УДК 621.398

Э.Х.МУРАТБАКЕЕВ
аспирант кафедры электротехники и электромеханики

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6(10) кВ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПУНКТОВ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ

Обоснована целесообразность секционирования воздушных распределительных сетей среднего напряжения. Приведены алгоритмы функционирования реклоузеров для организации децентрализованного управления аварийными режимами работы распределительных сетей. Рассмотрены алгоритмы децентрализованного управления аварийными режимами работы сети.

Expediency of sectioning medium-voltage air-insulated distributing mains is justified. Algorithms of re-closers functioning are given to organize decentralized control of emergency operations in distributive networks. Algorithms of decentralized management of the network emergency operations are considered.

На сегодняшний день около 40 % воздушных линий (ВЛ) выработали нормативный ресурс и более 80 % нуждаются в техническом перевооружении. Длительность отключений потребителей составляет порядка 70 ч в год на один фидер. Среднее число повреждений, вызывающих отключения ВЛ напряжением до 35 кВ, составляет ~25 на 100 км линий в год [3]. Рассмотрим отличительные особенности схем воздушных распределительных сетей сетевых компаний и предприятий транспорта нефти и газа.

Воздушные линии сетевых компаний. Воздушные линии электропередачи 6(10) кВ сетевых компаний построены по радиальному принципу древовидной конфигурации (рис.1). Сечения проводов ступенчато уменьшаются от головных участков к концу линии, имеет место большое число резервных связей, выполненных с использованием разъединителей с ручным приводом. Защитные аппараты устанавливаются в центрах питания. Средняя протяженность линий по магистрали составляет 16 км, протяженность ответвлений – 5-6 км. Наблюдается значительная неоднородность плотности нагрузки [4].

Воздушные линии предприятий транспорта нефти и газа. Традиционная схема электроснабжения линейных объектов трубопровода выполнена по магистральному принципу, зачастую с однократным сетевым резервированием по магистрали (рис.2). Особенности этих схем связаны с равномерно распределенным характером нагрузок, протяженность по магистрали 50-60 км до

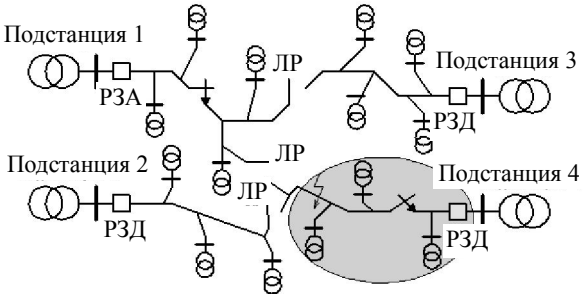


Рис.1. Схема распределительных сетей сетевых компаний

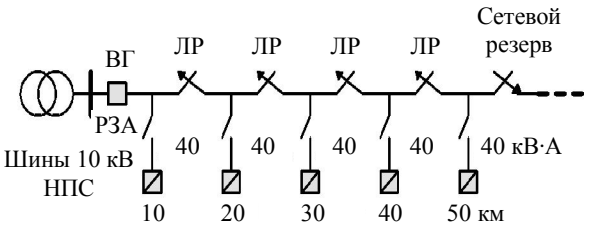


Рис.2. Схема электроснабжения магистральных трубопроводов предприятий транспорта нефти и газа

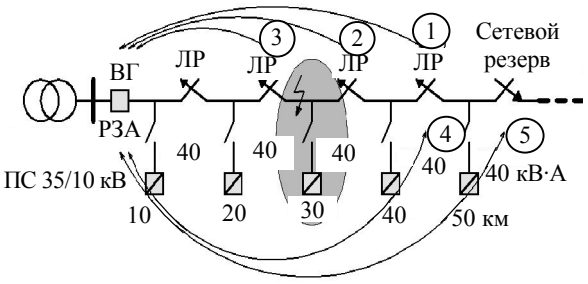


Рис.3. Особенности восстановления электроснабжения в классической схеме

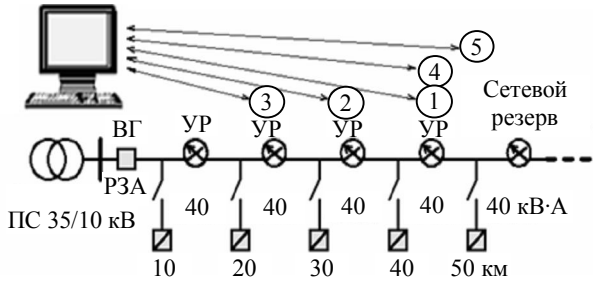


Рис.4. Централизованное управление аварийными режимами работы сети

сетевого резерва и длина ответвлений порядка 100-200 м. В классической схеме основная защита линии от повреждений установлена на питающих подстанциях.

