

2. Карташев И.И., Пономаренко И.С. Качество электрической энергии в муниципальных сетях Московской области // Промышленная энергетика. – 2002. – № 8. – С. 23–31.

3. Правила устройства электроустановок / МинЭнерго РБ. – 6-ое изд., перераб. и доп., с изменениями. – Минск: Технопринт, 2006. – 646 с.

УДК 621.311

## АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГОРОДСКОЙ СЕТИ 10 КВ НА ПЭВМ

*Антипорович К.Г.*

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ФУРСАНОВ М.И.

Современные распределительные электрические сети охватывают все обслуживаемую территорию линиями электропередачи, питающимися от различных подстанций – центров питания. Схемы распределительной сети выбираются исходя из условий электроснабжения потребителей, токов КЗ, релейной защиты, качества электроэнергии и ее расхода на электропередачу. Распределительные сети работают обычно в режиме одностороннего питания. В определенных точках распределительной сети коммутационные аппараты отключены.

В месте нормального разреза сети часто используют выключатель мощности, оснащенный устройством автоматического ввода резерва (АВР), питающийся переменным оперативным током от силовых трансформаторов или трансформаторов напряжения с обеих сторон отключенной цепи. Подобные отключенные выключатели могут обеспечивать резервирование от одного или двух независимых источников при условии, что устойчивое повреждение на начальном участке ЛЭП отключается другим секционным аппаратом, отключающим КЗ после включения выключателя или отключающим поврежденный участок в бестоковую паузу.

Выбор места нормальных разрезов производится на основе учета максимальной надежности электроснабжения, минимального расхода электроэнергии на передачу и минимальных средневзвешенных отклонений напряжения у электроприемников.

Городские электрические сети 10 кВ выполнены, как правило, по замкнутым схемам, но работают в нормальном разомкнутом режиме. Требуется определить такие места размыкания электрической сети, чтобы сеть функционировала наиболее экономично.

Целевая функция такой оптимизационной задачи в общем случае имеет вид:

$$Z = \Delta W \beta + U_u + U_n + U_3,$$

где  $\Delta W$  – потери электроэнергии за рассматриваемый период времени;

$\beta$  – стоимость 1 кВт·ч потерянной энергии;

$U_u$  – ущерб из-за неоптимальных уровней напряжения;

$U_n$  – затраты, отражающие изменение надежности электроснабжения потребителей, при различных положениях точек размыкания сети;

$U_3$  – затраты, отражающие изменение сложности эксплуатации сети при различных положениях точек разреза.

В первом приближении величинами  $U_u$ ,  $U_n$  и  $U_3$  пренебрегаем, т. е. считаем, что различные положения точек разреза не изменяют надежности схемы электроснабжения и удобства эксплуатации сети, а режим напряжения, по крайней мере, не ухудшится.

Полагая далее, что графики нагрузки сети ступенчатые, можно записать:

$$Z = \beta t_k \Delta P_k,$$

где  $\Delta P_k$  – суммарные потери активной мощности в сети на каждой ступени графика продолжительностью  $t_k$ .

Практические места разреза сети могут изменяться несколько раз в год, и решение может носить усредненный характер. В этом случае в качестве целевой функции можно принять суммарные потери активной мощности в сети в рассматриваемом режиме:

$$\Delta P = \sum P_i^2 R_i^2 \frac{1}{U_n^2 \cos^2 \varphi_{\text{ф.Э}}},$$

где  $P_i$  и  $R_i$  – активная мощность и сопротивление  $i$ -го участка сети;

$U_n$  – номинальное напряжение сети;

$\cos^2 \varphi_{\text{ф.Э}}$  – средневзвешенный коэффициент мощности в сети.

При сформированных выше условиях в программе GORSR задача решается в следующей постановке: необходимо минимизировать функцию

$$F = \sum_{i=1}^N \Delta P_i$$

при ограничениях

$$I_i \leq I_{\text{доп.}i},$$

где  $\Delta P_i$  – нагрязочные потери активной мощности на  $i$ -ом линейном участке сети;

$N$  – число участков;

$I_i$  – полный ток участка;

$I_{\text{доп.}i}$  – допустимый ток участка по нагреву.

На основании изложенной методики был произведен расчет по нахождению оптимальных мест размыкания электрической сети 10 кВ г. Жабинка (таблица 1).

Таблица 1. Результаты оптимизации точек разрезов в сети 10 кВ г. Жабинка

Начальное положение разреза		Оптимальное положение разреза	
начало	конец	начало	конец
ТП-86С1	ТП-90	ТП-86С2	ТП-90
ОП-198/ВЛ-8/	ТП-525С2	ТП-144С2	ОП-140/ВЛ-8/
ОП202/В573/	ТП-167С1	ТП-403С2	ОП202/В573/
ТП-613С1	ТП-604С1	ТП-83С1	ТП-613С2
ТП-148С2	ТП-78С1	ТП-83С2	ТП-148С1
ТП-404С1	ТП-53С1	ТП-401С2	ТП-404С1
СР-2/наТП583	ТП-402	ТП-597С1	ТП-402
ТП-604С2	ТП-83С2	ТП-83С1	ТП-83С2
ТП-116С1	ТП-401С2	ТП-116С2	ТП-116С1
ТП-2С1	ТП-569	на ТП-2	ТП-2С1
ТП-2С1	ТП-613С2	ТП-613С2	ТП-613С1
ОП-96/ВЛ10/	ТП-68С1	ОП-138/ВЛ10/	ТП-152С1
О10/5/ВЛ572/	ТП-55С2	ОП-49/ВЛ572/	СР-2/ВЛ572/
ОП1/3/ВЛ597/	ТП-152С1	ТП-55С1	ОП-96/ВЛ10/
ТП-429С1	ТП-112С2	ОП-95/ВЛ597/	ТП-112С2
ОП115/ВЛ597/	ТП-15С2	ТП-126С1	СР-1/ВЛ597/
ОП134/ВЛ597/	ТП-69С2	ОП31/ВЛ7А/	ТП-69С1
ОП1/38/В571/	ТП-51С1	ОП28/ВЛ571/	СР-1/ВЛ571/
ТП-72С1	ТП-72С2	ОП-5/ВЛ-2А/	ТП-153С1
ТП-108С2	ТП-108С1	ОП-21/ВЛ570/	ТП-108С2
ТП-133С2Корд	ТП-133С1Корд	ТП-106С2	ОП38/ВЛ574Г/
ТП-525С2	ТП-525С1	ОП-152/ВЛ80/	ТП-585С2
ТП-421С1	ТП-421С2	ОП-5/В565/	ТП-421С1

Количество разрезов в схеме 36. Количество переносимых разрезов 23. Нагрузочные потери активной мощности в линиях 6–10 кВ: до оптимизации 51,365 кВт, после оптимизации 44,789 кВт. Снижение нагрузочных потерь в сети 6–10 кВ составило 6,576 кВт или 12,80 %.

УДК 621.311

## ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СИСТЕМЫ НАПРЯЖЕНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

*Баранов Е.Ю.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор ФЕДИН В.Т.

В настоящее время в Белорусской энергосистеме актуален вопрос перевода сети напряжением 35 кВ на 110 кВ.

Постоянно повышающиеся требования к состоянию окружающей среды играют свою роль при решении оптимизационных задач систем электропередачи и воздушных линий электропередачи и подстанций разных напряжений как их составляющих.

Можно выделить следующие виды последствий воздействия систем электропередачи на окружающую среду:

– воздействие на окружающую природную среду и на протекание естественных природных процессов (воздействие на растительный и животный мир – нарушение ценных сельскохозяйственных земель; последствия вырубки леса – снижение водорегулирующих, противозрозионных, полезащитных функций леса; изменение среды обитания животных и птиц; влияние электрического поля воздушных линий высокого напряжения на биосферу);

– влияние на условия жизни и отдыха людей (акустический шум, воздействие на телевидение, радио, связь, ухудшение эстетического восприятия ландшафта);

– воздействие на сельское и лесное хозяйство (снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции в связи с отводом земли под опоры воздушной линии, ограничение хозяйственной деятельности в зоне отчуждения, порча посевов и верхних плодородных слоев земли при строительстве и ремонте линии, снижение объемов производства лесной продукции и продуктов побочного пользования лесом).

Таким образом, окружающей среде наносится значительный ущерб, поэтому природную среду и экономику следует рассматривать как единую систему и оценивать эффективность функционирования систем электропередачи с позиций всего народного хозяйства, а не с позиции одной электроэнергетической отрасли.

При выработке решения в качестве показателя эффективности решения может выступать не один критерий (обычно минимум дисконтированных затрат), а несколько. Таким образом, задача становится многокритеральной. В данном случае выбор наиболее эффективного варианта произведем на основании формулы:

$$E_j = \sum_{i=1}^n \lambda_i e_{ji}, \quad (1)$$

где  $E_j$  – эффективность стратегии  $j$ ;

$\lambda_i$  – значение весового коэффициента  $i$ -го локального критерия;

$e_{ji}$  – значение относительной эффективности  $i$ -го локального критерия для  $j$ -ой стратегии.