

УДК 622.817: 621.311

В.Н. Матвеев, А.В. Элер

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КЕМЕРОВСКОГО РАЙОНА

Обеспечение надежности электроснабжения всегда будет являться приоритетной проблемой: с ростом энерговооруженности, усложнения технологий, ответственности объектов требования к системам электроснабжения (СЭС) будут лишь ужесточаться.

Как показывает статистика отключений электрических сетей, в наиболее неблагоприятном положении находятся распределительные сети районов, удаленных от городов и крупных промышленных предприятий.

Недостаточная мощность, низкое качество электроэнергии в этих сетях сдерживают развитие появляющихся в последнее время частных сельскохозяйственных предприятий, коттеджных поселков.

Для оценки эффективности использования СЭС, отличающейся множеством элементов (десятками сотен) и многочисленных связей между ними, может быть использован системотехнический информационный метод [1], в основе которого – анализ энерго-информационной модели, приведенной на рис. 1.

Данный метод основан на гипотезе, устанавливающей связь надежности, безопасности, а значит, и эффективности эксплуатации СЭС сложной системы с ее информационным ресурсом. Информационный ресурс системы определяется струк-

турной информацией, учитывающей особенности структуры, и оперативной информацией, циркулирующей по данным связям с различной скоростью в виде энергии, вещества и информации.

Измерение количества структурной информации целесообразно производить с помощью числа циклов графа исследуемой системы, обоснованием чему являются работы Р.Ф. Абдеева [2], в которых указано на особое значение контуров в системе, повышающих, в частности, надежность электроснабжения: с ростом числа контуров происходит повышение наблюдаемости и упорядоченности структур систем.

При этом следует учитывать то обстоятельство, что в большой системе со значительным количеством контуров высока величина структурной информации, а в ее подсистемах контуры «разрываются» на сквозные (проходные) пути, снижая величину структурной информации в этих подсистемах.

В качестве структурных показателей выбраны [3]:

показатель смежности  $A$ , оценивающий наблюдаемость структуры и принимающий значения от 0 до 1 (полностью наблюдаемая структура);

энтропия структуры  $H(p)$ , характеризующая равномерность распределения связей системы



Рис. 1. Энерго-информационная модель системы



Рис. 2. Фрагмент электрической схемы Кемеровского района

между ее элементами, изменяющаяся от 0 до 8,5 (при числе элементов в системе, большем 1000);

упорядоченность структуры  $G$ , показывающая меру приближенности анализируемой структуры к сотовой, принятой за эталон упорядоченности (изменяется от 0 до 8,5);

количество циклов структуры  $k_u$ , определяющее число контуров в системе и достигающее нескольких тысяч.

Величины выбранных структурных показателей свидетельствуют о следующих закономерностях структур.

1. При малой энтропии связи сконцентрированы вокруг одного элемента, при неисправности

которого система надолго может выйти из строя. В худшем случае все выходы подключены к одному элементу, при этом энтропия равна нулю.

2. Чем разветвленнее структура системы, чем больше в ней контуров, тем выше наблюдаемость структуры системы. Повышение уровня наблюдаемости структуры ( $A > 0,9$ ) за счет увеличения количества циклов способствует возрастанию упорядоченности структуры, при этом возникает граф, насыщенный циклами с равномерным распределением ребер между вершинами, что подразумевает возникновение симметричных сотовых ячеек графа.

3. Максимальная упорядоченность ( $G > 8,5$ )

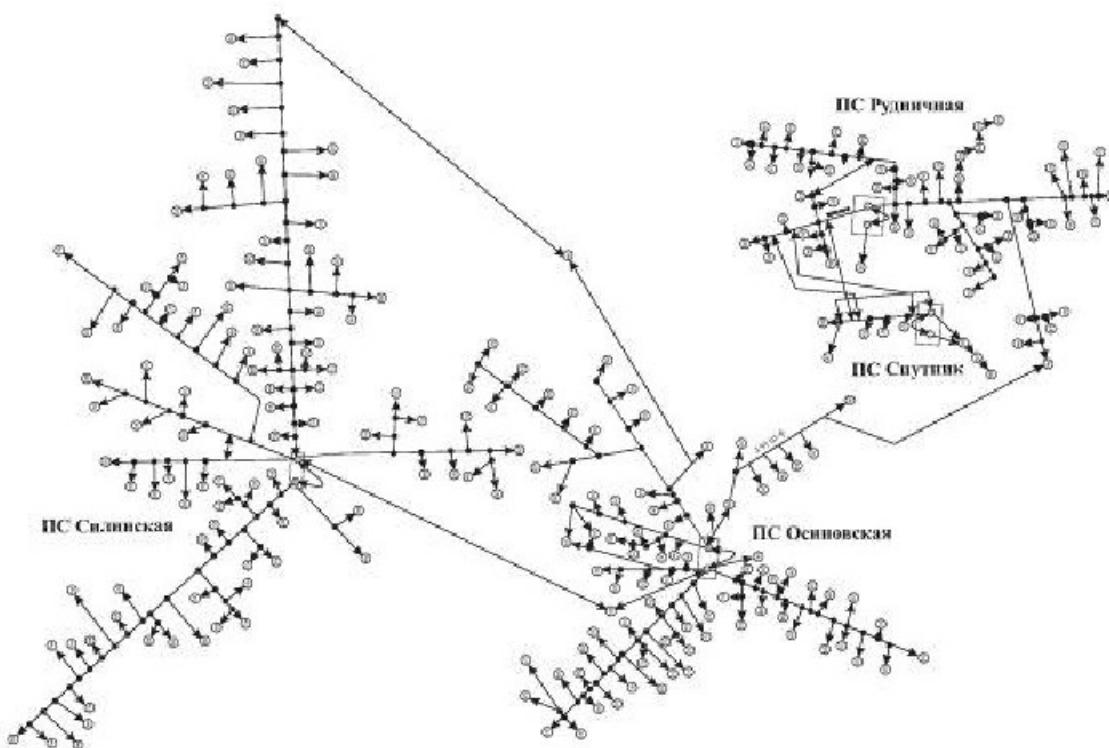


Рис. 3. Фрагмент ориентированного графа электрической схемы Кемеровского района

возникает при полной наблюдаемости графа структуры с большим количеством вершин, обеспечивая полную децентрализацию структуры.

