

*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 энергопред-  
приятия «Кемеровская гор-  
электросеть»

Романенко  
Татьяна Юрьевна  
- асп. каф. общей электро-  
техники

**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

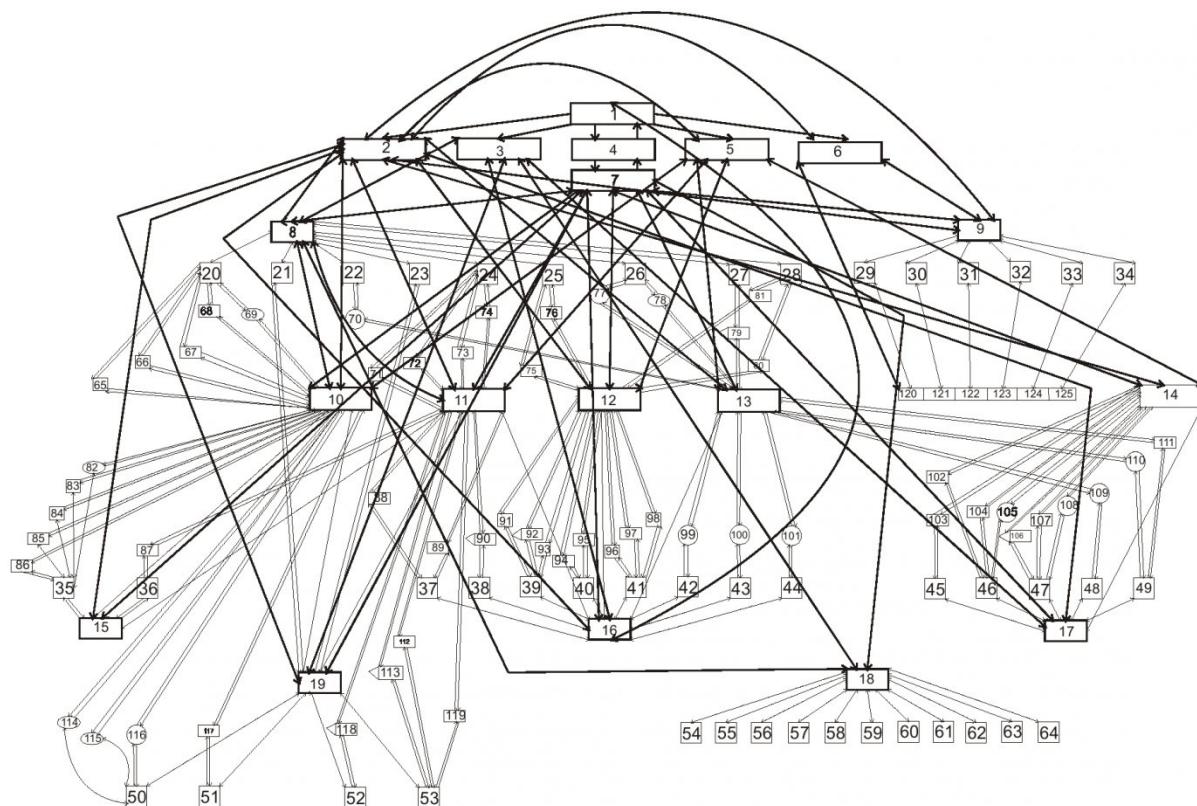


Рис. 1. Структура схемы электроснабжения Кедровского разреза и ее диспетчерского управления

