УДК 621.311

В.Ф. Харченко, Я.В. Щербак, К.В. Ягуп

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ТИРИСТОРНИМ КОМПЕНСАТОРОМ З ОДНОСТУПІНЧАСТОЮ КОМУТАЦІЄЮ

В системі MATLAB складена візуальна модель трифазної системи електропостачання з тиристорним компенсатором з одноступінчатою комутацією. Із застосуванням пошукової оптимізації були визначені кути управління тиристорами компенсатора. Отриманий при таких умовах режим симетричного управління компенсатором характеризується відсутністю неканонічних гармонік. Це дозволяє зменшити число фільтрів, що подавляють гармоніки. Внаслідок впливу фільтрів коефіцієнт потужності наблизився до одиниці.

Ключові слова: *тиристорний компенсатор, керуючі імпульси, гармонійні складові, пошукова оптимізація*

Постановка задачі

Якість електроенергії в даний час являє собою головну проблему, актуальність вирішення якої визначає основні шляхи модернізації систем електропостачання електротехнічних систем і комплексів. Інтегральним показником якості електроенергії є коефіцієнт потужності, що враховує як спотворення струмів і напруг через нелінійність навантажень, так і зрушення струмів щодо напруг через реактивний характер навантажень і можливої їх несиметрії. Використання засобів силової напівпровідникової електроніки дозволяє поліпшувати енергетичні показники систем електропостачання. Зокрема, тиристорні компенсатори реактивної потужності [1, 2] є ефективними засобами підвищення коефіцієнта потужності. Найпростішими засобами регулювання реактивної потужності є керовані тиристорно-індуктивні елементи, що складаються з послідовно включених реакторів і пар зустрічно-паралельних тиристорів. Такі пристрої підключаються паралельно батареям косинусних конденсаторів, завдяки чому вдається плавно регулювати параметри симетро-компенсуючих пристроїв і домагатися повної компенсації реактивної потужності по основній гармоніці, що несе головне енергетичне навантаження. Як єдиний симетро-компенсуючий пристрій такий пристрій має завищені параметри за встановленою потужністю конденсаторної батареї, яка повинна розраховуватися з урахуванням необхідності ємнісної перекомпенсації, щоб забезпечити можливість регулювання за допомогою тиристорів. Цей недолік долається в разі тиристорного компенсатора реактивної потужності з одноступінчатою комутацією. Структурна схема такого компенсатора представляє собою повністю керований трифазний мостовий випрямляч з індуктивним навантаженням і послідовними конденсаторами у вхідному колі моста (рис. 1).

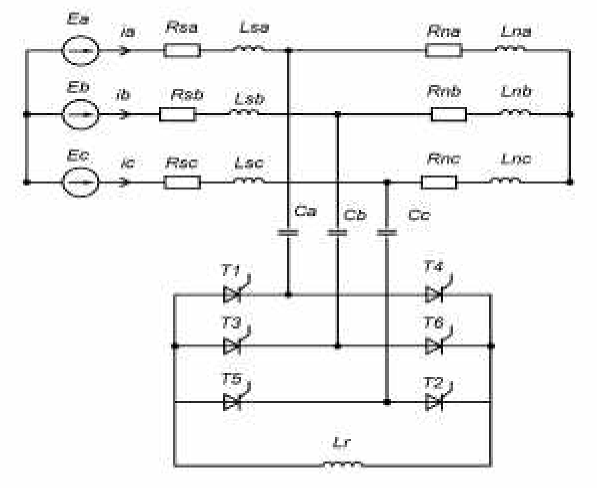

Рис. 1. Структурна схема трифазної системи електропостачання з тиристорним компенсатором

Як зазначено в [2], ця схема при своїй відносній простоті відрізняється чутливістю до змін положень керуючих імпульсів. Між тим, завдання налаштування управління тиристорами компенсатора реактивної потужності може бути сформульовано як задача пошукової оптимізації подібно до того, як це було обгрунтовано і успішно реалізовано в [3].

Метою статті є вирішення завдання оптимізації режиму в трифазній системі електропостачання з тиристорним компенсатором реактивної потужності з одноступінчатою комутацією на візуальній моделі за допомогою пошукової нелінійної оптимізації методом деформованого багатогранника.

Основний матеріал дослідження

Модель досліджуваної системи електропостачання з тиристорним компенсатором реактивної потужності наведена на рис.2.

