

УДК 621.301

А.А. Мушаров

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СИЛОВЫХ ДЕСТРУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*В статье предложена общая методика исследования функционирования системы электроснабжения комплексов вооружения и военной техники в условиях применения террористическими группировками силовых деструктивных воздействий.*

**Ключевые слова:** *система электроснабжения, силовое деструктивное воздействие, методика исследования.*

### **Введение**

**Постановка научно-технической задачи.** При создании систем электроснабжения военного назна-

чения разработчики этих систем исходили из необходимости бесперебойного обеспечения образцов вооружения и военной техники электроэнергией требуемого качества.

Структура и состав оборудования системы электроснабжения разрабатывались для условий их использования в мирное или военное время и, в связи с этим, такие системы включали в своем составе относительно обособленные в функциональном отношении подсистемы внешнего и внутреннего электроснабжения. Применяемые в настоящее время системы электроснабжения военного назначения оказались практически незащищенными от возможных силовых деструктивных воздействий, используемых в настоящее время террористическими группировками. В существующих системах электроснабжения военных объектов не предусмотрена защита оборудования от электромагнитного терроризма [1].

Для определения способов защиты от электромагнитного терроризма необходимо иметь возможность оценить такие параметры, как амплитуда, длительность и энергия импульсов напряжения и тока, которые вызываются в элементах системы электроснабжения силовыми деструктивными воздействиями и в ряде случаев могут привести к возникновению опасных резонансных и феррорезонансных явлений.

**Анализ литературы.** Современные технические средства силового деструктивного воздействия применяются для поражения элементов системы электроснабжения комплексов вооружения и военной техники по трем основным каналам: по эфиру с применением мощных электромагнитных импульсов, по силовым цепям системы электроснабжения или по цепям управления [1]. Для осуществления силового деструктивного воздействия по силовым каналам могут применяться такие технические средства, которые содержат в своем составе конденсатор связи, емкостной накопитель энергии и трансформатор. Эти технические средства могут быть использованы террористическими группировками или диверсионными подразделениями противника для выведения из строя комплексов вооружения и военной техники, получающих питание от системы электроснабжения.

При исследовании работы системы электроснабжения в условиях силовых деструктивных воздействий необходимо решить как задачу собственно оценки поражающих факторов, так и задачу защиты оборудования и задачу выбора рационального способа действий (выбор стратегии).

Решение первой задачи предполагает уяснение возможных последствий деструктивных воздействий, выбор и обоснование показателя оценки, количественно определяющего реакцию системы электроснабжения на нежелательные возмущения. Решение задачи выбора стратегии предполагает определение возможных способов защиты системы и формирование решающего правила, позволяющего сопоставить стратегии и осуществить их целенаправленный выбор.

**Целью** настоящей статьи является предложение общего метода исследования функционирования систем электроснабжения военного назначения в условиях применения силовых деструктивных воздействий.

## Основной материал

Система электроснабжения комплексов вооружения и военной техники может быть охарактеризована, как разомкнутая система с переменной структурой, изменяющейся из-за возможного включения дополнительных элементов, осуществляющих возмущающее воздействие. Для исследования процессов, протекающих в системе электроснабжения при применении новых видов поражения, целесообразно использовать методы системного анализа, которые разработаны для разомкнутых организационных иерархических сложных систем, описание которых возможно с использованием математического моделирования. При исследовании больших технических систем [2, 3] между реальной системой и ее моделью должно быть установлено полное соответствие.

Задача исследования процессов, которые происходят в системе электроснабжения, относится к классу дескриптивных задач, имеющих своей целью построение удовлетворительных описаний изучаемых объектов и составление разнообразных расчетных схем и алгоритмов. Для решения этой задачи возможно использование методов детерминированного анализа, позволяющих определить такие параметры задачи, при установлении которых получаемый результат описывается простым аналитическим выражением. Полученные таким образом асимптотические результаты дают возможность найти составляющие решения, устанавливающие действительную общую закономерность, которую следует учитывать на практике.

Существенной особенностью при исследовании функционирования систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники является их сложность и высокая размерность решаемых задач, не допускающих полного формализованного описания в рамках одной математической модели. В этих условиях приходится использовать поэтапную процедуру исследования. Исходным этапом исследования является постановка задачи исследования. На этом этапе формируются условия задачи и искомым результатом решения задачи. В общем случае множество условий определяет множество решений и правило их выбора. В стандартной постановке в формулировании условий решаемой задачи содержится цель (для задачи правил выбора), возможный метод решения (для задачи объекта выбора), среда (для задачи неопределенности условий выбора).