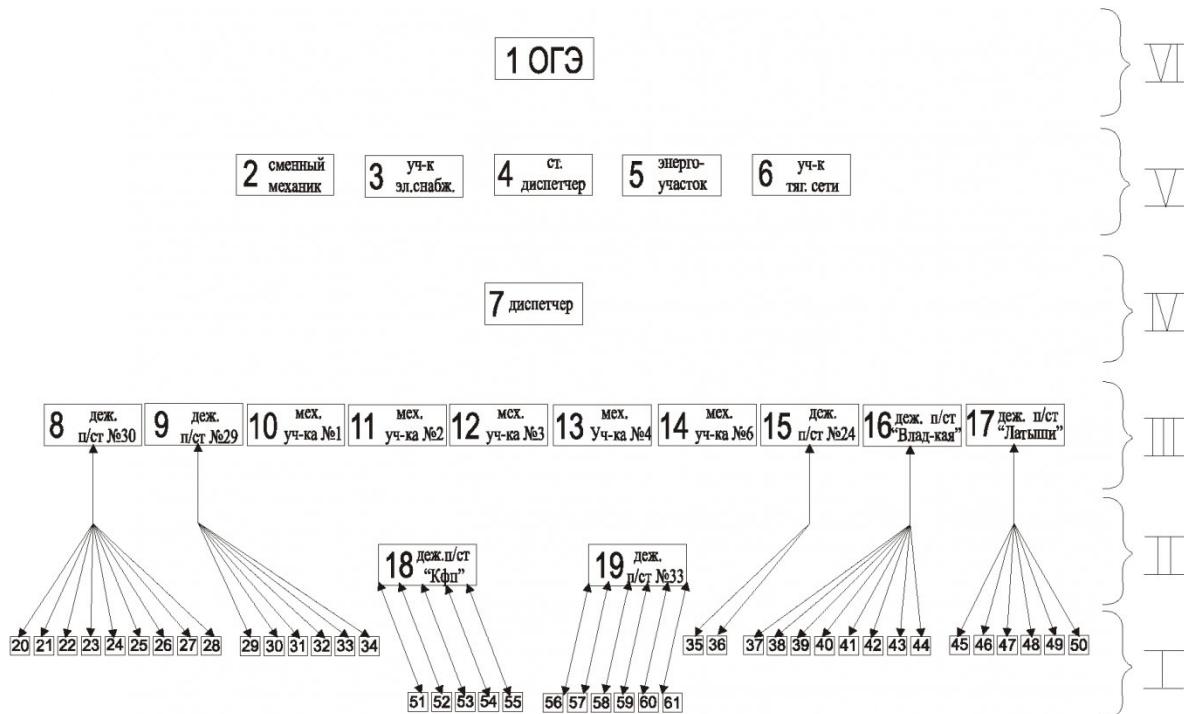
вакуумных (ВВ-6) выключателей подачу напряжения 6 кВ на экскаваторы (ЭКГ-12,5; ЭКГ-10; ЭКГ-8; ЭКГ-5а; ЭШ-10/70), бурстанки, насосы, конвейеры, дробилки, тяговую сеть элект

тровозной откатки и др.

Бесперебойное обеспечение электроэнергией обеспечивают службы главного энергетика – участок энергоснабжения, энергоучасток, участок тяговой сети,

диспетчеры и дежурные подстанций, а также механики участков.

На рис. 1 приведена структура, отражающая схему электроснабжения основных потребителей.



*Рис. 2. Оценочная структура*

бителей разреза и ее оперативно-диспетчерское управление.

На рис. 1 изображены: 1-отдел главного энергетика, 2-старший механик, 3- участок энергоснабжения, 4- старший диспетчер, 5- энергоучасток, 6- участник тяговой сети, 7- диспетчер, 8- дежурный подстанции № 30 «Кедровская», 9- дежурный подстанции № 29 «Кедровская – Тяговая», 10-14- механики участков, 15- дежурный подстанции № 24, 16- дежурный подстанции «Владимирская», 17-дежурный подстанции «Латыши», 18- дежурный подстанции № 33 «Кедровская – Обогатительная», 19- дежурный подстанции «КФП», 20- 36, 45- 64- масляные выключатели, 37- 44- вакуумные выключатели, 65-125 – токоприемники. Особенностью подстанции «Владимирская» является наличие в ней телеуправления и телесигнализации положения выключателей 6 кВ и 110 кВ, а также телесигнализации индивидуальных сигналов «Авария на подстанции», «Неисправность на подстанции», которые осуществляются с помощью компьютера в отдел главного энергетика.

