

УДК 621.3

Г.И. Лагутин, В.В. Матёрка, Ю.Н. Приходько

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ МОЩНОСТЕЙ АВТОНОМНЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье проведен анализ подходов к решению задачи оптимизации параметрических рядов мощностей автономных средств электроснабжения, используемых для снабжения электрической энергией комплексов вооружения и военной техники.

Ключевые слова: электростанция, электроагрегат, типономинал, параметрический ряд, целевая функция, система ограничений, методы оптимизации.

Постановка проблемы

Автономные средства электроснабжения, такие как передвижные дизельные и бензиновые электростанции, а также входящие в их состав электроагрегаты, являются электротехническими средствами, удовлетворяющими соответствующий спрос со стороны потребителей в виде технологических процессов по генерированию электрической энергии требуемого качества и в необходимых количествах [1]. Для наилучшего удовлетворения этого спроса необходимо, чтобы количество и мощности источников электроэнергии оптимально соответствовали количеству и мощностям потребителей электроэнергии при наименьших экономических затратах. При этом имеется известное противоречие между потребителями электроэнергии и производителями электростанций и электроагрегатов. Производителю продукции выгоден как можно более редкий ряд мощностей средств электроснабжения, поскольку он способствует увеличению серийности продукции, а значит, и снижению ее себестоимости. Потребителю, наоборот, выгоден наиболее частый ряд мощностей, поскольку в противном случае вместо электроагрегата, необходимого по расчету мощности, приходится устанавливать либо два меньших по мощности, либо один больший [2]. Таким образом, производство и эксплуатация как недостаточной, так и излишне большой номенклатуры электростанций и электроагрегатов, сходных по назначению и незначительно отличающихся по конструкции и размерам, может привести к неоправданно высоким затратам на их содержание.

Рациональное сокращение типов и мощностей электротехнических средств, состоящих на вооружении войск, может быть достигнуто разработкой и оптимизацией параметрических рядов мощностей автономных средств электроснабжения.

Целью настоящей статьи, является анализ подходов к решению задачи оптимизации параметрических рядов мощностей автономных средств

электроснабжения, используемых для снабжения электрической энергией комплексов вооружения и военной техники.

Основной материал

Параметрическим рядом согласно [3] является закономерно построенная в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра изделия одного функционального назначения и принципа действия. Главным называют параметр, который определяет важнейший эксплуатационный показатель изделия и служит базой при определении числовых значений основных параметров этого изделия. Для передвижных электростанций и электроагрегатов главным параметром можно считать их электрическую мощность, поскольку она является важнейшим эксплуатационным показателем и служит базой при определении числовых значений основных параметров, таких как напряжение, ток, частота вращения, длительность непрерывной работы и т.п.

Оптимальным параметрическим рядом мощностей автономных средств электроснабжения в соответствии с [4] будем считать параметрический ряд, содержащий совокупность значений мощностей, определяющих ряд автономных средств электроснабжения, который удовлетворяет заданную потребность в изделиях современного технического уровня с наименьшими приведенными расходами на этапах жизненного цикла изделий.

Таким образом, оптимизацию параметрического ряда мощностей автономных средств электроснабжения следует производить по критерию минимума приведенных материальных затрат. При этом числовые значения параметра в ряде должны, как правило, соответствовать числовым значениям одного или нескольких рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84 [5].

Целесообразна следующая **последовательность этапов работ при построении параметрических рядов:**

- выбор типов стандартизуемых электростанций (электроагрегатов) и установление номенклатуры их главных и основных параметров;

- сбор данных применимости электростанций (электроагрегатов), оценка их однородности и представительности;

- анализ данных применимости и установление диапазонов изменения мощностей, в пределах которых будет строиться ряд;

- установление рационального технического уровня изделий, который для автономных средств электроснабжения определяется, в первую очередь, их надежностью, стоимостью и степенью автоматизации;

- построение оптимального параметрического ряда мощностей автономных средств электроснабжения;

- определение экономического эффекта от изготовления и эксплуатации автономных средств электроснабжения из постороннего ряда.