На этапе постановки задачи выясняется проблема (научно-техническая задача исследования).

Причиной возникновения проблемы является расхождение между желаемым и действительным результатом при неизвестных путях преодоления этого несоответствия. Решаемую научно-техническую задачу (проблему) и условия, при которых она имеет место, принято представлять в виде проблемной ситуации. В формализованном виде в рассматриваемом случае проблемная ситуация представляется следующим кортежем:

$$\{U, X, H, G, Y, \Psi, W, K, \rho, \theta\}, \quad (1)$$

где  $U$  – множество стратегий (правил выбора);  $X$  – множество значений определенных и неопределенных факторов;  $H$  – модель рассматриваемого явления (процесса), представляющая собой отображение множества стратегий  $U$  и факторов  $X$  в множество результатов  $Y(G)$ ;  $G$  – множество исходов;  $W$  – показатель эффективности;  $\Psi$  – оператор соответствия «результат – показатель»;  $K$  – критерий эффективности;  $\rho$  – правило выбора предпочтений на элементах множества  $D$ , причем

$$D = \{U, X, G, Y, W, K\}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – остальная информация о проблемной ситуации.

Существо задачи исследования влияния силовых деструктивных воздействий, по сути, представляется задачей получения новых знаний  $\theta_Z(K)$ ,  $K = 1, 2, \dots$  об объекте исследования для принятия решения. Формально этот процесс представляется следующим образом:

$$\begin{aligned} \{U, X\} \times \{T^{\theta(K)}\} &\rightarrow \{H(K)\} \times \{T^{\theta(K)}\} \rightarrow \\ &\rightarrow \theta_Z(K) \rightarrow \theta_Z(K+1) = \theta(K) \cup \theta_Z(K); \\ K &= 0, 1, 2, \dots, \end{aligned}$$

где  $\{U, X\}$  – множество элементов и их связей, образующих систему  $S_0$ ;  $\{T\}$  – множество моментов времени;  $\{H(K)\} \times \{T^{\theta(K)}\}$  – модель операции;  $\theta(K)$  – информация об операции на  $K$ -ом шаге;  $\theta_Z(K)$  – новые значения об операциях.

Качество нового знания определяющим образом зависит от логической организации процесса исследования и от адекватности отображения реального процесса  $\{U, X\} \times \{T^{\theta(K)}\}$  его моделью  $\{H(K)\} \times \{T^{\theta(K)}\}$ , равно как и от способов получения, обработки и анализа результатов для формирования новых знаний  $\theta_Z(K)$ , а также от способов обобщения новых знаний  $\theta_Z(K+1)$ .

Учитывая (1) и (2), основными этапами предлагаемой методики исследования функционирования системы электроснабжения в условиях электромагнитного терроризма являются этапы:

- проблемного анализа;
- концептуального исследования;
- операционного исследования;
- принятия решения.

На этапе проблемного анализа определяется проблема (в данном случае возможен электромагнитный терроризм – не ясно, как защититься от него), устанавливаются причины ее возникновения, выясняются возможности ее решения в условиях сложившейся проблемной ситуации, уясняются цели, достижение которых решает проблему. На этом этапе обосновываются возможные пути достижения поставленной цели и осуществляется формализация постановки задачи исследования. На этапе концептуальных исследований проводится описание и анализ работы типовых систем электроснабжения военного назначения; устанавливается, так называемая  $S_0$ -система, т. е. система, в которой проводится операция (воздействуют силовые деструктивные возмущения), определяется, как изменяется конфигурация и структура системы в результате возникающих нештатных ситуаций; обосновываются основные ограничения, определяемые условиями работы системы электроснабжения; выбираются показатели эффективности работы системы электроснабжения и способы представления результатов исследования.