Подходы к секционированию ВЛ. Наиболее эффективным способом повышения надежности электроснабжения в воздушных электрических сетях среднего напряжения является секционирование линии. В рассмотренных схемах (рис.1, 2) построения распределительных сетей отсутствует автоматизированное управление при возникновении аварийных режимов.

Централизованное управление секционированием делится на местное и дистанционное.

Местное неавтоматизированное управление секционированием распространено практически везде, где есть воздушная линия электропередачи. Для обеспечения возможности выделения (секционирования) поврежденного участка сети при работе на магистрали устанавливаются линейные разъединители (ЛР), а иногда пункты секционирования на базе ячеек КРУН. При возникновении повреждения на любом участке происходит отключение защитного аппарата на отходящем фидере, и все потребители линии теряют питание. Для локализации повреждения на фидер выезжает оперативная бригада. С помощью последовательных переездов и переключений разъединителей вручную выделяет поврежденный участок сети (рис.3). На переезды оперативных бригад иногда требуется несколько суток.

В последнее время все чаще применяют ручное управление секционированием. Для этих целей вместо линейных ручных разъединителей устанавливают телеуправляемые разъединители или пункты секционирования с дистанционным управлением (рис.4). Процесс локализации повреждения полностью аналогичен описанному выше с той разницей, что все переключения выполняются дистанционно.

Преимуществом данного подхода является сокращение затрат на содержание большого штата оперативного персонала и многочисленные переезды. Сокращается и время локализации повреждения. Однако существенным недостатком является необходимость иметь надежную связь с каждым управляемым элементом сети.

Как и в предыдущем случае, при использовании дистанционного ручного управления аварийным режимом большую роль играет человеческий фактор – решение о переключениях принимает диспетчер.

Децентрализованное управление секционированием. Одним из эффективных способов повышения надежности электроснабжения является реализация автоматического секционирования при возникновении аварийных режимов (рис.5). В этом случае обеспечивается полная независимость работы пунктов секционирования от внешнего управ-

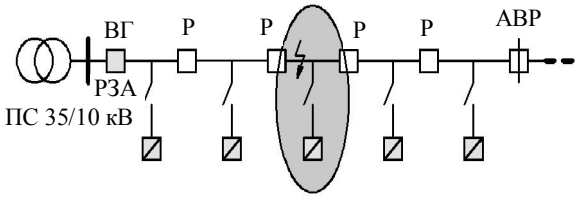


Рис.5. Децентрализованное управление секционированием при возникновении аварийных режимов сети

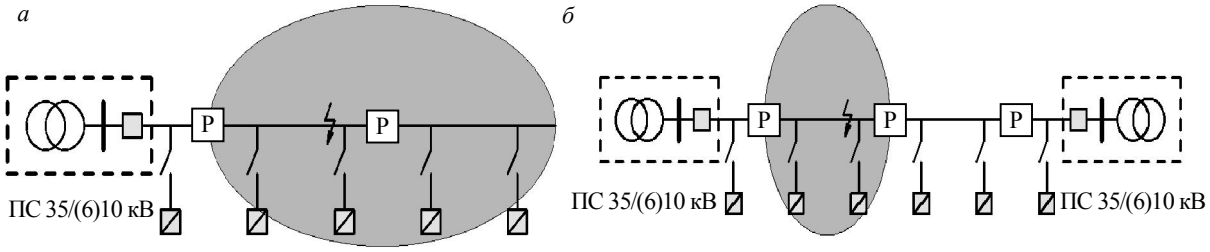


Рис.6. Алгоритм секционирования радиальной линии с односторонним (*а*) и двусторонним питанием (*б*)

ления. Такой способ секционирования получил название децентрализованного [2, 1]. Каждый отдельный аппарат анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, т.е. локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей неповрежденных участков сети.

Преимущество децентрализованного способа – отсутствие человеческого фактора. Время восстановления питания на неповрежденных участках сокращается до секунд и, как следствие, снижается риск ущерба потребителям электрической энергии.

При реализации децентрализованного способа применяется автоматический пункт секционирования (реклоузер), представляющий собой совокупность вакуумного коммутационного модуля со встроенной системой измерения токов и напряжения и блока управления с микропроцессорной системой релейной защиты и автоматики.

Для организации децентрализованного управления аварийными режимами работы сетей возможны различные алгоритмы функционирования реклоузеров.

Секционирование радиальной линии с односторонним питанием. В данном случае (рис.6, *а*) реклоузеры (Р) устанавливают на магистральном участке. Сетевой резерв отсутствует. При возникновении повреждения отключают ближайший к месту повреждения реклоузер и нижестоящий участок сети. Схема эффективна в условиях значительной протяженности магистрали и невозможности обеспечить резервное питание. Такая расстановка реклоузеров позволяет намного повысить надежность электроснабжения потребителей, ближайших к центру питания.

