

УДК 621.311

Г.И. Лагутин

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕЧНЯ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматриваются особенности определения перечня параметров и характеристик систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники с применением математического аппарата корреляционного анализа. Для определения перечня характеристик и показателей электротехнических средств и систем электроснабжения, подлежащих оцениванию на этапе проектирования и контролю на этапе эксплуатации, предлагается их ранжирование по степени важности путем установления статистических связей между отдельными характеристиками элементов систем электроснабжения.

Ключевые слова: параметры и характеристики систем электроснабжения, корреляционный анализ, матрица статистической значимости, ранжирование.

Введение

Постановка проблемы. Системы электроснабжения военных объектов общевойскового и специального назначения обладают сложной и разветвленной структурой энергетических и информационных потоков, связанных между собой для обеспечения процесса бесперебойного функционирования комплексов вооружения и военной техники. Электротехнические средства, используемые в системах электроснабжения военных объектов, обладают рядом технических, эксплуатационных, экономических и других характеристик. Задачу обоснованного выбора и контроля характеристик и показателей образцов электротехнических средств и систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники необходимо решать на различных этапах их жизненного цикла:

на этапе проектирования необходимо выбрать перечень и значения характеристик и показателей электротехнического оборудования, обеспечивающих заданную эффективность использования комплексов вооружения и военной техники;

на этапе эксплуатации необходимо постоянно контролировать значения этих характеристик с целью определения действительного технического состояния электротехнических средств и систем электроснабжения.

Все множество показателей систем электроснабжения можно разбить на следующие основные группы [1]:

функциональные показатели – количественные и качественные характеристики системы электроснабжения, энергетические показатели, показатели электромагнитной совместимости и др.;

эксплуатационные показатели – показатели, характеризующие надежность удобство эксплуатации и ремонта, безопасности обслуживании;

конструктивные показатели – масса, габариты, вибро- и ударостойкость, влагозащищенность, степень использования стандартизированных и унифицированных блоков, узлов и деталей, технологичность конструкций и др.;

экономические показатели – затраты на разработку, производство и эксплуатацию и т.п.

Анализ последних исследований и публикаций. В ведомственных строительных нормах [1] в качестве основных характеристик проектируемых систем электроснабжения обосновываются лишь такие характеристики, как категоричность потребителей по надежности электроснабжения, расчетные электрические нагрузки, а также требования по компенсации реактивной мощности. Государственные строительные нормы [2] дополнительно к вышеуказанным характеристикам рассматривают особенности выбора типа системы заземления электрических сетей и требования по защите электрооборудования от влияния воды и механических воздействий. В [3] указано, что при проектировании силового электрооборудования учитываются характеристики производственного оборудования; назначение, мощность, напряжение, род тока, комплектность электротехнической части, требования к управлению, автоматике, надежности электроснабжения и т. д.; данные о взаимосвязи механизмов, агрегатов и установок; сведения об источниках питания; характеристика окружающей среды; указания о резервировании питания, компенсации реактивной мощности, учете электроэнергии, заземлении и занулении. Однако, при этом не указывается порядок выбора и степень важности тех или иных характеристик.

Целью статьи является совершенствование процесса определения перечня параметров и характеристик систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники с использованием корреляционного анализа для установления статистических связей между характеристиками элементов.

Изложение основного материала

Для определения перечня характеристик и показателей электротехнических средств и систем электроснабжения, подлежащих оцениванию на этапе проектирования и контролю на этапе эксплуатации, предлагается подход, основанный на использовании корреляционного анализа для установления статистических связей между характеристиками элементов [4]. Для этого вначале необходимо определить пере-

чень всех возможных характеристик и показателей, описывающих элементы системы электроснабжения. Затем следует установить статистические связи между характеристиками элементов, после чего возможно будет ранжировать их в порядке значимости и выбрать перечень наиболее влиятельных из них для оценивания на этапе проектирования.

Алгоритм определения обобщенных весовых параметров элементов системы электроснабжения показан на рис. 1.

