

The considered algorithm of reactive-power optimization can be applied at development of microprocessor systems which automatically control reactive-power compensators, based on power semiconductor technique.

Keywords: optimization algorithm, balanced condensers, reactive power

У пакеті MATLAB була складена візуальна модель системи електропостачання електроподвижного складу з нерівномірним активно-індуктивним навантаженням в кожній з трьох фаз. Для симетрування струмів і компенсації реактивної потужності в систему електропостачання були підключені симетруючі міжфазні конденсатори. При визначенні оптимальних значень ємкостей конденсаторів, що мінімізують значення реактивної потужності, були побудовані поверхні відгуку

Ключові слова: поверхні відгуку, лінії рівного рівня, оптимізація, симетруючі конденсатори, реактивна потужність

В пакете MATLAB была составлена визуальная модель системы электроснабжения электроподвижного состава с неравномерной активно-индуктивной нагрузкой в каждой из трех фаз. Для симметрирования токов и компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения были подключены симметрирующие межфазные конденсаторы. При определении оптимальных значений емкостей конденсаторов, минимизирующих значение реактивных мощностей, были построены поверхности отклика

Ключевые слова: поверхности отклика, линии равного уровня, оптимизация, симметрирующие конденсаторы, реактивная мощность

УДК 621.327

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТКЛИКА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е. В. Ягуп

Кандидат технических наук, доцент
кафедра "Автоматизированные системы
электрического транспорта"

Украинская государственная академия
железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 11, г. Харьков, Украина, 61001
Контактный тел.: (057) 730-10-76
E-mail: yag.kate@rambler.ru

1. Введение

Нагрузка систем электроснабжения электроподвижного состава носит активно-индуктивный характер, в результате чего возникает увеличение реактивной мощности, что приводит к таким негативным последствиям как потери в сети и генераторах, падение напряжения, снижение качества электроэнергии в сети в целом. Кроме того, из-за изменения нагрузок по фазам, которые носят случайный характер, в сети возникает несимметрия токов, что приводит к возникновению сверхтоков и увеличению потерь в сети. Симметрирование токов и уменьшение реактивной мощности в сети являются важными задачами в связи с повышающимися требованиями к качеству электрической энергии.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Одним из эффективных и экономичных в реализации способов симметрирования и компенсации реактивной мощности трехфазной системы электроснабжения является использование компенсирующих конденсаторов [1 – 3], которые можно подключить между фазами по схеме "треугольник" или "звезда" (рис. 1) [4, 5]. Однако при активно-индуктивной нагрузке электрической сети носящей случайный характер возникают сложности аналитического расчета точных значений емкостей конденсаторов, так как для расчета необходимо составлять и решать систему дифференциальных уравнений, в которой величины индуктивностей и сопротивлений в фазах изменяются. Использование алгоритма оптимизации реактивной мощности в микропроцессорных системах управле-

ния компенсаторами реактивной мощности позволяет решить проблему подбора значений емкостей конденсаторов при изменяющейся несимметрии токов питающей сети.

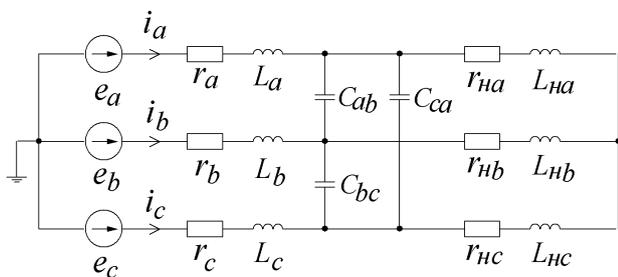


Рис. 1. Электрическая схема трехфазной системы снабжения с компенсирующими конденсаторами

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является исследование поверхности отклика полученной в результате оптимизации значений межфазных конденсаторов при симметрировании фазных токов. Построение линий равного уровня можно эффективно выполнить в программном пакете Matlab.

4. Экспериментальные данные и их обработка

Линии равного уровня представляют собой геометрическое место точек пространства аргументов, для которых значения исследуемой функции одинаковы. Учитывая то обстоятельство, что в программном пакете Matlab линии равного уровня можно построить для функций двух аргументов, а в рассматриваемой модели оптимизация выполняется одновременно по трем параметрам, целесообразно построить три диаграммы линий равного уровня, в каждой из которых зафиксировано оптимальное значение емкости одного из межфазных конденсаторов.