Тут E_a, E_b, E_c – джерела електричної енергії, що моделюють мережу необмеженої потужності. Амплітуди джерел нормовані і прийняті рівними Em = 100В, частота становить величину f = 50Гц.

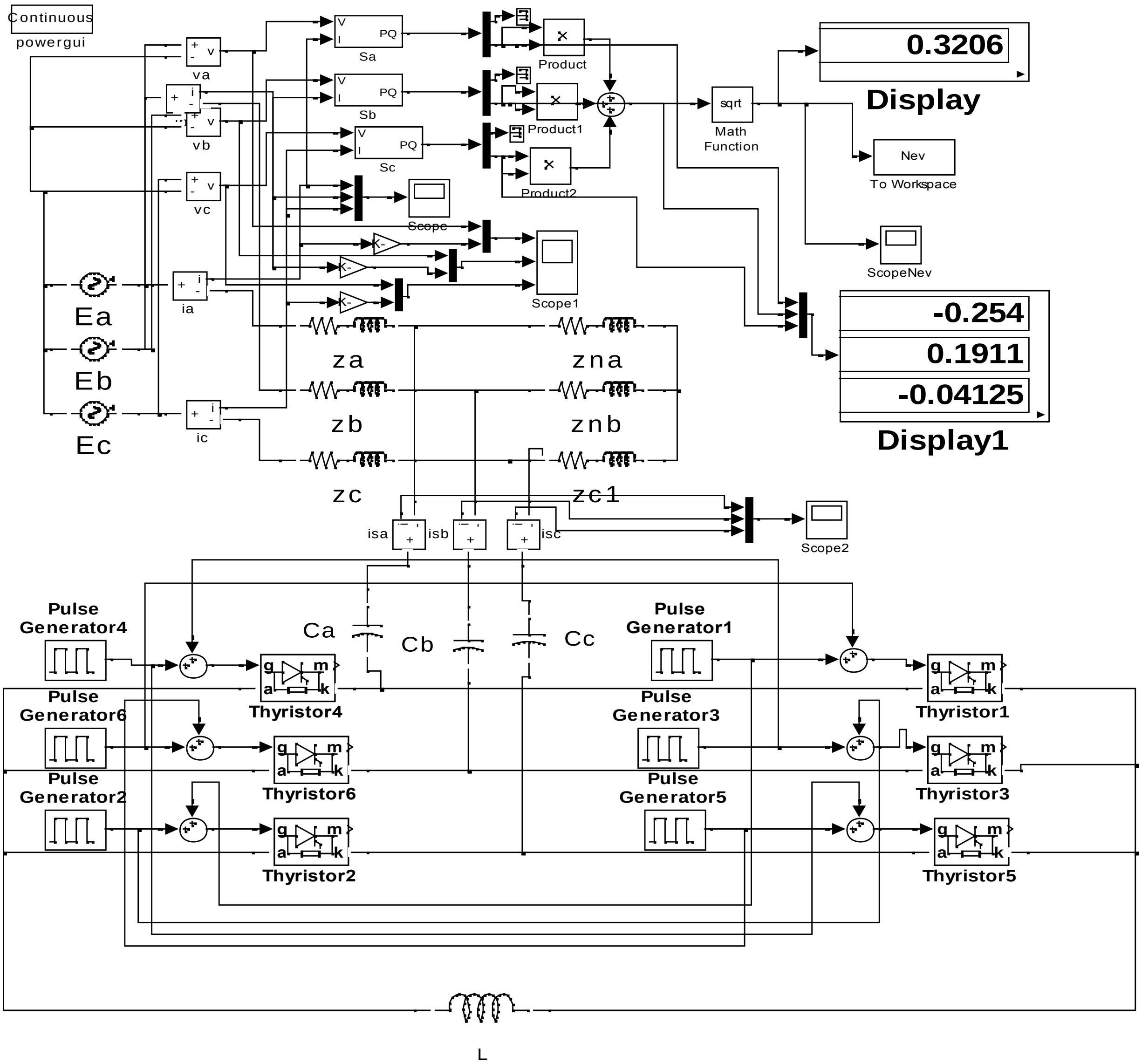

Рис.2. Візуальна модель досліджуваної системи електропостачання з тиристорним компенсатором

