

ределения потерь электроэнергии с использованием аппарата теории нечетких множеств // Промышленная энергетика. – 2013. – №1. – С. 9-13.

УДК 621.3.052

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИКОВ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*С.В. Беляев, А.В. Малафеев*

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск  
met321@pochta.ru, malapheev\_av@mail.ru*

### ***Аннотация***

В статье дано обоснование выбора метода оптимизации и системы ограничений при построении и корректировке графиков ремонтов. Показана многокритериальность поставленной задачи. Описана система ограничений, использование которых необходимо при формировании алгоритма.

**Ключевые слова:** график ремонта, оптимизация, метод ветвей и границ, системная надежность, загрузка персонала, многокритериальная задача.

## **DEFINITION OF THE OBJECTIVE FUNCTION AND CONSTRAINT SYSTEM IN THE OPTIMIZATION OF REPAIRS SCHEDULES OF POWER SUPPLY EQUIPMENT**

*Sergey V. Beljaev, Alexey V. Malafeev*

*Nosov Magnitogorsk State Technical University  
Russia, Magnitogorsk  
met321@pochta.ru, malapheev\_av@mail.ru*

### ***Abstract***

The article gives a rationale for the choice of optimization method and constraints system in the construction and adjustment of repairs schedules. Shown multicriteriality task. A system of restrictions, the use of which is necessary for the formation of the algorithm.

**Key words:** repairs schedule, optimization, branch and bound algorithm, system reliability, staff time, multicriteria problem.

Система планово-предупредительного ремонта, широко используемая в настоящее время, позволяет выстраивать графики ремонтов на основе ремонтных циклов, однако в случае, если часть оборудования претерпела реконструкцию, либо была выведена в ремонт в аварийном порядке, возникает необходимость осуществления корректировки ремонтного графика, что является достаточно сложной задачей. Сложность состоит в том, что требуется осуществлять детальный анализ возможности смещения циклических операций в комплексе в связи с возникающими ситуациями. Разработка алгоритма построения графика ремонтов позволит осуществлять оперативное управление ремонтной деятельностью предприятия без привлечения значительных трудовых ресурсов.

Ужесточение требований к надежности систем электроснабжения, а также необходимость снижения издержек производственной деятельности в рамках рыночной экономики привели к тому, что решая задачи оперативной корректировки ремонтной деятельности предприятия, необходимо руководствоваться не только наличием трудовых и финансовых ресурсов, но и техническим состоянием эксплуатируемого оборудования. Таким образом, задача сводится к разработке методики оптимального планирования ремонтов с учетом анализа технического состояния электрооборудования для минимизации вероятности перерыва электроснабжения потребителя в течение времени простоя оборудования.

Выбор критериев оптимальности в рамках одной системы ремонтов возможно осуществить с точки зрения надежности электроснабжения потребителей, т.к. очередность вывода в ремонт отдельных единиц оборудования сказывается на изменении схемы электроснабжения потребителей, а, следовательно, и на системной надежности [1].

Основным критерием оптимальности (целевой функцией) при построении ремонтного графика является минимальное время простоя оборудования:

$$T_{\text{пр.об.}} = \min \sum_{i=1}^n c_i \cdot T_{\text{рем},i}, \quad (1)$$

где  $c_i$  – число единиц оборудования, задействованных в ремонте;

$T_{\text{рем},i}$  – время ремонта единицы оборудования.

Дополнительными критериями оптимальности для данной задачи служат условия:

$$N_{\text{рем}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$T_{\text{пр.бр.}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $N_{\text{рем}}$  – число одновременно выведенных в ремонт единиц оборудования;  $T_{\text{пр}}$  – время простоя бригад в течение ремонтного периода.

В целом критерий (2) распространяется на отдельные участки электрической сети, единицы оборудования которых соединены последовательно, т.е. вывод в ремонт одной из единиц оборудования повлечет за собой отсутствие возможности обеспечения передачи мощности потребителю по остальным элементам этого участка.

Учет критерия (3) при решении поставленной задачи позволит исключить возникновение ситуаций, при которых отдельные группы ремонтного персонала электросетевого предприятия, отвечающие за обслуживание отдельных видов оборудования, имеют интервалы простоя в течение ремонтного периода.

Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо использовать методы многокритериальной оптимизации, причем возможность применения методов ограничена условием целочисленности решаемой задачи.

Алгоритм формирования оптимальных ремонтных графиков построен на основе применения метода ветвей и границ. Достоинствами данного метода являются:

- 1) возможность использования ограничений любого вида;
- 2) направленность перебора вариантов.

Недостатками данного метода являются:

- 1) большое количество вычислений;
- 2) отсутствие общих способов оценки границы решения.

В связи с тем, что применение метода ветвей и границ сопровождается необходимостью осуществления большого числа расчетных операций, в данной статье подробное описание принципов использования метода не приводится. Остановимся на основных этапах использования данного метода к решаемой задаче.

1. Формируются исходные данные (структура сети с определением ветвей, элементы которых допускается выводить в ремонт совместно и ветвей, одновременный вывод в ремонт элементов которых недопустим).

2. Формируется объем запланированных работ.

3. С применением метода ветвей и границ осуществляется формирование ремонтных графиков с учетом требований, представленных в выражениях (1) - (3).

Следует отметить, что при формировании исходных данных необходимо учитывать систему ограничений, накладываемых на процесс построения ремонтных графиков. Представим данную систему в общем виде:

$$\begin{cases} \sum_{N=1}^n T_{\text{раб.бр.}N} \leq T_{\text{раб.вр.}}; \\ T_{\text{раб.}k} \cdot N_{z,i} = 0 \end{cases},$$

где  $T_{\text{раб.бр.}N}$  – время работы бригады с  $N$ -ой единицей оборудования;  $T_{\text{раб.вр.}}$  – общее время текущего ремонтного периода;  $T_{\text{раб.}k}$  –  $k$ -ый интервал текущего графика ремонтов;  $N_{z,i}$  –  $i$ -ая единица оборудования, совместный вывод в ремонт которой с уже задействованными на  $k$ -ом интервале текущего графика ремонтов единицами оборудования запрещен.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- 1) основной целью оптимизации графиков ремонтов электросетевого оборудования следует считать снижение времени ремонтного простоя отдельных элементов сети, что приводит к повышению уровня надежности электроснабжения потребителей;
- 2) разрабатываемый алгоритм построения графика ремонтов должен позволять обеспечивать вывод в ремонт большого числа оборудования с учетом ограничений по запрету перерыва электроснабжения потребителей;
- 3) выполнение комплексов работ по отдельным участкам сети с участием различного состава бригад приводит к снижению времени простоя рабочего персонала.

### ***Список литературы***

1. Гук Ю.Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 224 с.