

УДК 620.92.004.18

В.Н. Матвеев, А.М. Микрюков, С.Н. Науменко, Т.Ю. Романенко

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯ

Одним из важнейших факторов, влияющих на безопасность и эффективность работ в электроэнергетике, является совершенство системы управления энергопредприятия. Безопасность и надежность энергоснабжения, качество электроэнергии во многом зависят от действий оперативно-диспетчерской службы.

Большой поток информации при высокой эмоциональной и психологической напряженности создает чрезвычайно сложные условия работы диспетчера. Диспетчер в процессе подготовки и проведения организационных мероприятий по каждому наряду и распоряжению сталкивается с рядом трудностей, главной из которых является информационная перегрузка, связанная с необходимостью постоянно держать в памяти и координировать действия многих производственных бригад в течение двенадцатичасовой рабочей смены.

Принятие правильных решений по наиболее рациональному и безопасному управлению возможно лишь при наличии подробной, достоверной и своевременной информации о состоянии отдельных элементов системы электроснабжения, безошибочном исполнении указаний диспетчера оперативными и производственными бригадами энергопредприятия. Таким образом, эффективность функционирования диспетчерской службы во многом определяется ее численным составом и структурированием.

Критерием эффективной работы эргатической системы следует принять равномерность нагрузки элементов-операторов: необходимо определить величину максимальной нагрузки,

снизить которую возможно за счет ввода дополнительных элементов системы либо перестройки структуры. При этом информационный ресурс  $R$  [1] новой системы не должен быть меньше ресурса базовой системы:

$$R = G \cdot D, \quad (1)$$

где  $G$  - упорядоченность структуры системы, зависящая от числа ее циклов – замкнутых путей, проходящих вдоль направлений связей (энергетических, вещественных или информационных) в системе;  $D$  – насыщенность системы оперативной информацией, которая определяется режимом работы, учитывающим количество возможных состояний и скорость взаимодействия элементов системы.

Увеличение количества циклов способствует возрастанию упорядоченности структуры, при этом возникает граф с равномерным распределением ребер между вершинами с симметричными сотовыми ячейками.

В разветвленной структуре системы с большим количеством элементов достаточно сложно подсчитать количество циклов. Для подсчета количества циклов в структуре с большим количеством элементов (более 100), которая описывается матрицей смежности вершин [2], была разработана программа<sup>1</sup> в среде Excel. Алгоритм программы представлен на рис. 1.

Подсчет количества циклов  $Kol_C$  осуществляется при последовательном просмотре строк матрицы смежности вер-

шин размерностью  $N$  [1], составленной по графу анализируемой структуры, с использованием рекурсивной процедуры  $R_C$ , формальным параметром которой является номер текущего анализируемого элемента  $NS$ . На основе матрицы смежности вершин с текущей строкой  $t_S$  получена матрица логических переменных  $TM[N,N]$ . Вектор логических переменных  $Ch[N]$  является флагом, сигнализирующим об индексах просмотренных строк матрицы смежности вершин.

Часто возникает задача ограничения числа рассматриваемых циклов с большим количеством связей, так как данные циклы практически не используются, кроме того, их «вклад» в насыщенность системы оперативной информацией не велик в связи с низкой скоростью циркуляции информации. В связи с этим программа предусматривает выбор циклов с ограниченным количеством связей.

Для оценки информационной ресурса оперативно-диспетчерской службы энергопредприятия «Кемеровская горэлектросеть» была составлена структура, представленная на рис. 2. За состояния системы приняты: нормальная работа и неисправности электрооборудования (аварийное отключение масляного выключателя в линиях на напряжение 35 и 10 кВ, замыкание на землю, повреждения кабельных и воздушных линий, сборных шин распределительных устройств, обмоток трансформатора и другие), автотранспорта, телефонные и радиопереговоры по всем каналам связи, плановые переключения в сети и профилактические работы, а также психологически и