Опори ліній електропередачі прийняті активно-індуктивними, і їх комплексні опори рівні zc = (0,1 + j2πf * 0,001) Ом. Опори навантажень прийняті рівними по фазах з комплексними значеннями zН = (1 + j2πf * 0,01) Ом, що відповідає значній реактивної потужності, споживаної навантаженнями: коефіцієнт потужності при такому навантаженні становить дуже малу величину cosφ = 0,303. Тиристорний компенсатор реактивної потужності утворюють конденсатори Ca, Cb, Cc, підключені паралельно навантаженню і ведучі до діагоналі моста з тиристорів Thyristor1 6, з навантаженням у вигляді реактора L. Параметри реактивних елементів компенсатора прийняті з величинами Ca = Cb = Cc = 40мкФ, L = 0,002 Гн. Тиристори управляються від джерел періодичних вузьких імпульсів Pulse Generator1 6. Частоти генерації керуючих імпульсів збігаються з частотою мережі, а зрушення імпульсів щодо початку періоду задані величинами alf1 6. Для забезпечення роботи випрямного моста в режимі переривчастих струмів керуючі імпульси повинні подаватися одночасно на пари суміжних тиристорів T1 T2, T2-T3, T3-T4, T4-T5, T5-T6, T6-T1. Це забезпечується в моделі підсумовуванням відповідних вихідних сигналів з виходів генераторів перед подачею їх на керуючі входи тиристорів. Модель налаштована на інтегрування методом дискретних схем заміщення з кроком 10^{-6} с на інтервалі від 0 до 1 с. Настільки відносно великий інтервал прогону моделі обумовлений тією обставиною, що модель інтегрує рівняння від нульових початкових значень змінних стану, оскільки в моделі присутні нелінійні напівпровідникові елементи. У таких випадках Simulink позбавлений можливості обчислити початкові значення змінних стану, відповідні квазіусталеному режиму. Доводиться досягати його методом встановлення [5, 6], і зазначений інтервал досить великий, щоб перехідні процеси досягли встановлення. Оскільки інтервал прогону моделі великий, виявилося доцільним встановити прогін моделі в режимі Accelerator. Виявилося, що час, що витрачається перед кожним прогоном моделі цілком окупається прискоренням роботи моделі.

В процесі оптимізації змінними оптимізації прийняті величини часових зрушень керуючих імпульсів, що подаються на керуючі входи тиристорів і складові вектора [alf1, alf2, alf3, alf4, alf5, alf6]. Спочатку вихідні значення вектора можуть задаватися довільними значеннями, а процес пошукової оптимізації повинен знайти ті положення керуючих імпульсів, які забезпечують повну компенсацію реактивної потужності в системі електропостачання. Ця умова і становить критерій оптимізації. Чисельне відображення цього критерію виражається цільової функцією, яка повинна визначатися в процесі пошукової оптимізації на кожному її кроці шляхом прогону моделі. Для обчислення цільової функції в моделі на кожну фазу встановлені віртуальні прилади, що вимірюють активні і реактивні потужності, що віддаються кожним із джерел. На входи цих приладів подаються сигнали, відповідні струмам і напругам джерел, а з виходів знімаються сигнали, відповідні лише реактивним потужностям джерел Qa, Qb, Qc. Значення цільової функції обчислюється в моделі за формулою кульової метрики:

$$Nev=(Q_a^2+Q_b^2+Q_c^2)^{1/2}.$$

Для цього кожен з сигналів з віртуальних вимірювачів реактивної потужностей, що знімаються за допомогою обчислювальних блоків, зводяться в квадрат, квадрати підсумовуються, з отриманої суми вилучається квадратний корінь. Отримана величина передається в робочу область MATLAB через блок To Workspace з ім’ям Nev (рис. 2).

Віртуальний обчислювач коефіцієнта потужності створений для контролю цього енергетичного показника на візуальної моделі. Його структурна схема показана на рис.3.

Тут вхідні сигнали представляють струм і напругу, що визначають коефіцієнт потужності [4].