Оптимальные значения емкостей межфазных конденсаторов были получены ранее с использованием программного пакета Mathcad, где была выполнена оптимизация [6]. В проведенном эксперименте были заданы следующие исходные данные: сдвиги фаз напряжений eA, eB, eC равнялись соответственно 0, 240 и 120 градусам, амплитуды и частоты каждой из фаз были равными и из величины равнялись соответственно 100 В и 50 Гц. Сопротивление линии носило активно-индуктивный характер, где значения сопротивления и индуктивности равнялись R = 0.1 Ом и L = 0.001 Гн. Несимметрия токов в фазах была реализована заданием отличающихся значений активно-индуктивных нагрузок в соответствующих фазах Ra = 0.7 Ом, La = 0.005 Гн, Rb = 1 Ом, Ld = 0.01 Гн, Rc = 2 Ом, Lc = 0.04 Гн. В результате проведенной оптимизации были установлены значения межфазных конденсаторов Cab = 0.0005621, Cbc = 0.0001823, Cca = 0.00003446, которые позволили выровнять амплитудные значения токов в фазах и отсимметрировать их. Таким образом, при построении поверхностей

отклика будем задавать одно из зафиксированных значений емкостей конденсатора, равное оптимальному значению, полученному в [6].

Целевая функция (невязка) в рассматриваемой схеме представляет собой шаровую метрику – корень из суммы квадратов реактивных мощностей в каждой фазе, рассчитываемую по формуле (1).

$$nev = \sqrt{Q_A^2 + Q_B^2 + Q_C^2} \quad (1)$$

Подстановка оптимальных значений емкостей конденсаторов в визуальную модель (рис. 2), созданную в программном пакете Matlab подтвердила, что при значениях емкостей конденсаторов, найденных при помощи MathCAD целевая функция достигает своего минимума, значение которого равняется 0,03582.

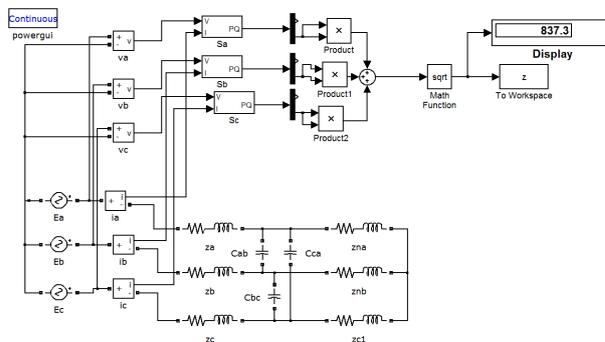


Рис. 2. Визуальная модель трехфазной системы снабжения

Рассматриваемая визуальная модель была взята за основу при расчете значений целевой функции, для которой были построены линии равного уровня. В блоки Cab, Cbc и Cca передавались значения межфазных конденсаторов, служившие впоследствии осями при построении поверхности отклика. После запуска модели в установленном режиме работы виртуальной модели на выход передавалось значение целевой функции, для которой строилась поверхность отклика. Значение шаровой метрики передавалось в рабочее пространство системы MATLAB специальным блоком To Workspace.

Построение линий равного уровня выполнялось специальной командой contour. Эта команда может содержать четыре аргумента: первый и второй аргументы представляют собой диапазон координат осей абсцисс и ординат, сформированные в виде массивов данных, третий аргумент является матрицей со значениями целевой функции, четвертый аргумент команды contour представляет собой либо количество линий равного уровня, либо вектор линий уровней для заданных значений. Формирование массива исходных данных целевой функции формируется в двойном цикле путем вызова файл-функции funcExamp_Cbc_fix(x, y). Файл функция осуществляет запуск модели трехфазной сети (рис. 2) и передает значение целевой функции (невязки) в рабочее пространство Matlab.

Для информативности построенных графиков использовалась специальная функция clabel, которая создала ярлычки с надписями значений функции на каждой из линий уровней.