Задача оптимизации параметрического ряда мощностей автономных средств электроснабжения включает **математическую модель оптимизации**, состоящую из целевой функции и ограничений, и **метод оптимизации**.

Целевая функция представляет собой математическое описание зависимости цели оптимизации (в соответствии с принятым критерием) от различных влияющих факторов и показателей изделия на всех или основных этапах жизненного цикла. Как было указано выше, выбор технических и технико-экономических факторов, подлежащих учету при составлении целевой функции, должен производиться исходя из необходимости обеспечения минимальных материальных затрат на различных этапах сферах жизненного цикла изделий.

Жизненный цикл изделия (продукции) – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта [6]. Этапами жизненного цикла являются: маркетинговые исследования, проектирование изделия, планирование и разработка процесса производства, закупка комплектующих, производство, проверка, упаковка и хранение, продажа и распределение, монтаж и наладка, техническая поддержка и обслуживание, эксплуатация по назначению, послепродажная деятельность, утилизация и (или) переработка.

Для автономных средств электроснабжения при построении рядов наиболее значительно влияющими являясь факторы этапа проектирования, этапа производства (закупки) электростанций (электроагрегатов) и этапа эксплуатации (включая смену вышедшего из строя за срок службы оборудования). Факторы этих этапов, как правило, должны

быть учтены при построении оптимальных рядов мощностей автономных средств электроснабжения. Для оптимизации рядов электростанций (электроагрегатов) их жизненный цикл следует условно рассматривать как включающий этапы эксплуатации изделий того же типа, устанавливаемых взамен вышедших из строя за срок службы комплектуемой данным изделием системы электроснабжения.

Затраты на этапе производства для автономных средств электроснабжения следует выражать в виде их себестоимости.

На этапе применения проявляются такие важные для учета при оптимизации рядов факторы, как влияние мощности электростанции (электроагрегата) на величину расхода топлива и масла, объем и периодичность проводимых технических обслуживаний, трудоемкость ремонтных работ, а также на показатели материал- и энергоемкости изделия в целом. При определении затрат, возникающих на этапе применения, при конструировании электростанций (электроагрегатов) необходимо учитывать затраты от изменения расхода запасных частей и других расходных материалов, а также изменение долговечности вследствие применения ближайшей большей по мощности электростанции (электроагрегата) из ряда вместо необходимой по расчету. При наличии соответствующих исходных данных и расчетных зависимостей целесообразно в эксплуатационных расходах при построении ряда мощностей учитывать повышение уровня надежности (безотказности) автономных средств электроснабжения в связи с эксплуатацией части выпуска каждого типоминимала электростанций при пониженных нагрузках. Это повышение зависит от густоты ряда и приводит к уменьшению количества выходов из строя автономных средств электроснабжения и их элементов в межремонтные периоды. Увеличение безотказности может приводить к реальному сокращению потребности в замене электростанций (электроагрегатов) вследствие их выхода из строя.

Ряд важных технических или технико-экономических требований или условий не включают в целевую функцию во избежание ее чрезмерного усложнения либо ввиду трудности совмещения с факторами и условиями, содержащимися в целевой функции. Такие требования или условия формулируют отдельно в виде ограничений к задаче оптимизации ряда.