<sup>1</sup> Основная идея программы принадлежит Клаковскому А.В

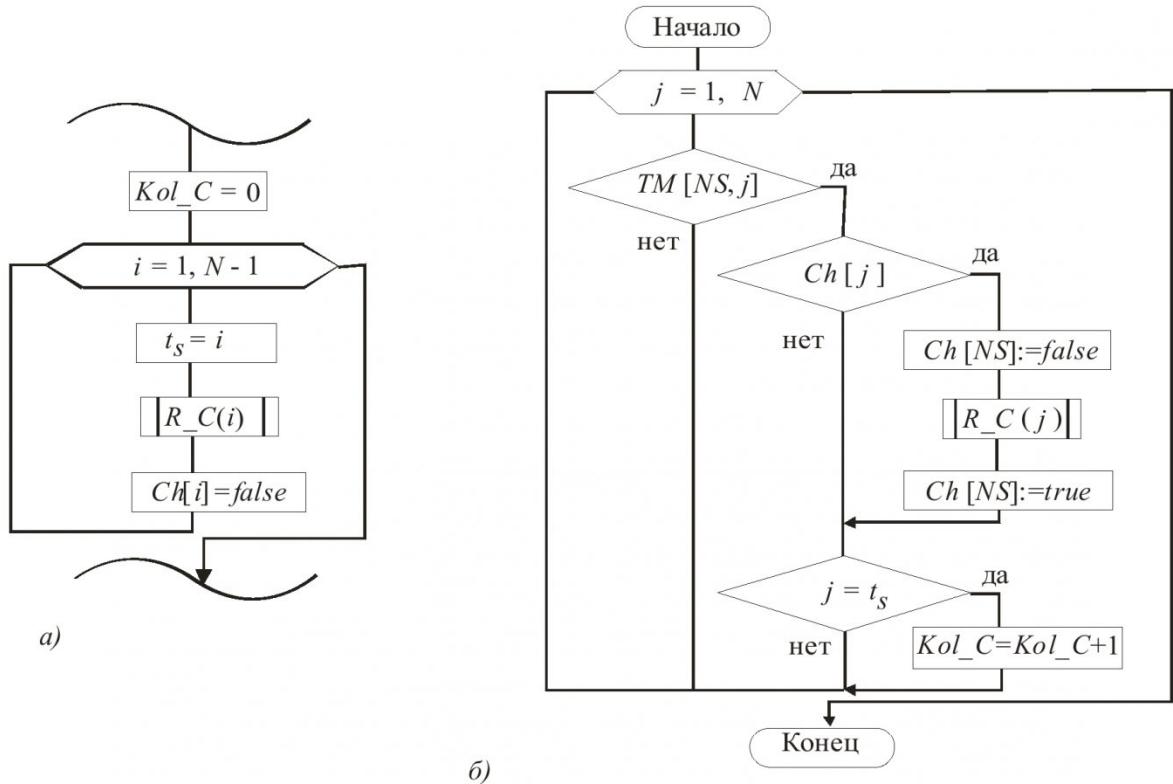


Рис. 1. Алгоритм определения количества циклов структуры: а) фрагмент основной программы; б) рекурсивная процедура подсчета количества циклов  $R\_C(NS)$

физически неустойчивые состояния человека.

При определении скорости циркуляции оперативной информации учтено время передачи и приема информации, время доставки бригад к объектам обслуживания и время Ремонтных и профилактических работ. Бы-

ли получены следующие показатели:  $G=1.34$ ;  $D=1.54$  бит/с;  $R=2.06$  бит/с.

Для рационализации системы энергопредприятия в нее был добавлен второй диспетчер. Новая структура приведена на рис. 3. Расчетные показатели для новой структуры энерго-

предприятия следующие:  $G=2.146$ ;  $D=1.92$  бит/с;  $R=4.12$  бит/с.

Количество неучтенных циклов в графе на рис. 2 равно двум, в графе на рис. 3 их число возрастает до 47.

Из расчетных данных видно, что насыщенность оперативной информацией в новой структуре диспетчерского управления в 1,3 раза выше, чем в первоначальной.

Информационная нагрузка отдельного  $j$ -го элемента  $R_j$  системы определяется двумя составляющими – структурной, учитывающей количество связей, задействованных с данным элементом, и оперативной  $D_j$ , определяющей насыщенность этих связей оперативной информацией:

$$R_j = -\lambda_j (\log_2 \lambda_j) D_j \quad , \quad (2)$$

где  $\lambda_j$  – частота использования связей  $j$ -го элемента,

$$\lambda_j = \frac{p_j}{p_\Sigma}, \quad (3)$$

где  $p_j$  – ранг  $j$ -го элемента;  $p_\Sigma$

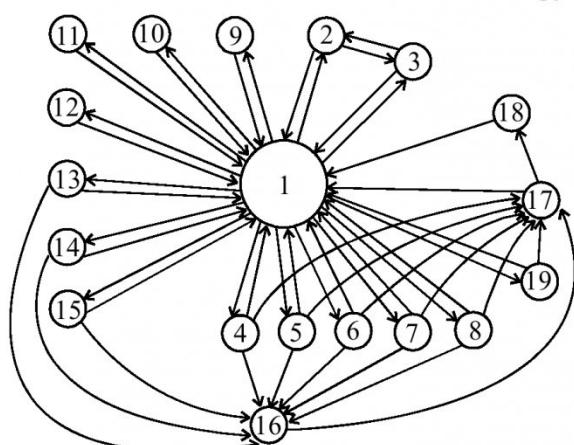
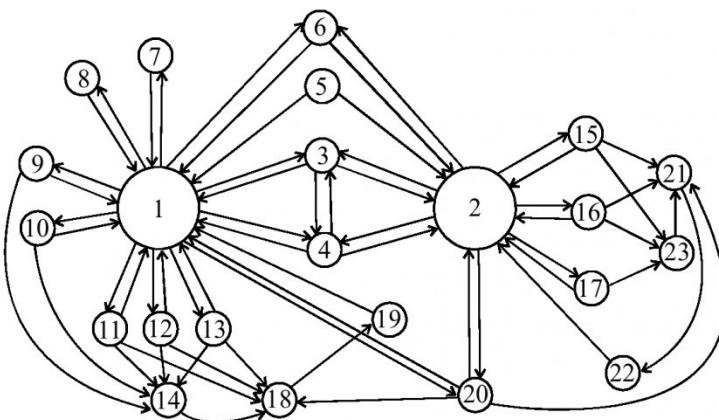


Рис. 2. Первоначальная структура энергопредприятия: 1 – диспетчер, 2 – старший диспетчер, 3 – помощник диспетчера, 4-8 – оперативно-выездные бригады, 9 – администрация города, 10-12 – диспетчерские службы снабжающих энергопредприятий, 13-15 – сетевые районы капитального ремонта, 16 – трансформаторные подстанции, 17 – распределительные подстанции, 18 – персональный компьютер, 19 – служба ремонта



*Рис.3. Предложенная структура энергопредприятия: 1, 2 – диспетчеры, 3 – старший диспетчера, 4 – помощник диспетчера, 5 – администрация города, 6–8 – диспетчерские службы снабжающих энергопредприятий, 9, 10, 17 – сетевые районы, 11–13, 15, 16 – оперативно-выездные бригады, 14, 23 – (трансформаторные подстанции, 18, 21 – распределительные подстанции, 19, 22 персональные компьютеры, 20 – службы ремонта*

- сумма рангов элементов.

Оперативный показатель  $j$  -го элемента

$$D_j = \sum_{i=1}^{M_j} p_{ji} f_{ji} I_{ji}, \quad (4)$$

где  $p_{ji}$  - вероятность получения достоверной оперативной информации в  $i$ -м пути;  $f_{ji}$  - скорость циркуляции оперативной информации в  $i$ -м пути;  $I_{ji}$  -

количество оперативной информации в  $i$ -м пути;  $M_j$  - общее количество связей  $j$ -го элемента..

Наибольшая насыщенность оперативной информацией приходится на диспетчера энергопредприятия (до 95%). Реализация предложенной структуры управления позволила одновременно повысить показатель насыщенности и распределить

этот показатель между диспетчерами: для первоначальной структуры 1,52 бит/с - на одного диспетчера; для новой структуры 1,2 бит/с - на первого диспетчера и 0,8 бит/с - на второго диспетчера.

Проведенный структурный анализ эргатической системы показал, что упорядочение ее структуры приводит к «делению» системы относительно наиболее нагруженных элементов, приводя к появлению симметричной структуры; имевшаяся звездная система трансформируется в сотовую с возникновением свойства взаимозаменяемости фрагментов структуры.

Использование разработанных рекомендаций в энергопредприятии «Кемеровская горэлектросеть» позволило повысить эффективность и надежность работы оперативно-диспетчерской службы за счет двукратного увеличения информационного ресурса. По статистическим данным после преобразования структуры энергопредприятия «Кемеровская горэлектросеть» количество несчастных случаев снизилось в три раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев В.Н. Информационная оценка системы // Вестн. КузГТУ.- 2001.- № 2.- С.63-68.
2. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети / Пер. с англ. под ред. А.И. Теймана. М.: Наука, 1974.- 368 с.

□ Авторы статьи:

Матвеев  
Виктор Николаевич  
- докт. техн. наук, доц.,  
зав. каф. общей электротехники

Микрюков  
Александр Михайлович  
- канд. техн. наук, доц.  
каф. общей электротехники

Науменко  
Сергей Николаевич  
- диспетчер энергопредприятия «Кемеровская горэлектросеть»

Романенко  
Татьяна Юрьевна  
- асп. каф. общей электротехники

**УДК 620.92.004.18**

**В.Н. Матвеев, А.М. Микрюков, Т.Ю. Романенко**

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КЕДРОВСКОГО РАЗРЕЗА

Основная производственная деятельность филиала ОАО «УК Кузбассразрезуголь» «Кедровский угольный разрез» со-

стоит в добыве угля открытым способом.

Схема электроснабжения разреза состоит из семи под-

станций, обеспечивающих с помощью понижающих трансформаторов и масляных (ВМПЭ-10, ВМПЭ-6) и