

того, в каком режиме работала данная электростанция в предшествующие годы.

На основе рассмотренных моделей с помощью ЭВМ ЕС-1030 был проделан комплекс расчетов по выявлению оптимальной структуры генерирующих мощностей для Белорусской и Ленинградской энергосистем. При уровне замыкающих затрат на мазут 40 - 45 руб/т.у.т., уголь 35 - 38 руб/т.у.т. и цене ядерного топлива 8 - 11 руб/т.у.т. была выявлена экономическая целесообразность перевода части эксплуатируемых КЭС и ТЭС на органическом топливе в полупиковый режим. Расчеты также подтвердили необходимость первоочередного ввода АКЭС, АТЭС по отношению к электростанциям на органическом топливе.

### Л и т е р а т у р а

1. Шарыгин В.С. Линейная математическая модель по выбору структуры энергосистемы с усовершенствованным учетом режима. - Экономика и математические методы, 1973, т. 1X, №1, с. 122 - 130. 2. Падалко Л.П. Критерии и методы оптимального управления электроэнергетической системой. - Минск: Наука и техника, 1979. - 200 с.

УДК 621.316.1.027.5.019.3

А.П.Крысенко, инженер (БО ЭСП)

### ВЫБОР ОБЪЕМА, ОЧЕРЕДНОСТИ И МЕСТ УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Надежность электроснабжения сельских потребителей не отвечает уровню современного сельскохозяйственного производства, характеризующегося комплексной электромеханизацией и автоматизацией технологических процессов. Одним из основных способов повышения надежности электроснабжения, не требующих существенной реконструкции распределительной сети, является оснащение ее противоаварийной автоматикой - устройствами автоматического секционирования (УС), пунктами автоматического ввода резерва (АВР), а также сооружение резервных связей (РС) между линиями, обеспечивающее повышение эффективности автоматики. Осуществление автоматизации в широком масштабе требует разработки планов автома-

тизации распределительной сети в каждом РЭС (районе электрических сетей) [1]. Предназначенная для этого инженерная методика должна обеспечивать с учетом неполноты исходной информации принятие экономически обоснованных решений по повышению надежности электроснабжения потребителей II и III категории.

Оптимальному варианту автоматизации сети РЭС соответствует максимум годового экономического эффекта, определяемого по выражению:

$$\mathcal{E} = y_0 \sum_i^M \Delta W_{ли} - z_{УС} \sum_i^M n_i - \sum_i^R z_{АВР} P_i T_{ли} K_{ai}, \quad \Delta W_{ли} = \lambda L_i P_i T_{ли} K_{ai}, \quad (1)$$

где  $y_0$  - удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии;  $M$ ,  $n$ ,  $R$  - количество распределительных линий в РЭС,  $УС$  на линии и намечаемых пунктов АВР;  $z_{УС}$ ,  $z_{АВР}$  - приведенные затраты на установку УС и на устройство АВР (с учетом сооружения РС, если это необходимо);  $\Delta W_{ли}$  - снижение недоотпуска электроэнергии на  $i$ -й линии за счет автоматизации;  $\lambda$  - удельная повреждаемость распределительной сети;  $L_i$ ,  $P_i$ ,  $T_{ли}$  - протяженность, средняя нагрузка и среднее время локализации поврежденного участка  $i$ -й линии;  $K_{ai}$  - коэффициент автоматизации  $i$ -й линии.

Коэффициент автоматизации представляет отношение математического ожидания нагрузки, сохраняющей питание при устойчивом повреждении на линии, к полной нагрузке линии [2] и зависит от схемы линии, количества и мест установки УС на ней и наличия АВР. Для определения  $K_a$  при расчете  $\Delta W_{ли}$  без использования в качестве исходной информации схемы линии представляет интерес анализ кривых рис. 1, где показано изменение  $K_a$  для различных условий на примере линии с равномерно распределенной нагрузкой. Кривая 1 соответствует последовательной установке УС на пути резервирования между подстанцией и пунктом АВР. При установке части УС на ответвлениях  $K_a$  находятся в зоне, ограниченной кривыми 1 и 2. При отсутствии АВР значения  $K_a$  находятся в зоне, ограниченной кривыми 2 и 3. Как видно из рисунка, при наличии АВР наиболее эффективна установка всех УС на пути резервирования.

При неравномерном распределении нагрузки вдоль линии использование рассмотренного ниже специального метода выбора мест установки УС на пути резервирования обеспечивает значение  $K_a$  больше, чем по кривой 1. Если УС устанавлива-

ется на ответвлении без нагрузки (наиболее эффективный случай), то для того чтобы получить значение  $K_a$ , соответствующее кривой 1, длина его должна быть не менее значений, определяемых кривой 4 в долях от полной длины линии. Практически  $n \leq 3$ , при этом  $l_* \geq 25\%$  длины линии. Учитывая, что такая конфигурация распределительной линии редко встречается на практике, в расчетах значение  $K_a$  определяется исходя из установки УС на пути резервирования в точках деления линии на участки, равные по длине или по нагрузке, что соответствует  $K_a = \max$  для линии с равномерно распределенной нагрузкой.

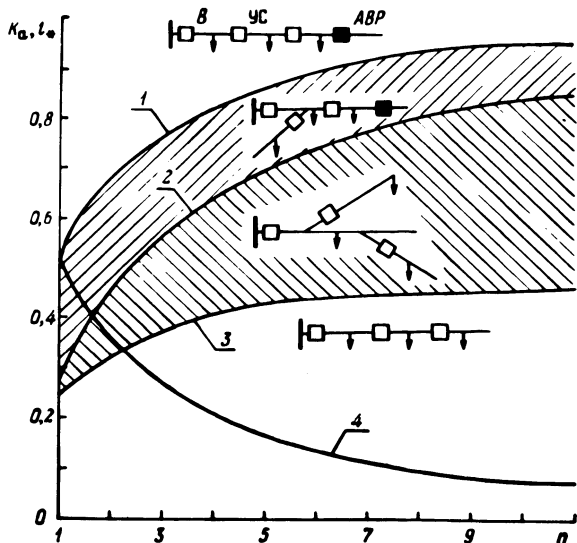


Рис. 1.

При составлении плана автоматизации силами самой эксплуатационной организации вместо (1) удобнее определять целесообразность мероприятия по повышению надежности (установка УС, автоматизация РС) по условию

$$k_{y_i} \leq k_{y_n} ; \quad k_{y_j} = \frac{K_j}{\Delta W_{lj}} ; \quad k_{y_n} = \frac{y_o}{E_n + p_{\Sigma}} , \quad (2)$$

где  $k_{y_i}$ ,  $K_j$  - удельные и полные капитальные затраты на выполнение  $j$ -того мероприятия;  $\Delta W_{lj}$  - сокращение недо-

отпуска электроэнергии при выполнении  $j$ -того мероприятия;  $K_{ун}$  - максимально допустимые капитальные затраты на предотвращение недоотпуска электроэнергии;  $E$  - нормативный срок окупаемости капитальных затрат;  $p_{\Sigma}^H$  - суммарные отчисления на амортизацию и обслуживание.

В этом случае вначале намечаются места установки АВР, затем по (2) определяется оптимальное количество УС и автоматизируемых резервных связей в распределительной сети, соответствующее принятым допущениям.

Определенный таким образом план автоматизации реализуется последовательно в течение продолжительного периода, поэтому необходимо определение очередности выполнения работ по повышению надежности. При выделении устройств и капитальных вложений в объеме, соответствующем плану, очередность выполнения мероприятий должна определяться из условия получения наибольшего экономического эффекта за время осуществления всех мероприятий. Однако, учитывая ограниченный выпуск устройств противоаварийной автоматики, очередность мероприятий намечается в порядке, обеспечивающем максимальную эффективность использования капитальных затрат при ограничении на общее количество устройств заданным  $N$ :

$$\min_N x_y = \min_N \left[ \min_j \frac{\sum_{j=1}^{N-1} K_j + K_N}{\sum_{j=1}^{N-1} \Delta W_{лj} + \Delta W_{лN}} \right] \quad (3)$$

Алгоритм (3) обеспечивает минимальный срок окупаемости капитальных вложений при любом  $N$  и позволяет не пересматривать принятые ранее решения об установке УС и АВР при увеличении их количества.

На автоматизируемых линиях определяются оптимальные места установки УС. Все известные методы выбора этих мест, например [3], основаны на направленном переборе вариантов. В отличие от них предлагается однозначный выбор мест установки УС на пути резервирования, обеспечивающий наибольшую их эффективность. Этот метод заключается в том, что УС устанавливаются в зонах, границами которых являются точки деления длины и нагрузки линии на равные части. При этом достигается максимальное снижение недоотпуска электроэнергии. Действительно, при установке одного УС

$$K_a = \begin{cases} 0,5 + 2 \frac{l_3 P_3}{LP}, & \text{в зоне } [L/2; P/2] ; \\ 0,5 - 2 \frac{l_3 P_3}{LP}, & \text{вне зоны } [L/2; P/2] , \end{cases}$$

где  $l_3, P_3$  - длина и нагрузка линии от места установки УС до точек  $L/2$  и  $P/2$  соответственно.

Точный выбор места установки УС в оптимальной зоне может быть произведен по максимальному значению  $K_a$ . Для инженерных расчетов значения, близкие к  $K_a = \max$  легко получить при установке УС за точкой, делящей нагрузку зоны на равные части, считая от границы зоны по нагрузке. Если имеется информация о величинах удельных ущербов отдельных потребителей, то вместо границы зоны по нагрузке может быть определена граница зоны установки, оптимальной по предотвращенному ущербу.

После выбора мест установки УС на пути резервирования определяется целесообразность секционирования ответвлений. При выполнении условия (2) указанное мероприятие включается в оптимальный план автоматизации.

На основе предложенной методики составлены программы для ЭВМ ЕС, которые используются как в проектных, так и в эксплуатационных организациях с целью разработки планов автоматизации распределительных сетей.

### Л и т е р а т у р а

1. Барг И.Г., Валк Х.Я., Комаров Д.Т. Совершенствование обслуживания электросетей 0,4 - 20 кВ в сельской местности. - М.: Энергия, 1980. - 240 с. 2. Прусс В. Л. Анализ мероприятий по повышению надежности работы распределительных линий 6 - 10 кВ. - Электрические станции, 1979, №6, с.42 - 46. 3. Зуль Н.М., Фролов В.А. Методика расчета оптимального сочетания средств повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. - В сб.: Научные труды по электрификации сельского хозяйства, 1974, т.37, с.108 - 121.