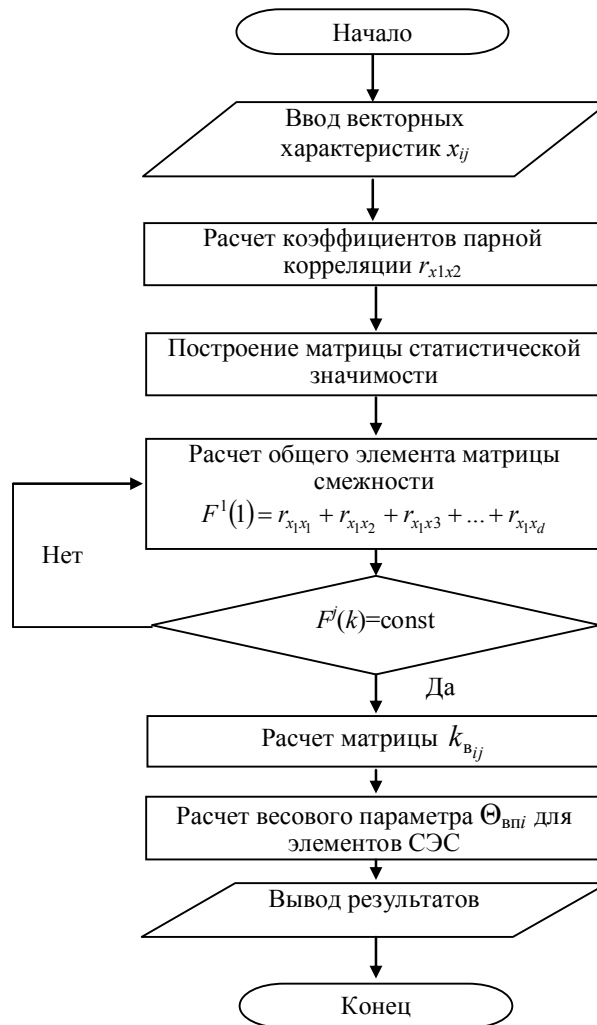


Рис. 1. Алгоритм определения обобщенных весовых параметров

При определении перечня всех возможных характеристик и показателей, описывающих элементы системы электроснабжения, может быть использован фасетный метод классификации [5], согласно которому каждый элемент системы электроснабжения рассматривается со своим индивидуальным набором характеристик X_i :

$$X_i = (x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i}, \dots, x_{di}), \quad (1)$$

где $i = 1 \dots n$ – количество элементов системы электроснабжения;

x_{di} – d -я характеристика i -го элемента системы электроснабжения (мощность, напряжение, коэффи-

циенты нагрузки по мощности и продолжительности включения и т.п.);

d – количество характеристик, описывающих каждый i -й элемент системы электроснабжения.

Для всех элементов системы электроснабжения количество характеристик d в наборе одинаково.

Для установления статистических связей между характеристиками элементов целесообразно использовать методы корреляционного анализа с целью определения коэффициентов парной корреляции r_{x1x2} между каждыми двумя характеристиками x_1 и x_2 на основании имеющихся статистических данных [6]:

$$\Gamma_{x_1x_2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \cdot (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \quad (2)$$

При этом несмещенные и состоятельные оценки средних значений дисперсий корреляционного момента \bar{x}_1 , \bar{x}_2 могут быть определены на основании проведенных m опытов [5]:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{1i} ; \quad (3)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{2i} . \quad (4)$$

Для установления характеристик, наиболее влиятельных из рассматриваемой группы, необходимо построить матрицу статистической значимости связей между характеристиками элементов системы электроснабжения путем учета абсолютных значений рассчитанных коэффициентов корреляции $\Gamma_{расч}$ для всех

$$|\Gamma_{расч}| \geq R_{кр} ,$$

где $R_{кр}$ – критическое значение коэффициента корреляции при выбранном уровне значимости α (вероятности практически невозможных событий, обычно принимаемой 0,001; 0,01; 0,05 или 0,1) и количестве опытов m .