Полный текст одной из трех программ, которая рассчитала линии уровня при фиксированном значении C_{bc} приведен на листинге 1.

```

for i=1: 1: 40
    x = i*20*1e-6
    for j=1: 1: 25
        y = j*2*1e-6
        MasAC(i, j) = funcExamp Cbc fix( x, y)
    end
end
end
    
```

```

y1 = [20*1e-6; 20*1e-6; 800*1e-6]
x1 = [2*1e-6; 2*1e-6; 50*1e-6]
[X, Y] = meshgrid(x1,y1);
    
```

```

S = [ 10 100 500 1000 1500 2000 2500 ]
    
```

```

[CMart, h] = contour( X, Y, MasAC, S);
clabel(CMart, h)
grid on
    
```

Листинг 1

Остальные две программы при фиксированных значениях C_{ab} и C_{ac} составлены аналогично программе, приведенной на Листинге 1.

В результате выполнения этих программ были построены линии равного уровня приведенные на рис. 3, рис. 4 и рис. 5. На приведенной диаграмме рис. 3 видно, что рассматриваемая функция достигает своего минимума при значениях C_{ca} стремящемся к значению $3,5 \times 10^{-5}$ и C_{ab} стремящемся к $3,5 \times 10^{-5}$. Значения емкостей межфазных конденсаторов, при которых функция достигает минимума, равны найденным ранее оптимальным значениям этих величин. Линии уровня при этом носят концентрический характер. Таким образом, без выполнения оптимизации было установлено геометрическое место точек, а именно геометрическое место величин межфазных конденсаторов, при которых корень из суммы квадратов реактивных мощностей стремится к своим минимальным значениям.

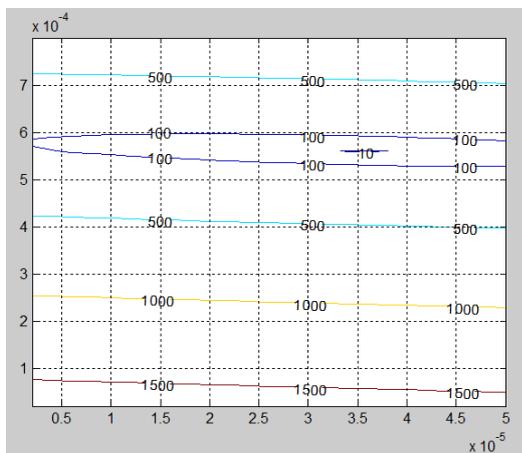


Рис. 3. Линии равных уровней при фиксированном значении C_{bc}

На рис. 4. и рис. 5. соответственно изображены диаграммы линий равных уровней при фиксированном оптимальном значении C_{ac} (рис. 4) и C_{bc} .

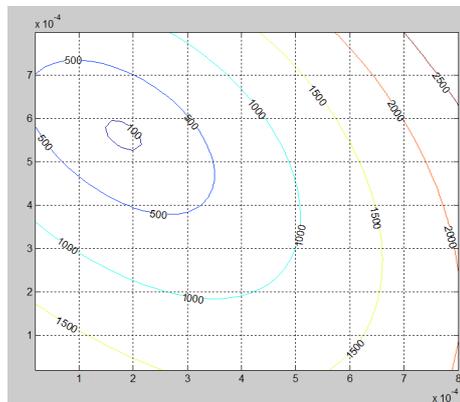


Рис. 4. Линии равных уровней при фиксированном значении C_{ac}

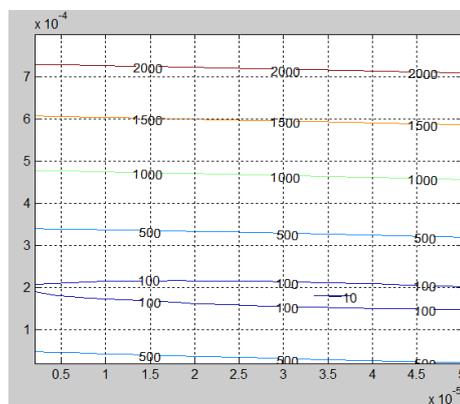


Рис. 5. Линии равных уровней при фиксированном значении C_{bc}

Анализируя характер построения линий равного уровня, можно увидеть, что экстремум целевой функции достигается при ранее найденных оптимальных значениях емкостей компенсирующих конденсаторов.

На линиях указаны ярлыки со значениями целевой функции при изменяющихся значениях параметров C_{ab} и C_{bc} , из чего можно сделать вывод о том, что при значениях приближающихся к $C_{ab} = 0.0005621$, $C_{bc} = 0.0001823$ значение невязок уменьшаются.

5. Выводы

1. Составлена визуальная модель трехфазной электрической сети с несимметричной нагрузкой по фазам.
2. Построены поверхности отклика целевой функции, представляющей собой шаровую метрику – квадратный корень из суммы квадратов реактивных мощностей трехфазной системы питания.
3. Построенные поверхности отклика демонстрируют, что шаровая метрика достигает своего экстремума при значениях емкостей компенсирующих конденсаторов равных соответствующим величинам, полученным ранее при оптимизации.

Література

1. Глушков, В. М. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий [Текст] / В. М. Глушков, В.П. Грибин.- М.: Энергия, 1975. – 104 с.
2. Железко, Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
3. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности. Под ред. Р. М. Матура: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 160 с.
4. Минин, Г. П. Реактивная мощность. – М.: Энергия, 1978. – 88 с.
5. Расчет режима компенсации реактивной мощности в несимметричной системе электроснабжения методом поисковой оптимизации. – Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика», вип. 11(186). – Донецьк, 2011. – с. 449-454. Ягуп В. Г. Ягуп Е. В.
6. Ануфриев И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. – Matlab 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

Abstract

In an application package MATLAB was made visual model of the system of power supply of electric train with the uneven active-inductive loading in each of three phases. For currents symmetrization and reactive-power compensation balanced interphase condensers were included in the system of power supply. For determination of optimum values of condensers capacities at which spherical metric, namely, square root from the sum of squares of reactive-powers, arrived at the minimum value, response surfaces were built. Thus taking into account that circumstance, that in MATLAB application is possible to build line of equal levels just for function of two variables, three diagrams were built. In each of diagrams one of three values of condensers was fixed, and was equal before found optimum value. As a result of construction of lines of equal level without implementation of optimization the geometrical place of values of balanced condensers at which reactive-power in the system of power supply reached minimum value

Keywords: response surfaces, lines of equal level, optimization, balanced condensers, reactive power

Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до розв'язання проблеми урахування біологічної дії видимого світла. Наведено результати розробки методів оцінки та засобів вимірювання незорового впливу видимого світла

Ключові слова: біологічний годинник, циркадне освітлення, незоровий вплив, якість, синхронізація, вимірювання, стандарт

Обоснована необходимость комплексного подхода к решению проблемы учета биологического воздействия видимого света. Изложены результаты разработки методов оценки и средств измерения незрительного воздействия видимого света

Ключевые слова: биологические часы, циркадное освещение, незрительное воздействие, качество, синхронизация, измерение, стандарт

УДК 628.98

ЦИРКАДНЕ ОСВІТЛЕННЯ: ВИЗНАЧЕННЯ, ВИМІРЮВАННЯ, НОРМУВАННЯ

К. І. Гоффе

Начальник відділу світлотехнічних установок та кошторисів

ПАТ "Важпромелектропроект"

пр. Леніна, 56, м. Харків, Україна, 61072

Контактний тел.: (057) 340-35-60

E-mail: kioffe@inbox.ru

1. Вступ, обґрунтування актуальності проблеми

Піддержання рівноваги між якістю та енергоефективністю освітлення є основним питанням, що стоїть перед ведучими світлотехніками. В той час, коли спостерігається безперервно зростаюча потреба в зменшенні енергоспоживання, основна задача

освітлення в забезпеченні людей високоякісними умовами для виконання зорових задач.

Відомо, що всі види на землі регулюються біологічними годинниками, цикл яких близько 24 годин [1, 2]. Також біологічний годинник людини синхронізується з місцевого часу на землі кожен день, коли людина відкриває очі вранці. Зокрема, світло, що падає на сітківку, забезпечує синхронізацію сиг-