

УДК 621.313

**Угол нагрузки двигателей с катящимся ротором / / Наний В. В. // Вісник НТУ «ХП».**

Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. – № 70 (1043). – С.167-170. –  
Бібліогр.: 3 назв.

У статті наводиться методика визначення реального кута навантаження двигуна з ротором, що котиться, за допомогою комп'ютерного моделювання магнітного поля двигуна. Дано порівняння 8 - і 6-пазової конструкції двигуна з ротором, що котиться, з урахуванням нерівномірності його повітряного проміжку і аналізується вплив цього проміжку на реальний кут навантаження машини. Наводяться результати отриманих досліджень у графічному вигляді і порівнюються максимальні значення отриманих кутів для 6 - і 8-пазової моделі двигуна.

**Ключові слова:** кут навантаження, двигун з ротором, що котиться, нерівномірний повітряний проміжок.

The article presents a comparison 8 - and 6-slot design of motor with a rolling rotor (MRR) subject to irregular air gap and analyzes the impact of this gap on the real machine load angle. The results of these researches are graphically presented and maximum values of load angles for 6 - and 8-slot motor models are compared.

**Keywords:** the load angle, motor with a rolling rotor, irregular air gap.

УДК 621:519.711.3

**Е. В. ГУСЕВА**, канд. техн. наук, доц., Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности;

**О. М. КРАСТЕЛЕВ**, ст. преп., Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ МНОЖЕСТВА ЗНАЧЕНИЙ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Предложен метод определения значений эквивалентных параметров системы электроснабжения, при которых напряжение на исследуемом участке системы будет соответствовать требуемой величине, либо отклоняться в заданном диапазоне. В математической модели представлена система алгебраических и дифференциальных уравнений, в результате решения которых получена область значений рассматриваемых электротехнических устройств.

**Ключевые слова:** модель системы электроснабжения, эквивалентирование, построение областей значений параметров.

**Введение.** Развития энергетического комплекса Украины ставит своей целью создание научной методологии оптимизации его развития, то есть методологии нахождения наилучших пропорций в развитии энергетического снабжения, изучение и нахождение наилучших форм и методов управления им.

Энергетический комплекс охватывает сложнейший по объему комплекс элементов и связей в виде разнообразнейших потребителей энергии, энергогенерирующих предприятий. Описать эти развивающиеся элементы и связи единой системой уравнений и неравенств достаточно сложно (из - за резкой их разноточности). Поэтому создание системы эквивалентных (загрубленных) математических моделей изучаемой системы является одной из главных задач.

Эти зависимости являются нелинейными, причем вид их нелинейности таков, что при решении задач на минимум затрат они не могут непосредственно учитываться в модели при расчете ее существующими методами как линейного,

© Е. В. ГУСЕВА, О. М. КРАСТЕЛЕВ, 2013

так и нелинейного программирования. С этой целью в линейных моделях обычно используются уже довольно многочисленные приемы, позволяющие учитывать нелинейные зависимости.

Настоящий момент в достаточной мере разработаны методы моделирования электроэнергетической системы с использованием эквивалентирования, и одним из основных вопросов является разработка методов описания территориального размещения потребителей энергии, то есть методов их группировки по сосредоточению в отдельных точках рассматриваемых районов а также всех обратных связей системы [7].

**Постановка задачи.** На сегодняшний день актуальным является разработка методов определения значений эквивалентных параметров системы электроснабжения, при которых напряжение на исследуемом участке системы будет соответствовать требуемой величине, либо отклоняться в заданном диапазоне.

В структуре показателей качества электроэнергии (ПКЭ), закрепленных в ГОСТ 13109 – 97, наиболее важными, но менее проработанными, является отклонение напряжения [5]. Дело в том, что упомянутый показатель зависит как от потребителя (его энергопотребляющей установки), так и от поставщика электроэнергии (генерация и электрические сети). Не все потребители своей энергопотребляющей установкой изменяют напряжение, но и они получают некачественную электроэнергию, если подключены к сетям, в которых имеются источники искажений.

Предлагается метод, позволяющий определять множество значений параметров не только потребителей, но и параметров эквивалентных электротехнических устройств в системе электроснабжения, обеспечивающих необходимый режимный работы по напряжению. При этом в основном подлежат уточнению параметры элементов энергосистемы такие как напряжения отдельных участков ЛЭП, сечение проводов, компенсирующие устройства, размещение подстанций, конфигурация распределительных сетей и др. для которых будут построены области их значений.