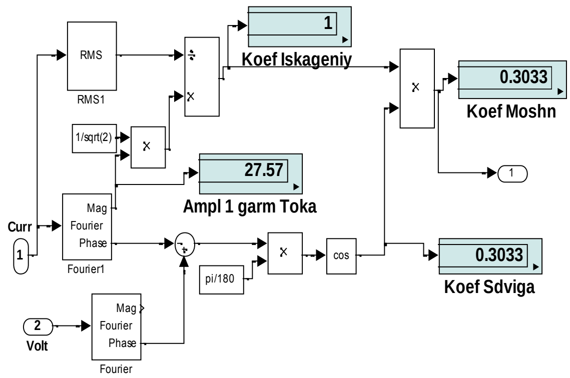

Рис. 3. Віртуальна модель обчислювача коефіцієнта потужності

Аналізатори гармонійного складу Fourier і Fourier1 обчислюють амплітуди і фази перших гармонік напруги і струму, а також їх фазові кути. Через блок функції cos визначається коефіцієнт зсуву, що представляє собою косинус кута зсуву струму щодо напруги. Блок RMS1 визначає діюче значення струму. Діленням діючого значення першої гармоніки струму на діюче значення струму визначається коефіцієнт спотворення струму. Добуток коефіцієнта спотворення на коефіцієнт зсуву дає значення коефіцієнта потужності. Прилади типу Display дозволяють проконтролювати відповідні значення в процесі моделювання. На рис. 3 показаний стан приладів для випадку вимірювання в системі електропостачання при відсутності компенсатора для напруги і струму джерела фази А. Тут видно, що амплітуда першої гармоніки дорівнює 27,57А, а коефіцієнт потужності при відсутності спотворень обумовлений лише коефіцієнтом зсуву та становить вище згадану величину 0,3033.

Програмні модулі, що забезпечують роботу моделі в процесі пошукової оптимізації, показані на рис.4.

Текст на рис.4, а представляє основну програму, а на рис.4, б - програму-функцію, що забезпечує обчислення цільової функції. В обох текстах спочатку декларуються глобальні змінні, до яких, зокрема, віднесені і змінні оптимізації alf1 alf2 alf3 alf4 alf5 alf6, що визначають зрушення керуючих імпульсів тиристорного компенсатора. Далі в основній програмі задаються параметри ємностей і індуктивності компенсатора, опції точності досягнення оптимуму і здійснюється виклик вбудованої в MATLAB функції багатовимірної оптимізації за методом деформованого багатогранника fminsearch(). Фактичними параметрами оператора виклику функції оптимізації є ім’я файл-функції обчислення значення цільової функції ’func_s3fnesim’, початкові значення вектора змінних оптимізації і опції точності досягнення оптимуму.

```
global Ca Cb Cc alf1 alf2 alf3 alf4 alf5
alf6 Nst Nev MN dltalf
Ca=40E-6
Cb=40E-6
Cc=40E-6
L=0.002
Nst=0
options=optimset('MaxFunEvals',10000,'MaxIter',10000,'TolX', 1e-3, 'Tolfun',1e-3);
%Y=fminsearch('func_s3fnesim',[3 7 10 13 17 1],options)
Y=fminsearch('func_s3fnesim',[4.379],options)

 Nst
```

а

```
function Nev=func_s3fnesim(x)
global Ca Cb Cc alf1 alf2 alf3 alf4
alf5 alf6 Nst Nev MN dltalf
dltalf=x(1)
alf1=(33.33333 +dltalf)*1E-4
alf2=(66.66666 +dltalf)*1E-4
alf3=(100.0000 +dltalf)*1E-4
alf4=(133.33333+dltalf)*1E-4
alf5=(166.66666+dltalf)*1E-4
alf6=(0.000000 +dltalf)*1E-4
sim s3fnesim3Filter
x
Nev
Nst=Nst+1
MN(Nst)=Nev;
```

б

Рис.4. а –текст основної програми; б – текст програми-функції

У файл-функції викликається прогін візуальної моделі за допомогою оператора sim. Перед викликом група однотипних операторів присвоювання задає значення кутів зсуву керуючих імпульсів на тиристори через проміжні значення, що містяться у векторі x з масштабним коефіцієнтом 10^{-4}. Після прогону моделі чергове (Nst + 1) -е значення цільової функції Nev запам’ятовується в масиві MN, що дозволяє, увійшовши в робочий простір, побудувати графік, що характеризує швидкість досягнення рішення оптимізаційної задачі.

Вихідний режим системи електропостачання при відсутності тиристорного компенсатора характеризується наступними показниками: амплітуди струмів в лінії електропередачі складають 27,57 А; активна потужність, що віддається джерелом в одній фазі 418,2 Вт, реактивна – 1314 ВАр; цільова функції по кульової метриці 2275; коефіцієнт спотворення дорівнює одиниці, коефіцієнт зсуву і коефіцієнт потужності становлять величину 0.3033.

Режим несиметричних імпульсів управління був отриманий в результаті пошукової оптимізації, здійсненої для шести змінних оптимізації від початкових значень проміжного вектора x = [50 80 120 150 180 20]. В результаті відносно тривалого часу було знайдено рішення для x = [40,31248 75,10925 96,88369 133,49467 158,23202 4,577089], при якому реактивні потужності джерел по фазах А, В, С складають відповідно [-2, 33 -2,02 -0,716]. Аналіз розстановки імпульсів в періоді напруги живлення свідчить про відсутність періодичності в їх розташуванні. Тривалості інтервалів між сусідніми імпульсами складають вектор Δx = [3,4797 2,1774 3,6611 2,4738 4,6345 3,5735]. Дія тиристорного компенсатора полягає в тому, що в мережу вводиться по два імпульси, обумовлених розрядом суміжних конденсаторів компенсатора через його реактор. Ці імпульси розташовані в першій частині кожного напівперіоду, завдяки чому перша гармоніка струмів джерел (вони ж струми в лініях електропередачі) зсувається в бік випередження так, щоб вона збігалася з фазі з живильною фазовою напругою. На часовій діаграмі струму джерела видно, що при вибраних параметрах максимальні значення струмів джерел досягають 200 А. При цьому досягається одиничний коефіцієнт зсуву перших гармонік струмів щодо їх напруг. Однак, коефіцієнт спотворення струму і, отже, коефіцієнт потужності становить величину 0,4004. До того ж амплітуда першої гармоніки складає 31,37 А, що навіть перевищує амплітуду струму без впливу компенсатора. Гармонійний аналіз струму джерела представлений на рис.5.

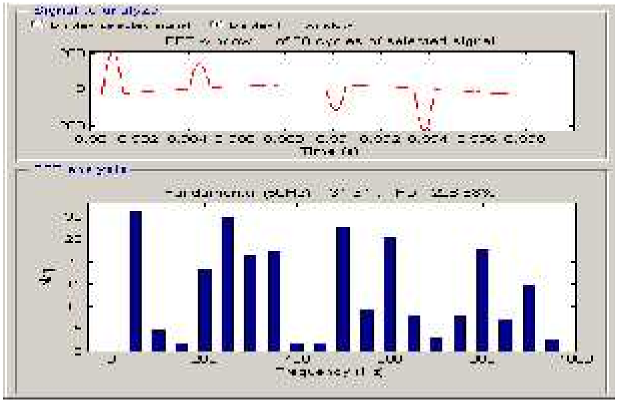

Рис.5. Часова діаграма струма джерела та його гармонійний аналіз

Як видно, спектр струму джерела дуже насичений вищими гармоніками, причому поряд з канонічними (5-й, 7-й, 11-й, 13-й і т.д.), притаманними мостовому випрямлячу істотними є і амплітуди інших, неканонічних гармонік. Наприклад, амплітуди 4, 5, 6 і 7-й гармонік становлять відповідно [18,29 30,6 21,55 22,39] А.

Режим симетричних імпульсів управління був досліджений виходячи із того, що розглянуте навантаження симетричне. Згідно з концепцією симетричного управління всі пари керуючих імпульсів відстоять одна від одної на рівний інтервал, рівний шостий частини періоду напруги живлення. У процесі пошукової оптимізації їм дозволено одночасно зрушуватися на одну і ту ж величину dltalf, як це і зазначено в тексті файл-функції (рис.4, б) при перерахунку кутів управління через елементи вектора x. Таким чином, число змінних оптимізації скорочується до одного, що істотно прискорює знаходження рішення. Нове рішення для режиму симетричного управління привело до наступного вектору x = [28,768735 62,102065 95,435405 128,768735 162,102065 -4,564595]. Хід оптимізації ілюструється рис 6, на якому зображена залежність значення цільової функції від номера ітерації в процесі пошукової оптимізації, звідки видно, що за 20-25 кроків оптимізації цільова функція стала близькою до нуля. Результати гармонійного аналізу струму джерела представлені на рис.7, звідки видно, що амплітуда першої гармоніки зменшилася до 21,91А і дещо зменшилися максимальні значення струму.

