

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО УЗЛА СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Гудиков Александр Львович

Соискатель, Военная академия связи,
г. Санкт-Петербург
gal-cheh2@mail.ru

**THE MODEL OF THE POWER
SYSTEM FIXED SITE OF SPECIAL
COMMUNICATION, OPERATING
IN CONDITIONS OF DESTABILIZING
IMPACTS**

A. Gudikov

Summary. The article describes a mathematical model of the power system, conforming to the requirements of stability of functioning of stationary special node when in conditions of destabilizing impacts. Described verbally and mathematically formalized the basic elements of the model of an Autonomous system of power supply for the stationary communication node. Formulated the problem of structural and parametric synthesis of Autonomous power supply systems and identified the main directions for designing such systems.

Keywords: mathematical model, power supply system, a stationary center of special signal, destabilizing effects, stability.

Аннотация. В статье описывается математическая модель системы электроснабжения, соответствующая требованиям устойчивости функционирования стационарного узла специальной связи в условиях дестабилизирующих воздействий. Описаны вербально и формализованы математически основные элементы модели автономной системы электроснабжения для стационарного узла связи. Сформулированы задачи структурного и параметрического синтеза автономных систем электроснабжения и определены основные направления проектирования таких систем.

Ключевые слова: математическая модель, система электроснабжения, стационарный узел специальной связи, дестабилизирующие воздействия, устойчивость.

Формулировка задачи структурного и параметрического синтеза автономных систем электроснабжения требует определения среды проектирования, критериев построения и множества альтернатив, на котором ищется оптимальное решение. Критерии построения представляют собой совокупность выходных метрических показателей качества функционирования синтезируемого объекта (G_j) в заданной среде и требований к этим критериальным показателям G_{j0} . Формально критерии синтеза в общем случае могут быть сформулированы в виде

$$G_j \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$$

где G_j — критериальный показатель;

G_{j0} — критериальное число;

m — число критериев.

Знак неравенства и критериальное число определяют требование к критериальному показателю.

При оптимальном построении один из критериальных показателей переводится в ранг целевой функции S [1].

При структурном синтезе техническое решение ищется на некотором множестве структур A , которые можно создать, и на задаваемом множестве точек пространства варьируемых параметров R_x .

Тогда задачу структурного синтеза можно поставить следующим образом: отыскать (синтезировать) решение $P = (A_0 \in A, X_0 \in R_x)$, обеспечивающее выполнение условия

$$G_j(A_0, X_0, Y) \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$$

либо

$$S(A_0, X_0, Y) \rightarrow \text{extr}$$

при $G(A_0, X_0, Y) \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$

и заданной среде функционирования Y .

Решение задачи параметрического синтеза заключается в определении числовых значений параметров элементов при заданной структуре и условиях работоспособности, когда задается описание объекта проектирования в виде физической задачи и формализованных требований к этому объекту, определяется совокупность варьируемых входных параметров и параметров функционирования. На основе этого строится обобщенная математическая модель объекта с конкретными значениями выходных независимых сигналов.

В целом задача построения заключается в структурном и параметрическом синтезе автономной системы электроснабжения (АСЭС), представляемых совокупностью управляемых и наблюдаемых технологических элементов (групп элементов) и параметров, взаимодействия которых определяются топологической схемой. С позиций оптимального построения эта задача заключается в определении вариантов структур АСЭС, и их параметров, обеспечивающих удовлетворение требований по надежности и качеству функционирования при минимальной сложности АСЭС в целом.

Как уже отмечалось, необходимо разработать математическую модель, описывающую процесс выбора структуры АСЭС и позволяющую его оптимизировать по критериям максимума длительности их работы без дозаправки.

Математическая модель оценки АСЭС включает в себя структуру системы, определение ее параметров и оценку подобия. При выборе модели оценки АСЭС приняты во внимание следующие положения: модель должна быть максимально простой, структура системы — базовая, расчет параметров производится по аналитическим выражениям в соответствии с детерминированными показателями, соответствовать статической модели. Модель должна позволять решать задачи, как анализа, так и синтеза. При решении прямой задачи результатом моделирования должна быть выявлена лучшая по выбранным показателям структура. Данная задача решается при модернизации существующих систем электроснабжения. При решении обратной задачи синтезируется структура по заданным параметрам.

Целевая функция заключается в обеспечении времени автономной работы узла связи без государственной системы электроснабжения и без дозаправки топливом не менее времени, требуемом оперативной обстановкой, при условии выполнения жестких ограничений, соответствующих требованиям узла связи к количеству и качеству электроэнергии.

Функционирование АСЭС связано с расходом топлива на выработку полезной энергии для аппаратуры

связи и системы жизнеобеспечения, на тепловые потери энергии. Результат функционирования узла связи напрямую связан с непрерывной работой АСЭС. Формализовано время автономной работы системы электроснабжения должно соответствовать требуемому режиму работы, при выполнении ограничений на вероятность бесперебойного электроснабжения, массогабаритные показатели, потребляемую мощность, показатели качества электроэнергии.

$$t_{\text{зп}} = \frac{M_{\text{ТЗ}}}{m_{\text{Т}}} = \frac{M_{\text{СТР}} - M_{\text{С}}}{m_{\text{Т}}} = \frac{\gamma_{\text{Т}} \cdot (V_{\text{СТР}} - V_{\text{С}})}{m_{\text{Т}}} \geq t_{\text{ТР}}$$

где: МТЗ — запас топлива, размещаемый на узле связи;

МТ — часовой расход топлива;

V_{СТР}, МС.ТР — требуемые значения объема, массы для размещения элементов АСЭС на узле связи;

V_С, МС — расчетные значения объема, массы, предлагаемой АСЭС;

γ_Т — перерасчетный коэффициент массы топлива в объем, занимаемый топливом.