**Решение задачи.** Рассматриваемая энергетическая система представляется в виде ряда эквивалентных энергоузлов, характеризующихся суммарными нагрузками и режимом электропотребления соответствующих районов обслуживаемой ею территории и линий электропередач с эквивалентными параметрами, принципиально отражающих связи между этими узлами [3].

Принимаемая эквивалентная схема должна не только правильно характеризовать современное состояние реальной энергосистемы, но и решать принципиальные вопросы ее развития на перспективу.

Обобщенная математическая модель системы электроснабжения предлагается рассматривать в виде дифференциальных и алгебраических уравнений [4]:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, e, \lambda) \\ y = \varphi(x, e, \lambda) \end{cases} \quad (1)$$

где:  $x \in R^n$  - вектор состояния;

$\lambda \in \Lambda \subset R^r$  - вектор изменяемых параметров;

$y \in R^m$  - вектор выхода;

$e \in R^q$  - вектор напряжений источников.

На вектор выхода  $y(t)$  наложены ограничения  $y \in Y$ , отражающие требования к качеству электрической энергии. Решается задача определения множества

$\Lambda^* \subset \Lambda$  такого, что  $\lambda \in \Lambda^* \Leftrightarrow y \in Y$ .

Множество  $\Lambda^*$  позволяет указать допустимые значения параметров, при которых обеспечивается требуемое напряжение либо его отклонение.

Рассматривается линейная электроэнергетическая система с одним эквивалентным источником ( $q = 1$ ) напряжения  $e(t) = A \sin(\omega t)$  и выходом ( $m = 1$ )  $y = I(t)$ , представляющим напряжение на рассматриваемом эквивалентном участке системы, и варьируемым эквивалентным параметром  $\lambda$ . Для рассматриваемого случая система (1) принимает вид [10]:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A(\lambda)x(t) + B(\lambda)e(t) \\ y(t) = C(\lambda)x(t) \end{cases} \quad (2)$$

где:  $A(\lambda), B(\lambda), C(\lambda)$  - матрицы размерностей, соответственно,  $[n \times n], [n \times 1], [1 \times n]$ .

Начальные условия определяются для дифференциальных уравнений, описывающих реактивные элементы и представляют собой для эквивалентной индуктивной нагрузки – значения начальных токов, для эквивалентной емкостной нагрузки – напряжение источника. На качество установившегося режима (на показатели качества электроэнергии в установившемся режиме) начальные условия влияния не оказывают;

$s = j\omega$  - комплексная переменная преобразования Лапласа. На практике, качество электроэнергии в установившемся режиме определяется при синусоидальном напряжении на источнике / (источниках).

Система неравенств (3):

$$\begin{cases} |W(j\omega, \lambda)| \geq \frac{A_{\text{обл. min}}}{A}, \\ |W(j\omega, \lambda)| \leq \frac{A_{\text{обл. max}}}{A}. \end{cases} \quad (3)$$

представляет собой области значений определяемых параметров, а уравнения (4) - граничные значения определяемых параметров.

$$\begin{cases} |W(j\omega, \lambda)| = \frac{A_{\text{обл. min}}}{A}, \\ |W(j\omega, \lambda)| = \frac{A_{\text{обл. max}}}{A}. \end{cases} \quad (4)$$

В настоящее время применяются методы количественной оценки параметров (факторов), влияющих на развитие электрической сети, с учетом увеличения нагрузки. В наиболее общей постановке математическая модель должна позволять выбирать первоначальные параметры сети с учетом последующего увеличения электрических нагрузок. Отсюда и вытекает необходимость эквивалентного упрощения системы с целью отображения в модели лишь главных свойств и особенностей электрической сети. Поэтому допустимо создание математической модели, в которой все функциональные зависимости представлены в детерминированной форме [1].

Важнейшим этапом математического моделирования энергетических систем является создание моделей, эквивалентных изучаемой реальной системе. Для развивающейся энергетической системы основными вопросами эквивалентирования является разработка методов описания:

- территориального размещения потребителей энергии, то есть методов их

группировки в отдельные узлы в пределах рассматриваемых районов;

- технологических связей. Эквивалентирование здесь должно быть достигнуто описанием не всех, а только основных электрических связей, укрупненным описанием электростанций по характерным группам, а также укрупненным описанием ограниченного числа реальных режимов использования электростанций. Крайне важно в линейных моделях обоснованное эквивалентное описание фактически нелинейных и вероятностных технологических связей упрощенными линейными зависимостями.

Наряду с детерминированной моделью (1), метод применим к моделям идеализированных схем электроснабжения [9]. В основу математической модели, в частности, также может быть положена идеализированная схема, которая бы позволяла имитировать реальные условия электроснабжения в рассматриваемом районе путем приведения их (с известной степенью достоверности) к определенной расчетной схеме.

Простейшую идеализированную схему электроснабжения, принимаемую для разработки структуры модели, можно представить, например, содержащей питающий пункт, питающую линию высокого напряжения, районную понизительную подстанцию и распределительную - сеть среднего напряжения (10—35 кВ), а электрическую нагрузку — состоящей из сосредоточенной (вблизи которой, как правило, размещается районная подстанция) и равномерно распределенной по территории района. Необходимо подчеркнуть, что данная схема есть одна из возможных. Обоснование оправдываемой степени идеализации требует специального изучения и входит в общую проблему эквивалентирования сложных систем, представляющую в самостоятельный научный интерес.

На основе изложенного можно сделать следующий вывод. Принципиально все рассматриваемые задачи нелинейные вследствие нелинейности основных связей между параметрами энергосистемы.

Современные электрические системы относятся к классу настолько сложных динамических систем, что упрощение их математического описания при изучении динамических процессов необходимо даже при использовании наиболее совершенных вычислительных средств.

Однако, и линейная модель позволяет достаточно полно описывать специфику внутренних и внешних связей энергосистемы, поскольку изучение поведения любой реальной физической системы на основе моделирования даже самыми современными методами и средствами неизбежно приводит к необходимости ее идеализации, то есть выбора из многообразия влияющих факторов и свойств системы определяющих при анализе рассматриваемого круга вопросов. Известны понятия [7] так называемой идеализированной синхронной машины, идеального трансформатора, линии без потерь и т. д. Следует выделить исходную идеализацию — априорно принимаемые допущения при математическом описании поведения системы — и идеализацию, связанную с упрощением полученных (на основании исходной идеализации) уравнений. Первая неизбежна всегда, вторая — лишь тогда, когда сложность математического описания системы исключает возможность ее изучения с помощью средств, которыми располагает исследователь.

Если пренебречь влиянием различных случайных явлений (типа флуктуации) на движение динамической системы, то относительная сложность описывающих ее

уравнений определяется числом координат и параметров, характеризующих движение системы, и законами этого движения. Уменьшение числа этих величин связано прежде всего с пренебрежением малыми параметрами. Если такое упрощение не изменяет устойчивого состояния системы, то оно допустимо.

Математической основой идеализации при этом является теория дифференциальных уравнений с малыми множителями при производных и основанный на ней метод разделения движений динамической системы на быстрые и медленные [4], который можно рассматривать как метод приближенного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

В линеаризуемых системах дифференциальных уравнений нелинейности допускаются только в виде произведения координат, а также синусов и косинусов координат.

Проведенные расчеты и анализ [10] позволяют предположить, что токи линий и нагрузок в электрических системах любой сложности всегда можно отнести к группе быстрых координат, то есть линии и нагрузки всегда могут описываться алгебраическими уравнениями. Если это предположение в ряде случаев и не будет подтверждено, то, принимая его, исследователь не вносит дополнительной погрешности по сравнению с существующей в практике расчетов переходных процессов электрических систем. Исходя из этого, исследование динамических процессов в сложных электрических системах, очевидно, целесообразно начинать с предварительного преобразования — эквивалентирования пассивной части схемы.

**Вывод.** На сегодняшний задачу оптимизации развития энергетической системы Украины в целом можно формулировать лишь в следующей существенно ограниченной постановке: при заданных условиях и режимах электропотребления в отдельных узлах нагрузки, а также выделяемых для электростанций энергетических ресурсах найти такую последовательность развития и сооружения различных электростанций (из числа возможных к строительству) и межсистемных линий электропередач, которая отвечает минимуму заданного критерия оптимизации за рассматриваемый период лет.