4. При низкой энтропии структуры ( $H(p) < 3$ ) и большом количестве контуров ( $K_u > 10^3$ ) все контуры сосредоточены вокруг одного или небольшого количества центров питания. Для современных СЭС необходимо рассредоточение центров питания.

В работе был произведен структурный анализ СЭС Кемеровского района, который имеет в своем составе 34 трансформаторные подстанции (ПС) 110/35 кВ и 900 ПС 10/0,4 кВ. Кемеровский район включает в себя 9 сельских поселений, объединяющих 71 населенный пункт. Численность постоянных потребителей составляет приблизитель-

но 50 тысяч единиц.

Практически все ПС закольцованы с высокой стороны напряжения, а от каждой ПС 10/0,4 по радиальным схемам (длиной в несколько десятков километров) последовательно запитаны населенные пункты.

Система электроснабжения Кемеровского района отличается большой протяженностью линий 6 - 10 кВ с недостаточным резервированием питания некоторых поселений. В отдельных случаях элементы этой системы находятся в ненадлежащем техническом состоянии, а руководители энергопредприятий лишь примерно представляют себе прохождение линий электропередачи, так как отсутствует план линий электропередачи на карте района.



Рис. 4. Алгоритм исследования структуры электрической схемы

Установленные закономерности в построении и развитии сложных систем, к которым относится и система электроснабжения Кемеровского района, позволяют сделать вывод о недостаточной эффективности исследуемой системы. В то же время они позволяют предпринять необходимые действия по оптимизации структуры.

В настоящее время проведена работа по воссозданию электрической схемы 6 - 10 кВ на географической местности. Современные компьютерные технологии, в частности среда *MapInfo* в сочетании со снимками со спутников, позволяют достаточно просто изобразить распределительную сеть на карте местности. На рис. 2 показан фрагмент созданного плана линий электропередачи 6 - 10 кВ Кемеровского района.

По электрической схеме построен ориентированный граф, фрагмент которого показан на рис. 3. Ветви графа указывают направление движения потоков электрической энергии.

Далее по графу строится матрица смежности вершин, и вычисляются численные значения структурных показателей. На рис. 4 изображен алгоритм исследования графа электрической схемы.

Структурный анализ СЭС позволил оценить внутреннюю информацию структуры схемы и предложить поэтапные шаги по ее повышению, которое заключается в увеличении количества контуров структуры, причем первоначально в тех местах, которые требуют минимальных экономических затрат.

Для исследования графов в среде *VBA* был написан макрос для табличного процессора *Microsoft Excel*, позволивший определять ранги матриц большой размерности и подсчитывать в структуре количество контуров, что существенно упростило процедуру определения структурных показателей систем с большим числом элементов и связей между ними.

Рассчитанные значения структурных показателей, приведенные в таблице, невелики, что обосновывает необходимость увеличения количества контурных связей в СЭС, например, за счет применения перемычек между фидерами, проходящими на близком расстояние друг от друга, которые запитанных от подстанций. В качестве перемычек могут быть использованы как кабельные, так и воздушные линии.

Таблица. Значения структурных показателей СЭС Кемеровского района

<i>H(p)</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>k<sub>u</sub></i>
3,80	0,30	1,14	9

Критериями оптимизации СЭС являются ее максимальный информационный ресурс и минимальные затраты на эксплуатацию электрооборудования, поиск которых требует определения насыщенности связей структуры СЭС оперативной информацией.

При этом для информационных каналов модели определяющими параметрами являются количество оперативной информации, скорость ее циркуляции, достоверность и стоимость, для энергетических каналов, под которыми подразумеваются линии перемещения электрической энергии, должны учитываться: количество и мощность возможных источников, количество и мощность используемых приемников, количество уровней трансформации напряжения в исследуемой сети, ее протяженность, режим работы приемников, характер электрической нагрузки.

Результаты исследования позволяют:

- оптимизировать структуру СЭС;
- выявить целесообразные (первоочередные) точки установки компенсирующих устройств, под которыми понимаются устройства, непрерывно отслеживающие текущий характер электрической нагрузки и устраняющие циркуляцию в системе реактивной мощности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, В.Н. Структурный и параметрический синтез компонентов шахтной системы электроснабжения нового уровня безопасности / В.Н. Матвеев // Изв. вузов. Горн. Журн., 2003. - № 3. - С.117-120.
2. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. - М.: ВЛАДОС, 1994. - 336 с.
3. Матвеев, В.Н. Анализ структур сложных электросистем с позиций безопасности и энергосбережения/ В.Н. Матвеев, А.М. Микрюков, В.Е. Беков// Вестник КузГТУ, 2010. - № 1. - С. 87-90.

□ Авторы статьи:

Матвеев  
Виктор Николаевич,  
докт. техн. наук, профессор  
каф. электроснабжения горных и про-  
мышленных предприятий КузГТУ,  
Email: mvn.oe@mail.ru

Элер  
Александр Владимирович, студент гр. ЭП-072 КузГТУ,  
Email: El-  
erAV@yandex.ru