Для оценки и выбора структуры системы электроснабжения предлагается использовать часовой расход топлива, который зависит от потребляемой мощности, КПД элементов системы электроснабжения.

$$m_{\text{Т}} = \frac{P_{\text{АС}}}{\eta_{\text{ДВС}} \cdot K_{\text{ПСТ}} \cdot P'_{\text{ЭТ}}}$$

где: P_{АС} — мощность потребления аппаратуры связи и технических средств обеспечения обитаемости;

η_{ДВС} — КПД двигателя внутреннего сгорания;

K_{ПСТ} — общий коэффициент преобразования тепловой энергии;

P'ЭТ — эквивалентная удельная энергия 1 килограмма топлива [кВт·ч/кг].

$$K_{\text{ПСТ}} = \prod_{i=1}^n \eta_i$$

где: η_i — КПД i-го элемента системы электроснабжения.

Исследования, проведенные автором в [2], показали, что общий коэффициент преобразования тепловой энергии (КПСТ) зависит от совокупности параметров, которые характеризуют поток электрической энергии, при этом исследовался функционал вида:

$$K_{\text{ПСТ}} = F\{U_{\text{С}}, U_{\text{ни}}, P_{\text{iAC}}, P_{\text{АС}}, \varepsilon_{\text{ВХ}}, \varepsilon_2, U_{\text{нфи}}\}$$

где: U_С — напряжение на выходе источника электропитания;

U_{pi} — напряжение i — й цепи электропитания в аппаратуре связи;

P_{iac} — мощность i — й цепи электропитания в аппаратуре связи;

P_{ac} — мощность потребляемая аппаратурой связи;

ϵ_{vx} — коэффициент кратности изменения напряжения в электрической сети;

ϵ_2 — коэффициент кратности изменения напряжения на выходе источника электроэнергии, или стабилизированных вторичных источников электропитания;

$U_{пfi}$ — напряжение пульсаций на выходе сглаживающего фильтра выпрямителя.

Обобщенный критерий τ_{ap} объединяет экономический и технические показатели АСЭС и в дальнейшем может трактоваться как обобщенный технико-экономический критерий, на основании которого можно проводить оценку эффективности АСЭС и решать поставленную научную задачу.

Выбранный обобщенный критерий имеет простую форму и содержит глубокий физический смысл. Данный критерий позволяет оценить экономический и технический уровень элементов системы электроснабжения, сопоставить их с функциональными возможностями объектов связи и определить их целесообразный предел совершенствования. Эти обстоятельства позволяют говорить о правильном выборе обобщенного критерия оценки эффективности.

Кроме того параллельно необходимо решить ряд оптимизационных задач.

Первая задача — обеспечение требуемого качества электроэнергии всем потребителям узла связи, которая решается «методом разделения» по функциональному назначению потребителей и по уровню требований к качеству электроэнергии. Система электроснабжения является квазиоптимальной, если каждый потребитель получает необходимое ему качество электроэнергии.

Вторая задача — обеспечение бесперебойного электроснабжения с вероятностью не менее 0,999 в любой момент функционирования узла связи, которая решается «методом избыточной рационально-распределенной устойчивости». Данный метод предполагает наличие на узле связи автономной системы электроснабжения полноценной по всем характеристикам в рамках времени, определенном оперативной обстановкой и установление важности элементов в цепи формирования, хранения, получения и передачи информации на узле связи. Вероятность обеспечения электроэнергией за время работы АСЭС, полученная на основе многократного резервирования определяется по формуле

$$P_{бэс} = 1 - (1 - P_k)^k$$

где $P_{бэс}$ — вероятность бесперебойного электроснабжения;

P_k — вероятность безотказной работы k -го первичного источника;

k — количество первичных источников электроэнергии.

Третья задача — обеспечение устойчивости функционирования системы электроснабжения, оцениваемой надежностью и помехозащищенностью первичных и вторичных источников электропитания. Достигается «методом объединения технической и технико-эксплуатационной надежности с помехоустойчивостью первичных и вторичных источников электропитания». Данный метод предполагает применение первичных и вторичных источников электропитания, обладающих высокими показателями наработки на отказ, отличающихся простотой эксплуатации, исключающих возможность внешних воздействий на свои элементы.

Четвертая задача — обеспечение максимума экономической эффективности. Решается «методом адекватности производства электроэнергии потреблению узлом связи». Первичные и вторичные источники выбираются по критерию минимизации потерь при производстве, передаче, коммутации, распределении и преобразовании энергии, то есть повышении КПД с целью увеличения времени автономной работы.

Пятая задача — обеспечение соответствия требуемой производимой мощности массогабаритным показателям элементов системы электроснабжения, ограниченным объемом технического здания. В существующих АСЭС запас топлива определяется емкостью топливного резервуара, в котором это топливо находится. Практика проектирования АСЭС показывает, что компоновка запасов ГСМ в стационарных объектах связи всегда связана с ограниченными возможностями в отношении их размещения.

Предложенная модель отличается простотой при достаточном уровне детализации, как функциональной структуры, так и ее топологической и технической составляющей.

Модель всесторонне учитывает факторы, влияющие на структуру системы электроснабжения стационарного узла специальной связи, что позволяет использовать модель при определении ее функциональной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы исследования операций / Г. Вагнер — М.: Мир, 1973, 336 с.
2. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: учебник для вузов / В. Г. Костиков, Е. М. Парфенов. — 2-е изд. — М.: Горячая линия — Телеком, 2001, 334 с.

© Гудиков Александр Львович (gal-cheh2@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного