



Рисунок 1. Зависимость коэффициента эффективности использования секционирующих устройств от коэффициента загрузки трансформаторных подстанций

### Литература

1. Надежность электроэнергетических систем. Справочник / Под ред. М.Н. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Короткевич, М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей. – Минск: ЗАО «Техноперспектива», 2003.

УДК 621.3

## СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Лагун Н.А.

Научный руководитель – МЫШКОВЕЦ Е.В.

Для оптимизации был принят режим зимнего максимума сетей 35–750 кВ Белорусской энергосистемы с внешними связями. Перед проведением вычислительных экспериментов по перераспределению потоков мощности с помощью дополнительных устройств, устанавливаемых в ветвях сети, была произведена проверка, можно ли сделать это с помощью уже существующих средств.

По [1] для большинства автотрансформаторов производится регулирование отвлений на стороне среднего напряжения с диапазоном  $\pm 6 \times 2\%$ . На основе найденных автотрансформаторов приняли, что у всех рассматриваемых такой шаг и ступень регулирования. Далее по методике, описанной в [2], произвели выбор оптимальных коэффициентов трансформации путем их поочередного изменения. Выбирался один из трансформаторов и изменялся его коэффициент трансформации в сторону увеличения. При снижении потерь данный шаг считался успешным. Вновь увеличивали коэффициент трансформации на ступень до тех пор, пока потери мощности не начинали повышаться по сравнению с предыдущим шагом. Новый коэффициент трансформации у

данного трансформатора принимался, если на последнем удачном шаге снижение потерь по сравнению с потерями до оптимизации коэффициента трансформации данного трансформатора оказалось более 0,1 МВт. Если же потери на первом шаге увеличивались, то изменять коэффициент трансформации необходимо в сторону уменьшения. Далее переходили к следующему трансформатору. Одновременно контролировали не выходят ли напряжения за допустимые пределы.

В результате численных экспериментов, проведенных с помощью программы Rastr выяснено, что при задании разных исходных условий для расчета (начальное приближение напряжений в узлах) значения потерь мощности в сети для одного и того же режима отличаются на некоторую величину. Проверка показала, что она может достигать величины равной примерно десяти процентам от заданной точности расчета. Для данного режима задана точность расчета 1 МВт. Соответственно десять процентов от этой величины будет 0,1 МВт. При попытке задать вместо единицы другую величину точности расчета по программе Rastr (меньшее значение) в некоторых случаях режим расходится.

Поочередный обход всех трансформаторов выполнялся несколько раз. Результаты оптимизации представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты оптимизации коэффициентов трансформации

№ ветви	$K_{тв}$ исходных	$K_{тв}$ конечный	Снижение потерь, МВт
303-302	0,712	0,655	0,10
318-312	0,658	0,669	0,89
101-105	0,376	0,342	0,90
101-106	0,369	0,342	0,87
103-109	0,350	0,342	0,19
303-301	0,348	0,335	0,13
428-411	0,348	0,335	0,11
428-452	0,348	0,335	0,18
429-38	0,355	0,335	0,65
505-504	0,352	0,335	0,14
104-108	0,524	0,495	0,10
153-154	0,516	0,495	0,15
312-311	0,502	0,463	0,28

В результате оптимизации коэффициентов трансформации добились снижения потерь на 3,970 МВт и они составили 143,311 МВт, при допустимых величинах напряжений во всех узлах.

По методике, представленной в [2] для выбора устройств продольно-поперечного регулирования необходимо рассчитать экономичное потокораспределение. Однако при расчете режима сети, содержащей только активные сопротивления либо одинаковое отношение  $\frac{X}{R}$  реактивного сопротивления к активному каждой ветви, режим не сходится. Так как применение данной методики не возможно, будем производить полный перебор ветвей.

Для выбора предварительных мест установки устройств поперечного регулирования поочередно в рассматриваемые линейные ветви вводился продольный коэффици-

ент трансформации  $K_{ТВ} = 1$  и производится расчет режима, полученные при этом потери в Белорусской энергосистеме принимались за исходные.

В той же ветви задавался поперечный коэффициент трансформации  $K_{ТМ} = 0,03$ . Если потери по Беларуси  $\Delta P_{Бел}$  увеличивались или не изменялись, в ветвь подставлялся  $K_{ТМ} = -0,03$  и производится та же проверка. Получили 35 линейных ветвей напряжением 220–330 кВ, в которых установка устройств дает снижение потерь в Белорусской энергосистеме.

Наибольшее снижение потерь активной мощности при установке ФСУ в линейных ветвях 110 кВ достигается при меньших углах. Поэтому для определения возможных мест установки устройств поперечного регулирования на этих линиях задавались  $K_{ТМ} = \pm 0,02$ . В результате получили 8 ветвей.

Для трансформаторных ветвей величина  $K_{ТВ}$  известна заранее, величина поперечного коэффициента трансформации задавалась аналогично ветвям 110 кВ  $K_{ТМ} = \pm 0,02$ . Получили 6 ветвей, в которых эффективна установка устройств.

Далее были произведены более подробные исследования по выбранным.

Для устройств поперечного регулирования на напряжение 110, 220 и 330 кВ были найдены оптимальные значения поперечных коэффициентов трансформации в зимних и летних максимальных и минимальных режимах. Для их выбора строились графики зависимости потерь в Белорусской энергосистеме от  $K_{ТМ}$ . По графикам проверили необходимость установки устройств и отбросили ветви, в которых снижение потерь достигается только в зимнем максимуме. В итоге получили 36 ветвей в которых возможна установка устройств. Наибольшая величина снижения потерь 1,5 МВт достигается при установке устройства в ветви 401–310.

Можно сделать вывод, что установка трансформаторных устройств продольно-поперечного регулирования напряжения может оказаться эффективной мерой по снижению потерь активной мощности в замкнутых сетях Белорусской энергосистемы.

### Литература

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 288 с.
2. Поспелов, Г.Е., Федин, В.Т. Энергетические системы и сети. Проектирование: Учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Минск: Выш. шк., 1988. – 308 с.

УДК 621.311

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 10 КВ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Гулич А.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ФАДЕЕВА Г.А.

Все более широкое применение в современных электрических сетях находят кабели напряжением до 1 кВ, 10 кВ и выше с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ кабели), представленные на рисунке 1. В таблице 1 указаны марки одножильных СПЭ кабелей напряжением 10 кВ.