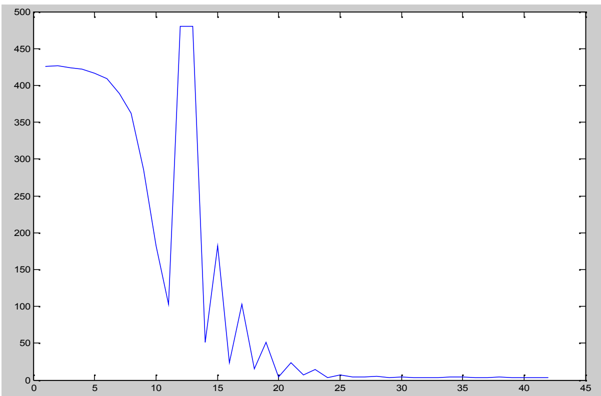

Рис.6. Залежність значення цільової функції від номера ітерації

Неканонічні вищі гармоніки зникли, залишилися лише канонічні гармоніки з амплітудами для 5-й, 7-й, 11-й і 13-й відповідно [26,62 25,31 22,44 20,18] А. Коефіцієнт потужності практично залишається незмінним у порівнянні з режимом несиметричного керування компенсатором. Однак відсутність неканонічних гармонік полегшує подавлення вищих гармонік, оскільки зменшується кількість фільтрів, які повинні бути налаштовані лише на частоти вищих канонічних гармонік.

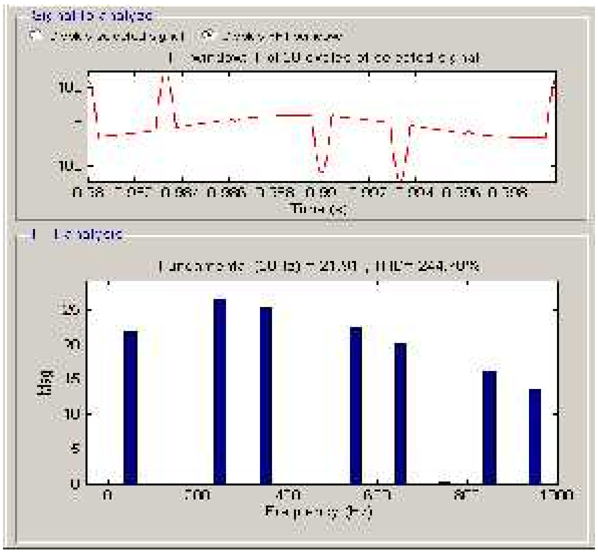

Рис. 7. Гармонійний аналіз струму джерела

Режим симетричних імпульсів з фільтрацією вищих гармонік здійснено шляхом підключення восьми фільтрів, синтезованих на частоти 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23 і 25-й гармонік. Зі свідчень розробленого в даній роботі віртуального вимірювача коефіцієнта потужності (рис. 8) видно, що при одиничному коефіцієнті зсуву істотно зріс до 0,9713 коефіцієнт спотворень. Це відповідно зумовило і зростання коефіцієнта потужності, наблизивши його до одиниці, що позитивно характеризує режим симетричного управління з фільтрацією канонічних вищих гармонік. Амплітуда першої гармоніки струму зменшилася в порівнянні з вихідним режимом без компенсації до 20,54А, що також зменшує втрати в лініях електропередачі і підвищує коефіцієнт корисної дії системи. На рис 9 представлені результати гармонійного аналізу. Крива струму не містить великих викидів, обумовлених роботою тиристорного компенсатора в режимі переривчастого струму і близька до синусоїдальної форми з нульовою фазою.

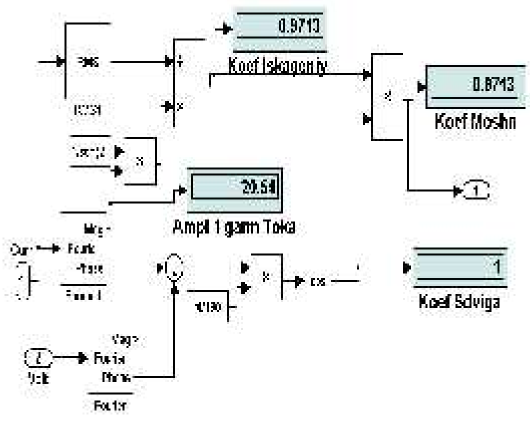

Рис. 8. Візуальна модель віртуального вимірювача коефіцієнта потужності після виконання оптимізації