**Список литературы:** 1. *Баринов В. А., Совалов С. А.* Режимы энергосистем: Методы анализа и управления. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 2. *Беркович М. А., Молчанов В. В., Семенов В. А.* Основы техники релейной защиты. – М.: "Энергоиздат", 1994, 376 с. 3. *Веников В. А., Идельчик В. И., Лисеев М. С.* Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985. 4. *Вержбицкий В. М.* Численные методы: Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения. - Изд.: «Оникс 21 век», 2005. 5. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт. 6. ГОСТ 21128—83 Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В. 7. *Крюков, А. В.* Эффективные алгоритмы решения уравнений предельных режимов энергосистем [Текст] / *А. В. Крюков, М. К. Сальникова, А. М. Степкин* // Тр. БрГУ, 2006. – С. 37-47. 8. *Манов Н. А.* Классификация задач анализа и синтеза надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар, 2002. - с. (Научные доклады/ Коми научный центр Уральского отделения Российской АН; Вып. 448). 9. *Манов Н. А.* Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами. Екатеринбург: УРО РАН, 2002. – с.205. 10. *Пряшников Ф. Д., Гусева Е. В.* Построение областей заданного качества электроэнергетической системы с одним варьируемым параметром // Восточно-европейский журнал передовых технологий.- 2008. - №5/2 (35) . – с. 53 – 56.

*Поступила в редколлегию 05.11.2013*

**Усовершенствование метода построения множества значений устройств системы электроснабжения / Гусева Е. В., Крастелев О. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.170-175 . – Бібліогр.: 10 назв.**

Запропоновано метод визначення значень еквівалентних параметрів пристроїв системи електропостачання, при яких напруга на досліджуваній ділянці системи відповідатиме необхідній величині, або відхилятиметься у заданому діапазоні. У математичній моделі надана система алгебраїчних і диференціальних рівнянь, в результаті розв'язання яких отримана зона значень розглядуваних електротехнічних пристроїв.

**Ключові слова:** модель системи електропостачання, еквівалентірованіє, побудова областей значень параметрів.

Here is the method of the equivalent parameters values determination for the power supply system devices at which voltage on the investigated system area will meet the required value or will deviate in the set range. In the mathematical model the algebraic and differential equations system is given, the solution of which resulted in the obtaining of the values set for the examined electrical devices.

**Keywords:** model of the power supply system, ekivalentirovanie, the construction of the ranges of the parameters.

**УДК 66.047.3, 66. 047. 7**

**В. А. КУТОВОЙ**, канд. физ.- мат. наук, снс, ННЦ «ХФТИ», Харьков;  
**А. С. ЛУЦЕНКО**, инженер - исследователь, ННЦ «ХФТИ», Харьков;  
**В. М. КОШЕЛЬНИК**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ

## **НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТЕРМОВАКУУМНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Проведена научно - практические исследования энергосберегающего метода термовакuumного процесса сушки дисперсных материалов, который продемонстрирован на примере сушки отходов деревообрабатывающей промышленности.

**Ключевые слова:** термовакuumная установка, влажность, энергосбережение, качество.

**Введение.** Уменьшение энергетических и временных затрат в процессе сушки дисперсных материалов имеет высокую актуальность. Проблема источника энергии - ключевая проблема установок различного типа в условиях надвигающегося энергетического кризиса. Энергосбережение является одной из наиболее актуальных проблем в мире. Решение этой проблемы лежит в основе использования альтернативных источников энергии, разработке энергосберегающих технологий, экологической защиты окружающей среды. [1,2]. Задача энергосберегающей технологии состоит в том, чтобы использовать тепловую энергию с максимальной эффективностью. Одним из перспективных направлений современного подхода к эффективному использованию природных и энергетических ресурсов является реализация концепций по интенсификации процессов теплообмена при удалении влаги из дисперсных материалов. Решения данной проблемы в рамках ограниченности энергоресурсов принимает более широкое использование электрической энергии в теплотехнологических процессах. Эффективность использования электрической энергии требует разработки новых способов сушки и конструкций нагревательных элементов в термотехнологичних установках. [3].