Детализация структуры приведена до уровня крупных потребителей энергии – экскава-

торов, локомотивов, насосов откачки.

Полученная структура имеет показатель смежности  $A=0,696$ , упорядоченность  $G=4,442$  [1]. Количество циклов  $K_U$  зависит от числа элементов, входящих в них. Реально в структуре используются циклы, содержащие до четырех элементов. При этом полное число циклов  $K_U=320$ . При расчете информационного ресурса системы учтено 225 циклов [2].

За состояния выключателей ВМПЭ-6 и ВВ-6 принимались: нормальная работа, срабатывание максимальной токовой защиты, срабатывание токовой отсечки, срабатывание земляной защиты; за состояния выключателей ВМПЭ-10: нормальная работа, срабатывание максимальной токовой защиты, срабатывание токовой отсечки. К состояниям мощных токоприемников отнесены: рабочее, отключенное, аварийное. Был произведен подсчет информационного ресурса системы, который составил  $R=38,87$  бит/с. Информационная нагрузка отдельных элементов приведена в таблице.

Рассмотренная структура одинакова и при нормальной

работе, и при авариях: меняется лишь насыщенность циклов оперативной информацией. Повышение уровня детализации не изменяет нагрузку отдельных элементов, но увеличивает информационный ресурс всей системы (за счет роста циклов с оперативной информацией).

Разработанная методика оценки информационной нагрузки [2] не учитывает напряженности работы отдельных элементов: нагрузка элементов определяется количеством оперативной информации, скоростью ее циркуляции и достоверностью.

Однако отличие ответственности за принятие решения операторов эргатической системы на разных уровнях иерархии, разных технологических процессах, отличие важности своевременно принятой диспетчером информации обусловливают дифференциацию ценности информации.

Приняты следующие допущения:

- 1) ценность использования оперативной информации определяет уровень возможного повреждения (нормального функционирования) системы;

- 2) ценность информации измеряется баллом, определяе-

Таблица

## Информационная нагрузка элементов структуры

| №  | Наименование элемента        | Нагрузка без учета цены информации, бит/с | С учетом цены информации |                 |
|----|------------------------------|---|--------------------------|-----------------|
|    |                              |   | Цена, балл               | Нагрузка, бит/с |
| 1  | Главный энергетик            | 4,40                                      | 6                        | 62,59           |
| 2  | Старший механик              | 0,36                                      | 5                        | 70,92           |
| 3  | Участок электроснабжения     | 0,18                                      | 5                        | 35,77           |
| 4  | Старший диспетчер            | 0,89                                      | 5                        | 35,95           |
| 5  | Энергоучасток                | 1,33                                      | 5                        | 32,85           |
| 6  | Участок тяговой сети         | 0,09                                      | 5                        | 53,75           |
| 7  | Диспетчер                    | 9,02                                      | 4                        | 80,31           |
| 8  | Дежурный п/ст № 30           | 4,22                                      | 3                        | 18,14           |
| 9  | Дежурный п/ст № 29           | 2,49                                      | 3                        | 22,79           |
| 10 | Механик участка № 3          | 0,40                                      | 3                        | 12,88           |
| 11 | Механик участка № 2          | 0,44                                      | 3                        | 25,22           |
| 12 | Механик участка № 1          | 0,40                                      | 3                        | 22,16           |
| 13 | Механик участка № 6          | 0,49                                      | 3                        | 23,75           |
| 14 | Механик участка № 4          | 0,40                                      | 3                        | 16,69           |
| 15 | Дежурный п/ст № 24           | 0,62                                      | 3                        | 10,98           |
| 16 | Дежурн. п/ст «Владимир-ская» | 5,73                                      | 3                        | 35,65           |
| 17 |                              | 2,44                                      | 3                        | 17,73           |
| 18 | Дежурный п/ст «Латыши»       | 2,27                                      | 2                        | 9,02            |
| 19 | Дежурный п/ст № 33           | 2,71                                      | 2                        | 13,97           |
|    | Дежурный п/ст «КФП»          |   |                          |                 |

мым количеством уровней иерархии, нормальное функционирование которых зависит от принятого решения.

