаження яких має чітко виражений індуктивний характер. У якості пристроїв компенсації реактивної потужності пропонується використання синхронних двигунів у режимі перезбудження, регульовані та нерегульовані конденсаторні установки, статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності.

У [14] визначаються значення потужності та місцезонаштування конденсаторів у розподільчих електричних системах з точки зору оптимізації, для чого використовується моделювання. Складена модель дозволяє перевірити запропоновані підходи для підвищення якості електропостачання у розподільчих мережах. Кінцевою метою у роботі було досягнення мінімуму витрат, мінімізація падіння напруги, підвищення надійності енергопостачання та зменшення втрат потужності в мережі.

У [15] авторами представлені евристичні методи вирішення проблеми компенсації реактивної потужності у розподільчій мережі – було складено відповідні формули та техніка розрахунку для мережі, що містить три незалежні джерела живлення. Для досягнення поставленої мети з пошуку оптимального рішення рекомендується застосування алгоритму, що використовує метод варіацій та евристичні методи. Була здійснена розробка та впровадження спеціального програмного забезпечення для вирішення задач оптимізації – результати розрахунків були досить близькими до оптимальних значень, що говорить про можливість та необхідність більш широкого впровадження даних методів.

Розмаїття умов застосування та широка номенклатура та тип пристроїв компенсації вимагає використання сучасних програмних комплексів для імітації роботи енергосистем.

У загальному розумінні, моделювання являє собою імітацію реального процесу або системи в часі. Моделювання вимагає створення моделі системи та спостереження за її поведінкою з метою отримання характеристик та параметрів роботи реальної системи.

Поведінка системи в часі характеризується досконалістю розробленої імітаційної моделі, що має ряд припущень відносно роботи реальної системи. Зазначені припущення виражаються у математичних та логічних залежностях, що виражають сутність процесів, що протікають.

Після розробки та апробації, складена модель може бути використана для дослідження поведінки системи у режимі реального часу. Моделювання дозволяє дослідити поведінку систем ще на стадії проектування, перед тим як виготовляти реальний фізичний об'єкт. Потенційні зміни в системі можна спочатку змодельовати, щоб передбачити їх вплив на зміну характеристик даної системи, використовувати модель як інструмент аналізу для прогнозування впливу тих чи інших чинників і здійснювати прогнозування поведінки.

Модель може бути виконана з використанням математичних методів – диференціального обчислення, теорії ймовірностей, алгебраїчних методів та інших. Однак, системи реального світу є досить складними і складання адекватної математичної моделі цих систем практично неможливо. У цих випадках на допомогу може прийти чисельне комп'ютерне моделювання.

Для здійснення моделювання електричних систем, необхідно визначити її межі – тобто «крайні» значення досліджуваних параметрів. Сама система розбивається на групи об'єктів, що можуть бути об'єднані певними зв'язками та мають взаємний вплив. При цьому, зовнішні впливи на стадії проектування не враховуються, але обов'язковим є визначення меж між системою і зовнішнім середовищем, і цілком залежить від мети дослідження. Під час моделювання систему можна удосконалювати для кращого розуміння взаємозв'язків між її компонентами або передбачення поведінки системи у різних умовах.

Моделювання може застосовуватися навіть для систем, що існують лише гіпотетично. У більшості досліджень розглядаються лише ті параметри системи, які мають вплив на проблемні питання, що досліджуються. Не дивлячись на деякі спрощення системи, модель повинна бути достатньо деталізована, щоб можна було зробити обґрунтовані висновки про поведінку реальної системи. У разі зміни мети досліджень, можна складати різні моделі для однієї і тієї ж системи. Остаточоно, модель повинна містити лише ті компоненти, атрибути та зв'язки, що мають відношення до мети дослідження. Дані, що генеруються у процесі моделювання, можуть бути використані для оцінки роботи системи.