В **систему ограничений** при построении параметрических рядов мощностей автономных средств электроснабжения необходимо включать объем работ (годовую выработку электроэнергии), подлежащих выполнению типоминималами строящегося ряда. Ограничением может являться также указание о выборе числовых значений параметра из предпочтительных чисел. В виде ограничений к задаче оп-

тимизации целесообразно формулировать также требования к техническому уровню изделий (надежность, стоимость, степень автоматизации и т.п.). При этом должны быть учтены особенности электростанций (электроагрегатов) и режимов их работы с точки зрения различной степени заменяемости типоминалов. В соответствии с [4] выделяют следующие виды заменяемости:

– односторонняя – заменяющий электроагрегат может иметь только большую мощность, чем заменяемый;

– двусторонняя – заменяющий электроагрегат может иметь и большую, и меньшую мощность; двусторонней заменяемостью обладают электроагрегаты в случаях, когда выполняемые ими функции могут быть расчленены по мощности при сохранении технической равноценности результата функционирования, при этом экономические показатели могут быть различными (например, один электроагрегат большей мощности или два – меньшей);

– смешанная – по одним видам работ заменяющий электроагрегат должен иметь только большую мощность, а по другим может иметь и большую и меньшую.

В соответствии с вышеизложенным, целевой функцией может являться минимизация математического ожидания материальных затрат S (стоимости разработки, производства, эксплуатации и ремонта электростанций (электроагрегатов)) для обеспечения суммарной мощности X и годовой потребности образцов вооружения и военной техники в электрической энергии E , т. е.

$$S = M_{\text{ож}} \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K S_i(x_j) \cdot M_{ij} \right) \rightarrow \min;$$

$$X_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K x_{ij} \cdot M_{ij} \geq X,$$

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K x_{ij} \cdot T_{ij} \cdot M_{ij} \geq E,$$

где $S_i(x_j)$ – стоимость электроагрегата i -го типа в j -м диапазоне мощностей;

M_{ij} – количество электроагрегатов i -го типа в j -м диапазоне мощностей;

x_{ij} – мощность электроагрегата i -го типа в j -м диапазоне мощностей;

N – количество типов электроагрегатов;

M – количество градаций мощностей электроагрегатов;

X_{Σ} – суммарная мощность всех источников электроэнергии;

E_{Σ} – годовое производство электроэнергии.

Методы, применяемые для построения параметрических рядов, должны соответствовать следующим требованиям:

– позволять по номенклатуре и характеру исходных данных, потребных для реализации расчетной процедуры, производить построение рядов на начальных этапах проектирования унифицируемых электростанций (электроагрегатов), обеспечивать, как правило, построение оптимальных рядов с наименьшими материальными затратами при условии обеспечения установленного технического уровня изделий, принятых ограничений на структуру ряда и числовые значения параметров;

– обеспечивать построение оптимальных рядов при принятой структуре целевых функций;

– осуществляться с помощью вычислительных операций, практически реализуемых вручную или на современных средствах вычислительной техники;

– обеспечивать получение объективных результатов.

Классификация и области применимости методов оптимизации регламентируются [7].

Метод построения параметрических рядов по точкам перехода (метод точек перехода) предназначен для построения оптимальных параметрических рядов деталей и сборочных единиц, распределение потребности в которых может быть аппроксимировано непрерывными зависимостями (функциями) одновершинного (унимодалного) типа.

Применение данного метода не предусматривает обязательное использование ранее выпускавшихся типоразмеров; можно строить оптимальный параметрический ряд с рациональной структурой, базирующейся на анализе данных о ранее изготовлявшихся типоразмерах.

Построение рядов данным методом наиболее целесообразно при проведении работ по унификации, стандартизации деталей и сборочных единиц в условиях разработки новых гамм оборудования, систем машин и т.д., при замене моделей выпускаемого оборудования на предприятиях и в отраслях с многономенклатурным единичным или серийным характером производства (станкостроение, машиностроение и т.д.). По наличию и виду математической процедуры поиска экстремума (оптимального решения) метод точек перехода относится к частным методам математического программирования.