Для получения численных значений рангов характеристик элементов системы электроснабжения могут быть применены методы решения задачи о лидере из теории графов [6]. Для этого перечень возможных характеристик и показателей элементов системы электроснабжения должен быть представлен в виде графа корреляционных связей характеристик элементов системы электроснабжения, вершинами которого являются характеристики электрооборудования, а дуги отображают корреляционные связи между этими характеристиками. Методы определения лидера основаны на том, что вершина-лидер характеризуется обычно большей по сравнению с другими связанностью с остальными вершинами графа.

Наиболее просто степень связанности j -й вершины может быть определена как частное от деления суммы всех расстояний от каждой вершины до всех других вершин на сумму расстояний от j -й вершины до всех других вершин.

$$S_j = \frac{\sum_{k=1}^d \sum_{l=1}^d \Gamma_{x_kx_l}}{\sum_{k=1}^d \Gamma_{x_jx_k}} , \quad (5)$$

где S_j – степень связанности j -й вершины с другими вершинами;

$\Gamma_{x_jx_k}$ – коэффициент парной корреляции между характеристиками x_j и x_k

Для графа корреляционных связей характеристик элементов системы электроснабжения в качестве матрицы смежности рассматривается матрица коэффициентов корреляции, где каждый коэффициент корреляции имеет абсолютную величину, так как знак коэффициента определяет лишь направление связи [7].

Обозначим общий элемент матрицы смежности корреляционных коэффициентов как $F_d^i(k)$, т.е. число путей длины k , идущих из i -й вершины в d -ю. Тогда число $F^i(k)$, определяемое выражением

$$F^i(k) = F_1^i(k) + F_2^i(k) + \dots + F_d^i(k) , \quad (6)$$

назовем итерированной силой k -го порядка i -й вершины.

В выражении (6) d – число вершин графа корреляционных связей (число характеристик, описывающих элемент системы электроснабжения).

Итерированная сила первого порядка j -й вершины $F^j(1)$ получается сложением элементов матрицы смежности по строкам:

$$\begin{aligned} F^1(1) &= \Gamma_{x_1x_1} + \Gamma_{x_1x_2} + \Gamma_{x_1x_3} + \dots + \Gamma_{x_1x_d} , \\ F^2(1) &= \Gamma_{x_2x_1} + \Gamma_{x_2x_2} + \Gamma_{x_2x_3} + \dots + \Gamma_{x_2x_d} , \\ &\dots \\ F^d(1) &= \Gamma_{x_dx_1} + \Gamma_{x_dx_2} + \Gamma_{x_dx_3} + \dots + \Gamma_{x_dx_d} . \end{aligned} \quad (7)$$

По рассчитанным таким образом величинам $F^i(1)$ производится предварительное ранжирование характеристик элементов системы электроснабжения, где сила второго порядка $F^i(2)$ определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} F^1(2) &= \\ &= \Gamma_{x_1x_1} F^1(1) + \Gamma_{x_1x_2} F^2(1) + \dots + \Gamma_{x_1x_d} F^d(1) , \\ F^2(2) &= \\ &= \Gamma_{x_2x_1} F^1(1) + \Gamma_{x_2x_2} F^2(1) + \dots + \Gamma_{x_2x_d} F^d(1) , \\ &\dots \\ F^d(2) &= \\ &= \Gamma_{x_dx_1} F^1(1) + \Gamma_{x_dx_2} F^2(1) + \dots + \Gamma_{x_dx_d} F^d(1) . \end{aligned} \quad (8)$$

Процесс вычислений и окончательное ранжирование характеристик заканчивается при достижении k -го порядка, когда приоритет рангов становится неизменным.