На этапе операционального исследования осуществляется выбор способа и средств операционального моделирования. Для этого формируется операциональная модель и уточняются ограничивающие условия. При этом последовательно рассматриваются сначала простейшие консервативные модели  $S_0$ -системы, содержащие нелинейную индуктивность, а затем более сложные модели, соответствующие диссипативным системам, к которым возможно привести реальные системы электроснабжения типовых объектов военного назначения. В процессе операционного моделирования исследуемый объект представляется нелинейными неоднородными дифференциальными уравнениями, при этом операционная модель строится на базе уравнений равновесия напряжений для электрических цепей с сосредоточенными параметрами. В процессе исследований в качестве показателей эффективности операций приняты амплитудные значения напряжений и токов, возникающих в системах электроснабжения в результате силовых деструктивных возмущений. При этом также исследуется устойчивость получаемых решений на основе анализа положения особых точек нелинейных систем, а также уравнений сепаратрисс, соединяющих внешние особые точки и разграничивающих фазовую плоскость на зоны качественно различаемых решений. Поскольку поиск особых точек при рассмотрении переходных процессов в нелинейных диссипативных системах значительно усложняется, то необходимой становится разработка простого метода определения устойчивости переходных процессов в электрических цепях при феррорезонансе, основанного на использовании дифференциального уравнения Матье и анализе значений коэффициентов этого уравнения.

Использование предлагаемой математической модели для описание феррорезонансных процессов в системах электроснабжения комплексов вооружения и военной техники предполагает предварительное представление этих систем в виде схем замещения, содержащих последовательные и параллельные соединения активных сопротивлений, емкостей и катушек с ферромагнитным сердечником.

Для проверки адекватности математической модели, описывающей характер протекания процессов в системе электроснабжения, предлагается выполнить экспериментальное исследование с помощью испытательной установки, позволяющей исследовать резонансные и феррорезонансные явления в системе электроснабжения.

По результатам операционального исследования вырабатываются рекомендации, включающие определение наиболее уязвимых точек системы электроснабжения, разработку мер защиты от силовых деструктивных возмущений и требований к составу используемых элементов.

С формальной точки зрения, задача исследования сводится к формированию, поиску и выбору альтернативных целей  $\alpha_0 = \{\alpha_0^1, \alpha_0^2, \dots, \alpha_0^m\}$ , достижение которых решает проблему. При этом для каждой из поставленных целей необходимо найти средство ее достижения. Отображение каждой пары цель - средство ее достижения ставит в соответствие конкретное описание условий работы системы электроснабжения, совокупность средств которой позволяет решить поставленную задачу. Таким образом, решаемая задача сводится к выяснению процессов, происходящих в системах электроснабжения военного назначения при силовых деструктивных возмущениях, определению степени их опасности для образцов вооружения и военной техники, а также разработке рекомендаций, реализация которых позволит парировать нежелательный негативный эффект. Для достижения цели операции, под которой в рассматриваемом случае понимается защита оборудования системы электроснабжения от действий террористических группировок, последовательно решается ряд частичных задач, имеющих вспомогательный характер.

К таким задачам относятся задачи представления реальной схемы системы электроснабжения упрощенными схемами замещения, задачи аппроксимации нелинейных характеристик элементов систем электроснабжения полиномами третьего порядка, задачи исследования резонансных и феррорезонансных явлений в консервативных и диссипативных системах, задачи исследования устойчивости переходных процессов, задачи подтверждения достоверности предлагаемых результатов. Решение перечисленных частичных задач дает основание считать, что решение, принимаемое по результатам исследования, является обоснованным.

## Выводы

1. В статье обосновано направление исследований, связанное с определением влияния силовых деструктивных возмущений на работу систем электроснабжения военного назначения.
2. Предложена общая методика проведения исследования функционирования систем электроснабжения в условиях силовых деструктивных возмущений.
3. Предложена постановка задачи исследования, как задачи поэтапного решения ряда частичных задач вспомогательного характера, определен перечень этих задач.

## Список литературы

1. Барсуков В.С. Безопасность: технологии, средства, услуги. / В.С. Барсуков. – М.: КУДИУ Образ, 2001. – 500 с.
2. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т1. / В.С. Авдеевский и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 223 с.
3. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т3. / В.У. Торбин и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 327 с.

Поступила в редколлегию 12.02.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Бильчук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СИЛОВИХ ДЕСТРУКТИВНИХ ВПЛИВІВ

А.О. Мушаров

*У статті запропонована загальна методика дослідження функціонування системи електропостачання комплексів озброєння і військової техніки в умовах застосування терористичними угрупованнями силових деструктивних впливів.*

**Ключові слова:** система електропостачання, силовий деструктивний вплив, методика дослідження.

## RESEARCH TECHNIQUE THE FUNCTIONING OF THE ELECTRICITY POWER SYSTEMS OF MILITARY FORCE IN THE DESTRUCTIVE INFLUENCES

A.A. Musharov

*In the article offering a general technique to study of the power supply system of weapon systems and military equipment to the conditions of use to her destructive influences of the terrorist groups.*

**Keywords:** power supply system, power destructive impact, research technique the functioning.