При здійсненні моделювання енергосистеми відбувається обчислення та передбачення тих величин, що відображають стан досліджуваної системи. У якості програмного забезпечення для здійснення моделювання електроенергетичної системи використовуємо пакет імітаційного моделювання Matlab, а для створення моделі користуємося набором блоків з бібліотеки програмного комплексу Simulink [16].

У результаті моделювання можна отримати візуалізацію процесів, які описують характер протікання процесів у системі та здійснити пошуку шляхів для досягнення поставлених у проєкті завдань.

На рис. 1 наведено модель системи живлення з наявними активними та реактивними споживачами без компенсації реактивної потужності. Результати моделювання представлені у вигляді графічних залежностей (рис. 2), що ілюструють втрати активної енергії без застосування (рис. 2 а) та при застосуванні засобів компенсації реактивної потужності – ввімкненні у мережу конденсаторних пристроїв (рис. 2 б). Впровадження наведених заходів дозволяють знизити непродуктивні втрати активної енергії на 30%.

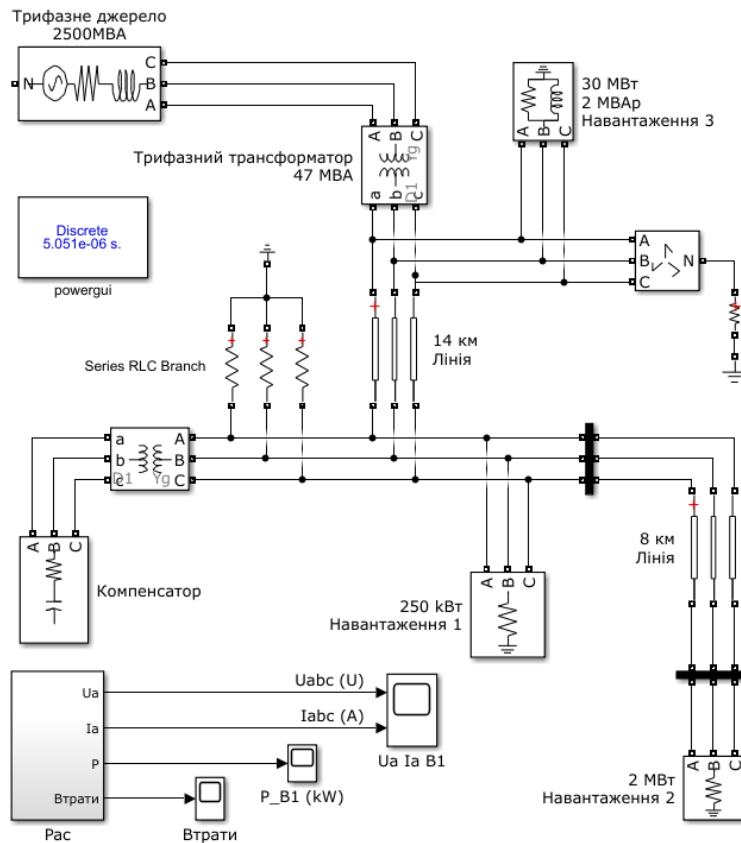


Рисунок 1 – Спрощена модель системи живлення з наявними активними та реактивними споживачами

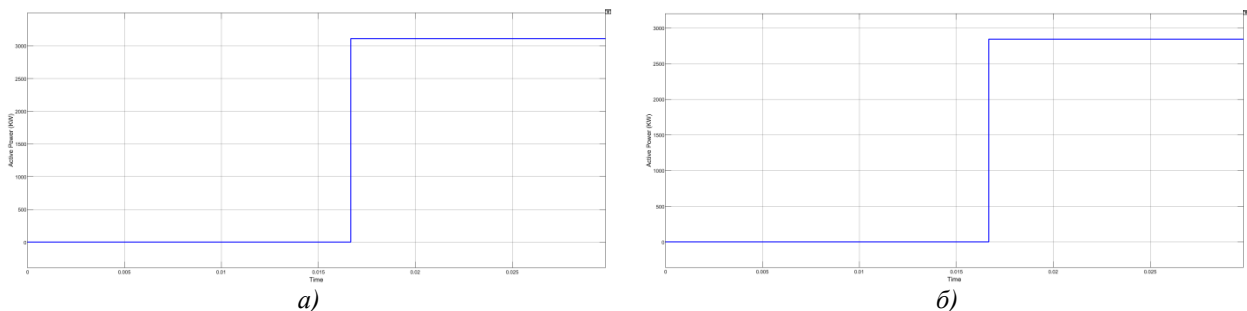


Рисунок 2 – Результати моделювання (втрати активної енергії): а) без застосування компенсації реактивної потужності, б) при застосуванні компенсації реактивної потужності

На рис. 3 наведено модель енергетичної системи, яка має максимальне наближення до реальної схеми і містить споживачі, вид навантаження яких має активно-індуктивний характер. Завдяки використанню блоку «Static Var Compensator (Phasor Type)» можна реалізовувати різноманітні принципи компенсації реактивної потужності у системі. Модель також має підсистему для вимірювання напруг, струмів і потужностей.

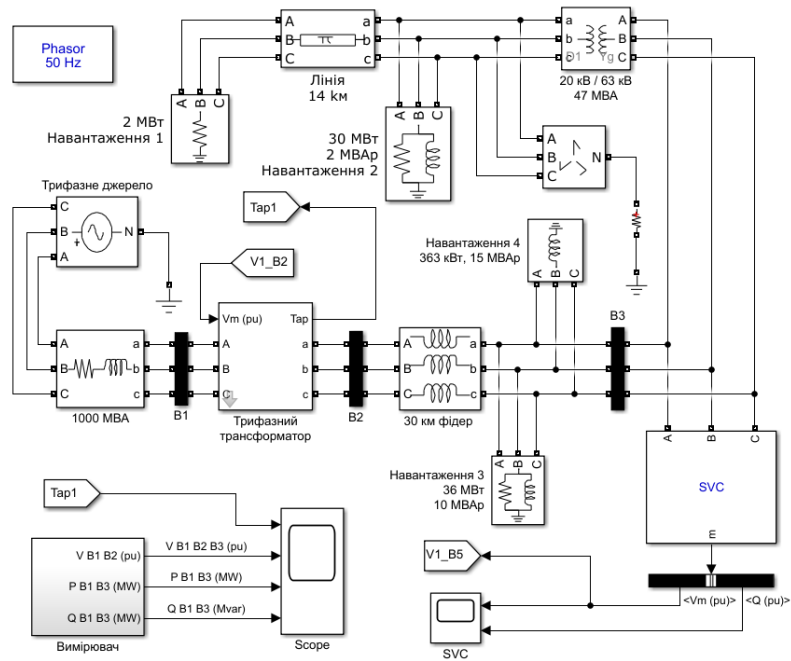


Рисунок 3 – Удосконалена модель системи живлення з наявними активними та реактивними споживачами

За результатами моделювання було отримано графічні залежності, що ілюструють характер зміни максимальної напруги і продукування реактивної енергії (у відносних одиницях) без та при застосуванні заходів по компенсації реактивної потужності – рис. 4.

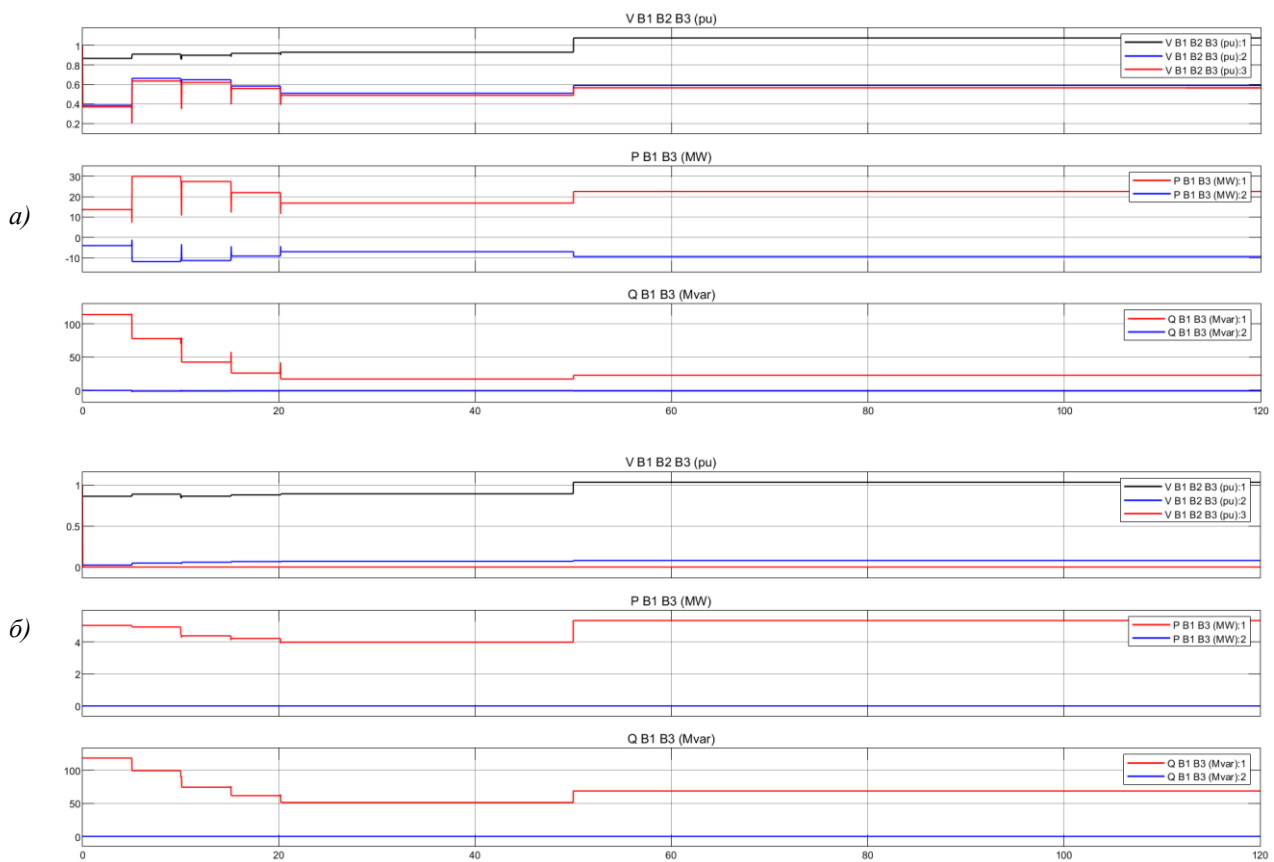


Рисунок 4 – Результати моделювання (величини напруг та потужностей): а) без застосування компенсації реактивної потужності, б) при застосуванні компенсації реактивної потужності

Аналіз графічних залежностей дозволяє побачити сплески викиду реактивної потужності, які викликають сплески амплітуди напруги, що може негативним чином вплинути на роботу окремих елементів та енергетичної системи в цілому.

Дослідження процесів, що протікають у енергетичних системах, за допомогою моделей дозволяють здійснювати порівняння параметрів її роботи при різних режимах компенсації реактивної потужності і при різних режимах роботи.

Результати моделювання показують можливість та необхідність впровадження заходів по компенсації реактивної потужності. На заводі більш широкому впровадженню даних заходів може стати необхідність підбору потужності пристроїв компенсації для конкретних умов роботи обладнання, але складена модель дозволяє здійснити такий підбір у більш короткі терміни та з високим ступенем точності при доступній візуалізації процесу для дослідження зміни тих чи інших параметрів роботи системи. Складена модель дозволяє знайти шляхи удосконалення системи електричного живлення та краще розуміти її поведінку.