Каждый бит оперативной информации имеет свою цену в баллах. Повышение ценности оперативной информации равносильно увеличению её количества. В свою очередь, достоверность распознавания информации определяется ее объемом и ценой.

В понятие информационная нагрузка элемента, главным образом, оператора эргатической системы, входит получение информации по подходящим к элементу путям, а также выдача команд по отходящим путям, причем цена полученной информации или отданной команды может быть различной.

Таким образом, насыщенность связей оперативной информацией отдельного  $j$ -го элемента  $D_j$  системы, входящая в уравнение для расчета информационной нагрузки [2], может быть определена по формуле:

$$D_j = \sum_{i=1}^{M_j=N_j+L_j} p_{ji} f_{ji} C_{ji} I_{ji},$$

где  $p_{ji}$  - вероятность получения достоверной оперативной информации в  $i$ -м пути;  $f_{ji}$  - скорость циркуляции оперативной информации в  $i$ -м пути;  $C_{ji}$  - цена информации в  $i$ -м входящем или выходящем пути  $j$ -го элемента;  $I_{ji}$  - количество

оперативной информации в  $i$ -м пути;  $N_j$  - количество входящих путей в  $j$ -й элемент;  $L_j$  - количество выходящих путей из  $j$ -го элемента;  $M_j$  - общее количество связей  $j$ -го элемента.

На рис. 2 приведена оценочная структура, выстроенная по иерархии, позволяющая отчетливо понять цену информации в различных ее участках: как правило, чем выше расположены элементы по иерархии, тем выше цена принимаемых им решений.

Максимальная величина балла ценности у элементов высшего уровня иерархии равна количеству уровней иерархии в системе (но может изменяться от максимальной величины до единицы) – в нашем случае максимальный балл равен шести, у элементов низшего уровня цена равна единице.

Информационная нагрузка отдельных элементов с учетом цены информации приведен в таблице, информационный ресурс системы с оценочной шкалой оперативной информации увеличился до  $R=139.52$  бит/с.

Наибольшая нагрузка приходится на диспетчера, службы главного энергетика, дежурных подстанций. Но, учитывая тот факт, что отдел главного энергетика состоит из нескольких сотрудников, а дежурный подстанции один несет всю нагрузку, максимально загруженным является диспетчер.

Следовательно, необходимо

использовать старшего диспетчера на одном уровне иерархии с диспетчером, разделив общую диспетчерскую нагрузку пополам (с полномочиями у одного из них принимать окончательное решение в аварийной ситуации).

Из дежурных подстанций максимум нагрузки наблюдается на подстанции «Владимирская», объяснением чему является наличие большого объема оперативной информации.

Сравнение методов определения информационной нагрузки показало, что учет цены информации позволяет рассчитать нагрузку элементов системы, принимающих стратегические решения (элементы 1, 2), а также элементов, неверное решение которых нарушает основной технологический процесс (элемент 6): у данных элементов информационная нагрузка достаточно высока.

Для снижения информационной нагрузки отдельных элементов (операторов эргатической системы) необходимо ограничивать количество связей к данным элементам, так как выход из строя либо ошибочная работа элементов, задействованных во многих путях системы, с большей вероятностью может привести к неисправности самой системы, а также максимально автоматизируя управляющий процесс.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев В.Н. Информационная оценка системы // Вестн. КузГТУ.- 2001.- № 2.- С.63-68.
2. Повышение безопасности и эффективности функционирования диспетчерской службы энергопредприятия / Матвеев В.Н., Микрюков А.М., Науменко С.Н., Романенко Т.Ю. // Вестн. КузГТУ. 2005. № 2. С. 41-43.

□ Авторы статьи:

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

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

Романенко  
Татьяна Юрьевна  
- асп. каф. общей электротехники