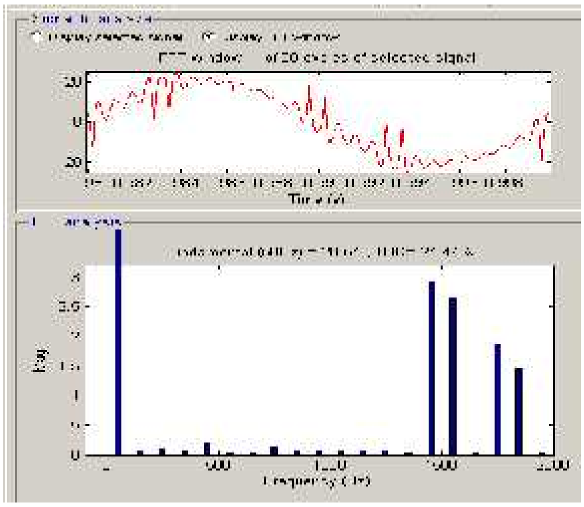

Рис. 9. Гармонійний аналіз струму джерела після виконання оптимізації

Необхідно зауважити, що на спектрограмі в масштабі показані лише вищі гармоніки, найбільш значущою з яких є після установки фільтрів неподавлена канонічна 29-та гармоніка з амплітудою 2,91 А. Якщо дотримуватися цього масштабу, то відрізок для першої гармоніки повинен бути приблизно в 5 разів більше, ніж він показаний, оскільки її амплітуда становить 20,54 А (рис. 9). Це підтверджує правильність показань розробленого віртуального вимірювача коефіцієнта потужності.

На рис. 10 наведені три парні діаграми, які показують розташування струмів джерел живлення по відношенню до фазних напруг для фаз А, В і С.

Тут наочно видно збіг фаз струмів з напругою, а також близькість струмів до синусоїдальної форми, незважаючи на деякий вплив неподавлених вищих канонічних гармонік, що виявляється у відносно невеликих флуктуаціях значень струмів у часі.

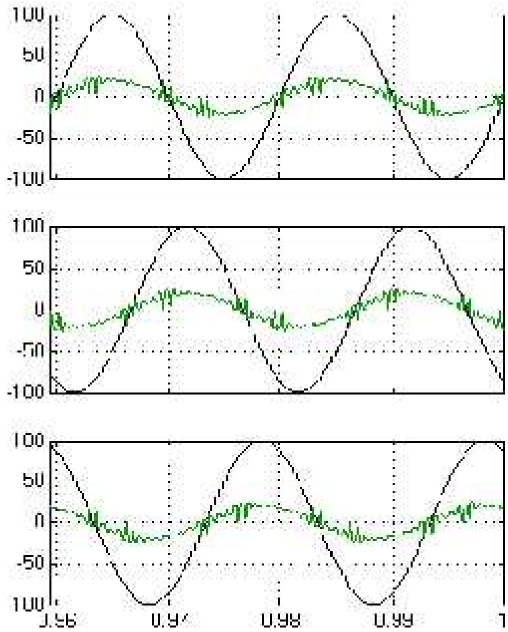

Рис. 10. Діаграми струмів і напруг у живильній мережі після виконання оптимізації

Висновки

Проведене дослідження показало, що метод пошукової оптимізації дозволяє отримати режим повної компенсації реактивної потужності в трифазній системі електропостачання з тиристорним компенсатором з одноступінчатою комутацією. Виявлено за допомогою моделювання можливості подачі на тиристори компенсатора несиметричних і симетричних імпульсів. Аналіз гармонійного складу показав, що симетричне управління переважне, оскільки при цьому з гармонійного спектру випадають неканонічні гармоніки. Установка резонансних фільтрів, налаштованих на подавлення старших канонічних гармонік, дозволяє істотно поліпшити форму мережевих струмів, наблизивши її до синусоїди, тим самим збільшивши коефіцієнти спотворень і потужності до одиничного значення. Для контролю енергетичних показників розроблений оригінальний віртуальний вимірювач, що дозволяє визначити коефіцієнти зсуву, спотворень і потужності.

Література

1. *Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности / под ред. Р. М. Матура – М.: Энергоатомиздат. - 1987. – 160 с.*
2. *Статические источники реактивной мощности // В.А.Веников, П.А.Жуков, И.И.Карташов, Ю.П.Рыжов. – М.: Энергия. – 1975. – 136 с.*
3. *Ягуп В.Г., Ягуп Е.В. Применение оптимизационных методов для решения задач улучшения показателей электрических систем: Монография. – Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 170 с.*
4. *Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О.А. Маевский. – М.: Энергия. - 1978. – 320 с.*
5. *Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С Бахвалов. - М.: Наука.-1976. – 712 с.*
6. *Ягуп В.Г., Ягуп Е.В. Компьютерное моделирование переходных и установившихся процессов в преобразователях электрической энергии: Монография. – Харьков: ХНАГХ, 2013. – 131 с.*