Література:

1. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко // М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
2. Комплексна державна програма енергозбереження України. Схвалено постановою Кабінету Міністрів України від 5 лютого 1997 р. №148.
3. Энергосбережение при компенсации реактивной мощности у потребителей. Информационный бюллетень «Энергосовет» Выпуск No 3 (8) март 2010 г. – с. 21-23.
4. Лоскутов А.Б., Еремин О.И. Компенсация реактивной мощности. Многоцелевая оптимизация компенсации реактивной мощности в электрических сетях. Промышленная энергетика. 2006. №6. – с. 39-41.
5. Говоров Ф.П., Перепеченный В.А., Говоров В.Ф. К вопросу о компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения городов. Энергетика та електрифікація. 2007. №7. – с. 54-58.
6. Дорошенко А.И., Савранский Ю.А. Компенсация реактивной мощности городских электрических сетей 0,4 кВ. Энергетика та електрифікація. 2007. №12. – с. 13-20.
7. Кузьмин В.В., Кирнсов И.Г., Малинин С.В. Анализ средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях Украины. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2012. №5. – с. 45-50.
8. Солонина Н.Н., Суслов К.В., Солонина З.В. Новые технологии компенсации реактивной мощности. Вестник ИрГТУ. Иркутск, 2016. №5(112). – с. 135-143.
9. Зорин В.В., Буслова Н.В. Оптимизация конденсаторных батарей в распределительных сетях по условиям режима напряжения. Электрические сети и системы. 1981. №8. – с. 62-69.
10. Зорин В.В., Экель П.Я. Методы дискретной оптимизации систем электроснабжения. Энергетика и транспорт. 1980. №5. – с. 25-37.
11. Демов А.О., Демов О.Д., Войнаровський А.Ж., Паламарчук О.П. Особливості впровадження компенсуювальних установок у електричні мережі споживачів у сучасних економічних умовах. Энергетика та електрифікація. 2006. №2. – с. 12-15.
12. Гетман В.И., Маркман Г.З., Маркман П.Г. Компенсация реактивной мощности. Задачи обследования системы компенсации реактивной мощности. Промышленная энергетика. 2006. №8. – с. 50-55.
13. Соломчак О.В. Методика вибору та порівняння варіантів компенсації реактивної потужності. Энергетика та електрифікація. 2004. №9. – с. 23-27.
14. Ching-Tzong Su, Cheng-Yi Lin, Ji-Jen Wong Optimal size and location of capacitors placed on a distribution system. Wseas transactions on power systems. 2008. No 4. – p. 247-256.
15. Mekhamer S.F., El-Hawary M.E., Soliman S.A., Moustafa M.A., Mansour M.M. New heuristic strategies for reactive power compensation of radial distribution feeders. IEEE Transactions on power delivery. 2002. No 4. – p. 1128-1135.
16. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.
39. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

REFERENCES

1. Zhezhelenko I.V. The quality of electricity at industrial enterprises / I. V. Zhezhelenko, Yu.L. Saenko // М.: Energoatomizdat, 2005. - 261 p.
2. Complex state program of energy saving in Ukraine. Praised by the decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine on February 5, 1997. No. 148.
3. Energy saving with reactive power compensation for consumers. Energy Council Newsletter Issue No 3 (8) March 2010 – p. 21-23.
4. Loskutov A.B., Eremin O.I. Reactive power compensation. Multipurpose optimization of reactive power compensation in electrical networks. Industrial energy. 2006. No. 6. - with. 39-41.

