

УДК 621.311

АЛГОРИТМ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Трофимович И.В.

Научный руководитель – ВОЛКОВ А.А.

В последнее время все большее внимание в работе электроснабжающих предприятий уделяется обеспечению качества напряжения.

Напряжение в узлах системы может быть различным по отношению к номинальному напряжению, что определяется балансом реактивной мощности, графиком нагрузки узла, падением напряжения на участках сети, коэффициентом трансформации трансформаторов, режимом работы средств компенсации реактивной мощности. Согласно действующему межгосударственному стандарту нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии равны соответственно ± 5 и ± 10 % от номинального напряжения электрической сети [1].

Отклонение напряжения за установленные стандартом пределы влечет целый ряд негативных последствий электротехнического и технологического характера:

- повышение уровня потерь мощности и электроэнергии в сетях;
- сокращение срока службы оборудования, снижение эффективности и экономичности работы потребителей;
- увеличение капитальных вложений в систему электроснабжения, связанные с необходимостью проведения дополнительных технических и административных мероприятий;
- нарушение устойчивости работы синхронных машин и асинхронных двигателей;
- повышенный износ изоляции линий электропередач и оборудования подстанций.

Наиболее полные комплексные исследования по качеству электрической энергии на территории СНГ были проведены в муниципальных электрических сетях Московской области [2]. В результате было установлено, что отклонения напряжения выходят за допустимые пределы практически во всех точках сети, что еще раз доказало необходимость исследований в области регулирования напряжения.

Основными средствами регулирования напряжения в распределительных электрических сетях являются трансформаторы с регулированием коэффициента трансформации под нагрузкой (РПН) в центрах питания (ЦП) и трансформаторы с устройством переключения ответвлений без возбуждения (ПБВ) на трансформаторных подстанциях 10 (6)/0,4 кВ (ТП).

Для совместного выбора требуемого уровня напряжения в ЦП и ответвлений трансформаторов ТП составлен алгоритм, приведенный на рисунке 1.

Реализация алгоритма проведена с помощью подпрограмм, выполненных на языке программирования Visual Basic for Applications в среде RastrWin.

Эффективный выбор средств и методов регулирования напряжения невозможен без получения данных о режиме работы сети. Получить полную режимную информацию о работе всех ПС 10/0,4 кВ и графиках нагрузки потребителей на нынешнем этапе развития электрических сетей невозможно в силу отсутствия технической возможности собрать и обработать эти данные. Работы по внедрению телеметрического оборудования, в том числе счетчиков электроэнергии способных автономно собирать данные о

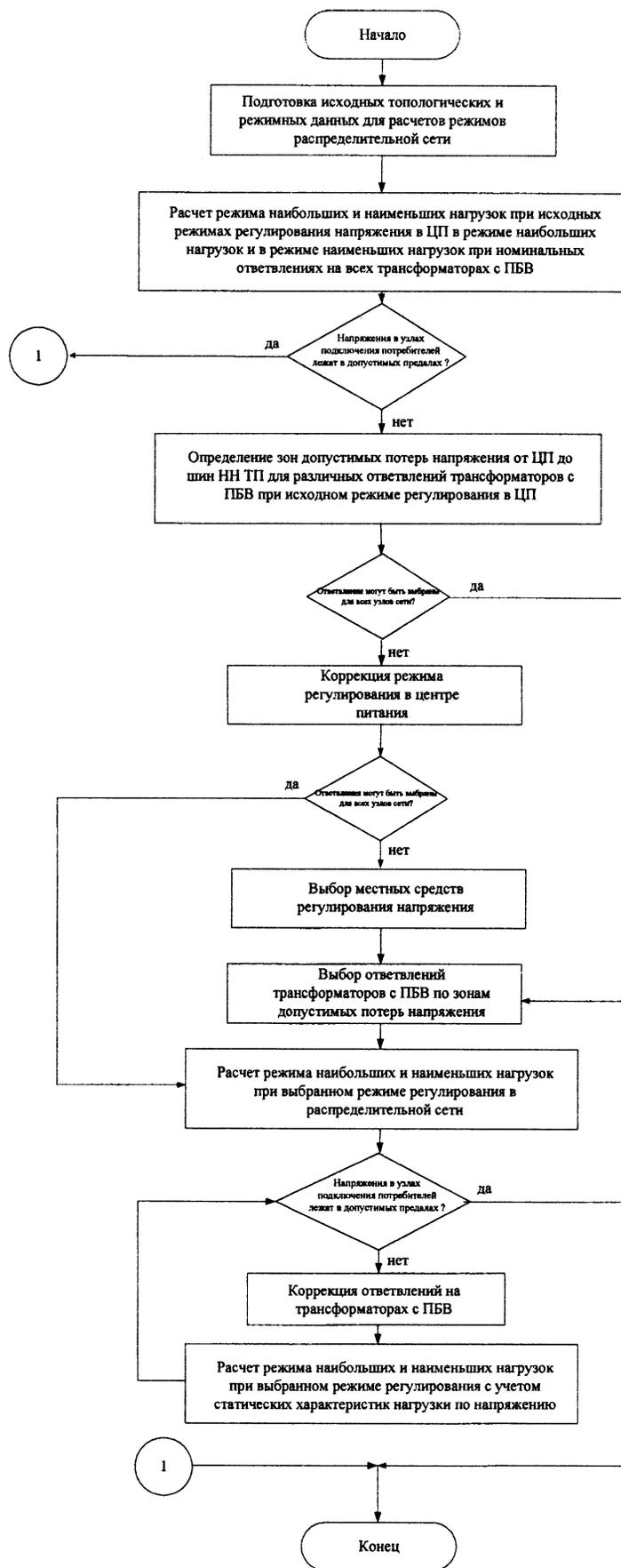


Рис. 1. Алгоритм выбора режимов регулирования напряжения в распределительной сети

потребляемой нагрузке и передавать их в центр автоматизированного управления, ведутся, но оснащение подстанций потребителей подобными приборами требует значительных капитальных вложений. Поэтому необходимые для расчетов и выбора режима регулирования напряжения режимные параметры могут быть найдены только с помощью электрических расчетов сети. Целью расчета является определение отклонений напряжения на шинах низшего напряжения ТП 10/0,4 кВ. На основании этих данных в дальнейшем можно оценить отклонения напряжения на зажимах электроприемников и выбрать оптимальный режим регулирования напряжения в сети.

Программа RastrWin изначально создавалась для расчетов сетей более высокого напряжения, однако реализованный в программе алгоритм позволяет считать сети номинальным напряжением от 0,4 до 750 кВ. Отличительной особенностью программы является наличие встроенной поддержки скриптового языка Visual Basic for Applications, что позволяет интегрировать RastrWin с другими приложениями (например, MS Excel) и автоматизировать ввод/вывод исходных данных и анализ результатов расчетов. Кроме того, данная программа позволяет проводить расчет режимов при различных ответвлениях трансформаторов и с учетом статических характеристик нагрузки.

Для расчета по программе RastrWin необходимо знать нагрузку всех узлов. Но из-за слабого распространения телеметрии в распределительных сетях 6–10 кВ точных данных о нагрузке каждого потребителя нет, а потому, как правило, известен только ток на головном участке линии и номинальная мощность трансформаторов подстанций. Простое распределение нагрузки головного участка между узлами нагрузки пропорционально номинальной мощности трансформаторов в условиях данной задачи неприемлемо, так как даст большую погрешность из-за неправильного учета потерь мощности в сети. Для расчета нагрузок узлов составлена подпрограмма, определяющая такую загрузку трансформаторов сети, которая соответствует заданному току на головном участке с требуемой точностью.

Для проверки работоспособности алгоритма и составленных программ был рассмотрен участок существующей распределительной сети напряжением 10 кВ.

Выводы

Выбор рациональных режимов регулирования напряжения с целью поддержания качества электроэнергии в допустимых пределах является актуальной задачей для электрических сетей. Наиболее эффективным методом ее решения является использование встречного регулирования напряжения в центре питания совместно с выбором ответвлений трансформаторов, установленных на потребительских ТП 10/0,4 кВ.

Для эффективного выбора ответвлений трансформаторов необходимо произвести электрический расчет сети с целью определения падений напряжения от шин НН ЦП до шин НН ТП 10/0,4 кВ. Эту задачу можно решить с помощью программы RastrWin и разработанных подпрограмм.

Согласно [3] в режиме наибольших нагрузок необходимо поддерживать в центре питания напряжение не менее 105 % от номинального. Однако, распределительные сети питающие коммунальную нагрузку слабо загружены (как правило не более 30 % номинальной мощности установленных трансформаторов), что приводит к повышенному напряжению у ближайших к ЦП потребителей. Поэтому в режиме наибольших нагрузок целесообразно снижать напряжение в центре питания до 103–104 % в зависимости от удаленности ближайших ТП от ЦП.

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Совместимость технических средств электромагнитная. – Взамен ГОСТ 13109-88; Введ. 01.09.01; Республика Беларусь 01.09.01. – Минск: БелГИСС: Меж-гос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 22 с.

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:

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

где ΔW – потери электроэнергии за рассматриваемый период времени;

β – 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_z – затраты, отражающие изменение сложности эксплуатации сети при различных положениях точек разреза.

В первом приближении величинами U_u , U_n и U_z 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:

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