References

1. *Staticheskiye kompensatory dlya regulirovaniya reaktivnoy moshchnosti / pod red. R. M. Matura – M.: Energoatomizdat. 1987. – 160 p.*
2. *Staticheskiye istochniki reaktivnoy moshchnosti // V.A. Venikov, P.A. Zhukov, I.I. Kartashov, YU.P.Ryzhov. – M.: Energiya. – 1975. – 136 p.*
3. *Yagup V.G., Yagup Ye.V. Primeneniye optimizatsionnykh metodov dlya resheniya zadach uluchsheniya pokazateley elektricheskikh sistem: Monografiya. – Khar'kov: KHNUGKH im. A. N. Beketova, 2017. – 170 p.*
4. *Mayevskiy O.A. Energeticheskiye pokazateli ventil'nykh preobrazovateley / O.A. Mayevskiy. – M.: Energiya. 1978. – 320 p.*

5. Bakhvalov N.S. Chislennyye metody / N.S Bakhvalov. M.: Nauka. 1976. – 712 p.

6. Yagup V. G., Yagup Ye. V. Komp'yuternoye modelirovaniye perekhodnykh i ustanovivshikhsya protsessov v preobrazovatelyakh elektricheskoy energii: Monografiya. – Khar'kov: KHNAGKH, 2013. – 131 p.

Автор: ХАРЧЕНКО Віктор Федорович

доктор технічних наук, професор кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail: Kharchenko@kname.edu.ua

Автор: ЩЕРБАК Яків Васильович

доктор технічних наук, професор кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail: Kharchenko@kname.edu.ua

Автор: ЯГУП Катерина Валеріївна

кандидат технічних наук, професор кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail: Kharchenko@kname.edu.ua

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ТИРИСТОРНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ С ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ КОММУТАЦИЕЙ

В.Ф. Харченко, Я.В. Щербак, Е.В. Ягуп

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н.Бекетова, Украина

В системе MATLAB составлена визуальная модель трехфазной системы электроснабжения с тиристорным компенсатором с одноступенчатой коммутацией. С применением поисковой оптимизации были определены углы управления тиристорами компенсатора. Полученный при таких условиях режим симметричного управления компенсатором характеризуется отсутствием неканонических гармоник. Это позволяет уменьшить число подавляющих фильтров. Вследствие воздействия фильтров коэффициент мощности приблизился к единице.

Ключевые слова: *тиристорный компенсатор, управляющие импульсы, гармонические составляющие, поисковая оптимизация.*

OPTIMIZATION OF THREE-PHASE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM MODE WITH TYRISTOR COMPENSATOR WITH A SINGLE-STEP-SWITCHED COMMUTATION

V.F. Kharchenko, Y.V. Sherbak, K.V. Yagup

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

A thyristor compensator with a single-step commutation, which is a three-phase thyristor bridge with a load, which is a reactor and connected by its diagonals through capacitors to a three-phase power supply system with a resistive-inductive load is considered. A visual model of the power supply system with a compensator is compiled. As a non-linear search optimization problem, the task is to determine the control pulses on the compensator thyristors whose control angles are accepted as optimization variables. The optimization objective function is calculated during the run of the model. It is a spherical metric composed of reactive powers that give the phase sources of the voltage of a three-phase network. The powers in the model are measured using virtual meters of active and reactive powers from the SimPowerSystem library, which are tuned to the main harmonic of the supply network, the main program texts and file functions are written in the programming language of the MATLAB system. Interaction and data exchange between the model and programs is provided through the workspace using global variables, the number of which includes optimization parameters and the value of the objective function. When solving the problem with the above six optimization variables, a full compensation mode with an asymmetric arrangement of the control pulses with thyristors is finally obtained.

In this case, as harmonic analysis shows by the method of fast Fourier transform, the harmonic spectrum contains a large number of noncanonical harmonics, the suppression of which would require the installation of a large number of resonant filters. The introduction of the condition of symmetric control of the compensator, consisting in equidistance of pulses relatively to each other, made possibility to reduce the number of optimization variables to one, which greatly accelerates the solution.

The mode of symmetric control of the compensator obtained under such conditions is characterized by the absence of noncanonical harmonics. This permit to reduce the number of suppression filters. Eight resonant sequential filters were synthesized and installed for older non-canonical harmonics. Due to their influence, the distortion factor has approached to unit, and this value for a single shift factor and determines the power factor of the power supply system as a whole. To measure the energy indicators, an original virtual instrument was developed using the elements of the SimPowerSystem library, which makes it possible to monitor the values of the shift, distortion and power factors.

Keywords: *thyristor compensator, control impulses, harmonic components, search optimization.*