5. Govorov F.P., Perepechenny V.A., Govorov V.F. On the issue of reactive power compensation in urban power supply systems. *Energy and electrification*. 2007. No. 7. - with. 54-58.
6. Doroshenko A.I., Savransky Yu.A. Reactive power compensation of urban electrical networks 0.4 kV. *Energy and electrification*. 2007. No. 12. - with. 13-20.
7. Kuzmin V.V., Kirnsov I.G., Malinin S.V. Analysis of reactive power compensation means in electric networks of Ukraine. *Energy saving, energy, energy audit*. 2012. No. 5. - with. 45-50.
8. Solonin N.N., Suslov K.V., Solonin Z.V. New technologies for reactive power compensation. *Bulletin of ISTU. Irkutsk*, 2016. No. 5(112). - with. 135-143.
9. Zorin V.V., Buslova N.V. Optimization of capacitor banks in distribution networks according to the conditions of the voltage mode. *Electrical networks and systems*. 1981. No. 8. - with. 62-69.
10. Zorin V.V., Ekel P.Ya. Discrete optimization methods for power supply systems. *Energy and transport*. 1980. No. 5. - with. 25-37.
11. A. O. Demov, O. D. Demov, A. Zh. Peculiarities of the implementation of compensatory installations in electrical networks of savings in modern economical minds. *Energy and electrification*. 2006. No. 2. - with. 12-15.
12. Getman V.I., Markman G.Z., Markman P.G. Reactive power compensation. Tasks of examination of the reactive power compensation system. *Industrial energy*. 2006. No. 8. - with. 50-55.
13. Solomchak O.V. Method of selection and matching of options for compensation of reactive tension. *Energy and electrification*. 2004. No. 9. - with. 23-27.
14. Ching-Tzong Su, Cheng-Yi Lin, Ji-Jen Wong Optimal size and location of capacitors placed on a distribution system. *Wseas transactions on power systems*. 2008. No 4. - p. 247-256.
15. Mekhamer S.F., El-Hawary M.E., Soliman S.A., Moustafa M.A., Mansour M.M. New heuristic strategies for reactive power compensation of radial distribution feeders. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2002. No 4. - p. 1128-1135.
16. Chernykh I.V. Modeling of electrical devices in MATLAB. SimPowerSystems and Simulink. - M.: DMK Press, 2007. - 288 p.
39. Chernykh I.V. Modeling of electrical devices in MATLAB. SimPowerSystems and Simulink. - M.: DMK Press, 2007. - 288 p.

Надійшла до редколегії

Рецензент: д.т.н. Семенченко А.К.

E. NIEMTSEV

State Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University»

The use of computer modeling of the electrical network in the implementation of measures to compensate for reactive power.

The article identified the place of electricity in the world market economy, noted the growing problem of lack of energy resources. The principles of reliable and uninterrupted power supply to consumers during a certain period of time are determined, the role of external factors on the quality of electricity supply is indicated.

The paper notes that the main consumers of electricity are industrial facilities, whose technological processes are characterized by the presence of nonlinear loads, which leads to the emergence of transients that significantly affect the parameters of power supply systems, causing fluctuations in system parameters. In the presence of nonlinear consumers, their operation is able to produce reactive power in the network, which causes the circulation of power between the energy source and its consumers and leads to numerous negative phenomena - increased losses in conductive elements, the need for high power equipment, increasing cable and wire the emergence of harmonic fluctuations, increasing economic losses during operation.

The paper reviews a wide range of literature sources devoted to the introduction of means and methods of reactive power compensation, determines the relevance of such studies. It has been proven that the variety of application conditions and the wide range of reactive power compensation devices require the use of modern computer software to study the operation of power systems.

A model of the energy system was drawn up, which has the maximum approximation to the real scheme and contains loads of active-inductive nature. Based on the simulation results, graphical dependences were obtained, illustrating the nature of the change in maximum voltage and reactive energy production without and when applying reactive power compensation measures.

Key words: *Electric energy, power supply quality, reactive power, inductive load, reactive power compensation, capacitor, thyristor compensator, synchronous compensator, simulation, Matlab, Simulink..*