На завершающем этапе определения весовых параметров элементов систем электроснабжения

определяется матрица весовых коэффициентов j -х характеристик, который обозначим через k_{vj} , а его численное значение рассчитывается по формуле [7]:

$$k_{vj} = \frac{F^j(k)}{\sum_{j=1}^d F^j(k)}. \quad (9)$$

Наличие численных значений характеристик x_{ij} и их весовых коэффициентов k_{vij} для каждого i -го элемента позволяет использовать в качестве оценки характеристик электрооборудования систем электроснабжения обобщенный весовой параметр, с помощью которого может быть определена значимость i -го элемента при ранжировании характеристик:

$$\Theta_{vpi} = \sum_{j=1}^d k_{vij} \frac{x_{ij} - \frac{x_{ij} + x_{ijmin}}{2}}{\frac{x_{ijmax} - x_{ijmin}}{2} \cdot d}, \quad (10)$$

где Θ_{vpi} – обобщенный весовой параметр i -го элемента систем электроснабжения;

x_{ijmax} , x_{ijmin} – максимальное и минимальное значения j -й характеристики i -го элемента систем электроснабжения.

Выводы

1. При проектировании и эксплуатации систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники должна быть решена задача обоснованного выбора и контроля характеристик и показателей образцов электротехнических средств и систем электроснабжения в целом.

2. Существующие нормативные документы не дают возможности обосновать перечень характе-

ристик и показателей электротехнических средств и систем электроснабжения, подлежащих оцениванию на этапе проектирования и контролю на этапе эксплуатации.

3. Для установления статистических связей между характеристиками элементов систем электроснабжения и их ранжирования по степени важности возможно использование методов корреляционного анализа.

Список литературы

1. ВСН 59-88 «Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования». – М.: Госкомархитектуры, 1988. – 54 с.
2. ДБН В 2.5-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Держбуд України, 2004. – 132 с.
3. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения. Уч. пос. / В.Н. Радкевич. – Минск: НПО «ПИОН», 2001. – 324 с.
4. Дьяконов В.П. Нечеткие адаптивные классификаторы / В.П. Дьяконов, И.В. Абраменкова, В.В. Круглов. – М.: Нолидж, 2001. – 880 с.
5. Битюцкий С.Я. Ситуационные модели для поддержки принятия управленческих решений / С.Я. Битюцкий, В.А. Гимаров, М.И. Дли. – М.: Физматлит, 2003. – 120 с.
6. Берж К. Теория графов и ее применения / К. Берж. Пер. с фр. А.А. Зыкова. Под ред. И.А. Вайнштейна – М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 318 с.
7. Абраменкова И.В. Мультимодельный метод прогнозирования процессов с переменной структурой / И.В. Абраменкова, В.В. Круглов, М.И. Дли. – М.: Физматлит, 2003. – 231 с.

Поступила в редколлегию 30.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т.Кононов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕЛІКУ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Г.І. Лагютін

У статті розглядаються особливості визначення переліку параметрів і характеристик систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки із застосуванням математичного апарату кореляційного аналізу. Для визначення переліку характеристик і показників електротехнічних засобів і систем електропостачання, що підлягають оцінюванню на етапі проектування й контролю на етапі експлуатації, пропонується їхнє ранжирування за ступенем важливості шляхом установлення статистичних зв'язків між окремими характеристиками елементів систем електропостачання.

Ключові слова: параметри й характеристики систем електропостачання, кореляційний аналіз, матриця статистичної значимості, ранжирування.

THE DETERMINATION LIST PARTICULARITY OF THE ELECTRIC POWER SUPPLY SYSTEMS SPECIFICATIONS AND CHARACTERISTICS

G.I. Lagyutin

This article presents the specifications and characteristics determination list particularity of the weapon system and military equipment electric power supply systems using mathematical tool correlation analysis. For the determination the list of the characteristics and figures for the electric equipment and the electric power supply systems to be estimated at the stage of its development and to be verified at the stage of the maintenance the importance ranking is provided establishing statistical communication between certain power supply system elements characteristics.

Keywords: specifications and characteristics of the electric power supply systems, correlation analysis, statistical significance matrix, ranking.