Метод построения параметрических рядов исключением типоминалов предназначен для построения рядов деталей и сборочных единиц в отраслях и объединениях с массовым характером производства отдельных типоразмеров, программы выпуска которых существенно превышают программы выпуска других типоразмеров деталей или сборочных единиц того же типа при модернизации и заме-

не отдельных моделей выпускаемого оборудования в условиях, когда поставлена задача сохранения конструкции и размеров наиболее массово изготавливаемых типоразмеров, производимых на специализированных производствах, а также при постановке задачи минимальной переработки наиболее массово изготавливаемых моделей оборудования и наименьшей перестройки массовых производств.

Метод построения типоразмерных рядов по точкам перехода с применением обобщающего параметра предназначен для построения типоразмерных рядов несущих деталей и сборочных единиц, когда набору числовых значений основных параметров любого типоразмера (при конкретном материале и способе упрочнения) соответствует определенное расчетное значение передаваемой нагрузки.

Выводы

Ввиду большого многообразия различных специальных изделий, выполняемых ими функций, видов работ, различного характера заменяемости типоразмеров изделий, многообразия видов их параметров в настоящее время отсутствует наиболее рациональный единый метод оптимизации их параметрических рядов.

С учетом специфических особенностей изделий, влияющих факторов, структур целевых функций и видов ограничений, для решения конкретной задачи следует выбирать эффективный и математически корректный метод, соответствующий особенностям задачи.

В случаях построения параметрических рядов изделий специального применения, когда затруднительно или нецелесообразно использование вышеизложенных методов, применяют следующие методы:

при большом количестве возможных вариантов, двусторонней заменяемости, пересекающихся областях работ различных типономиналов и т.д. – метод динамического программирования [8];

при отсутствии аналитической функции эксплуатационных затрат, вызванных некоторым несоответствием любого типоразмера из ряда конкретным условиям эксплуатации или потребления по сравнению со специально спроектированным изделием (иногда эту функцию называют функцией потерь от адаптации) – адаптивный метод оптимизации рядов или метод статистических решений [9].

Список литературы

1. Лагутін Г.І. Аналіз вимог до джерел електропостачання зразків озброєння та військової техніки Збройних Сил України / Г.І. Лагутін, В.В. Матьорка // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 2(34). – С. 134-137.
2. Лагутін Г.І. Аналіз кількісного та якісного стану військових електростанцій та електроагрегатів / Г.І. Лагутін, В.В. Матьорка // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 1(7). – С. 147-150.
3. ГОСТ 23945.0-80 Унификация изделий. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
4. РД 50-632-87 Методические указания. Унификация изделий построение параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
5. ГОСТ 8032-84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
6. Стандарт ИСО 9004-1-94. Управление качеством и элементы системы качества. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
7. РД 50-220-80. Методические указания. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Классификация и области применимости теоретических методов.
8. Типовая методика оптимизации одномерного параметрического (типоразмерного) ряда. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 64 с.
9. Рекомендации «Методы построения параметрических и типоразмерных рядов систем машин» / ВНИИНАШ. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 31 с.

Поступила в редколлегию 29.04.2014

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

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРИЧНИХ РЯДІВ ПОТУЖНОСТЕЙ АВТОНОМНИХ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Г.І. Лагутін, В.В. Матьорка, Ю.М. Приходько

У статті проведений аналіз підходів до рішення задачі оптимізації параметричних рядів потужностей автономних засобів електропостачання, використовуваних для постачання електричною енергією комплексів озброєння і військової техніки.

Ключові слова: електростанція, електроагрегат, типономінал, параметричний ряд, цільова функція, система обмежень, методи оптимізації.

WAYS OF OPTIMIZATION OF SELF-REACTANCE ROWS OF POWERS OF AUTONOMOUS FACILITIES OF POWER SUPPLY

G.I. Lagutin, V.V. Materka, Yu.M. Prikhod'ko

In the article the analysis of going is conducted near the decision of task of optimization of self-reactance rows of powers of autonomous facilities of power supply, in-use for providing with electric energy of complexes of armament and military technique.

Keywords: power-station, electro-aggregate, part type, self-reactance row, objective function, system of limitations, methods of optimization.