Секционирование радиальной линии с двусторонним питанием. Дополнительно к реклоузерам на магистрали устанавливается реклоузер в качестве пункта АВР (рис.6, *б*). При этом в случае повреждения на любом участке сети оно будет автоматически локализовано между двумя ближайшими аппаратами, а потребители неповрежденных участков сохранят свое питание. Схема эффективна для обеспечения высокой степени надежности электроснабжения потребителей целого фидера.

Разборка и сборка сети. В условиях большой протяженности сети, когда длина магистрального участка достигает 50 км и более, для организации надежной децентрализованной системы управления необходима установка значительного числа аппаратов. В этом случае последовательно устанавливается до 15 реклоузеров.

Очевидно, традиционное согласование по ступенчатому принципу не позволит уложиться в объективно реальные выдержки времени защит на головных выключателях (0,5-1 с). Специальная функциональность реклоузера позволяет реализовать алгоритмы селективной работы большого количества последовательно установленных аппаратов при ограниченной выдержке времени.

Изложенные выше алгоритмы работы реклоузеров находят применение в самых различных схемах построения воздушных распределительных сетей. В каждом случае решаются конкретные задачи повышения надежности электроснабжения потребителей:

1. Заданный уровень надежности фидера. При отсутствии на линии потребителей, требующих высокой надежности электроснабжения, реклоузеры могут быть установлены в качестве пунктов секционирова-

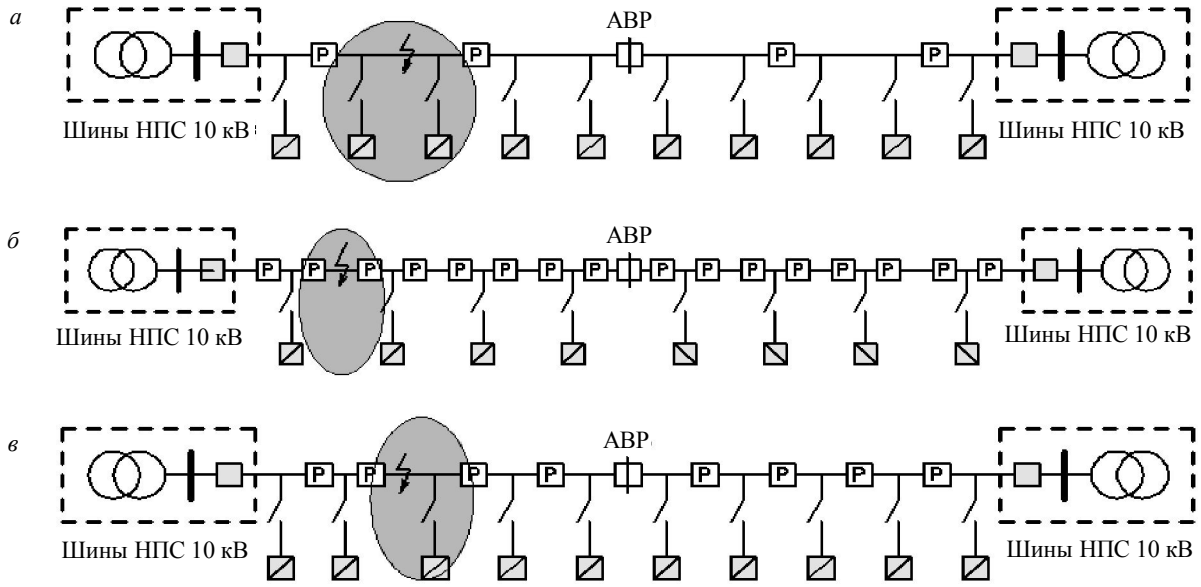


Рис.7. Алгоритм децентрализованной автоматизации: *а* – заданный уровень надежности; *б* – максимальная защита *в* – комбинированный вариант

ния, обеспечивающих деление воздушной линии на несколько участков (рис.7, *а*). Такая расстановка аппаратов позволяет обеспечить заданный уровень надежности по фидеру в целом, облегчить поиск места повреждения и ускорить восстановление питания.

2. Максимальная защита конкретного потребителя. В случае наличия потребителей, требующих высокой надежности электроснабжения, предлагается установка реклоузеров, показанных на рис.7, *б*. В этой схеме при наличии двух источников питания и при КЗ на любом участке линии электроснабжение потребителей сохраняется.

3. Комбинированный вариант. Комбинируя первые два варианта установки реклоузеров на линии, можно добиться требуемой надежности электроснабжения потребителей (рис.7, *в*). При таком расположении реклоузеров в линии можно обеспечить заданный уровень надежности отдельных присоединений и системы в целом.

Следует отметить, что это далеко не все возможные варианты применения реклоузеров в воздушных распределительных сетях среднего напряжения.

Таким образом, автоматическое секционирование линий с применением современных пунктов секционирования позволяет обеспечить требуемый уровень надежности электроснабжения как по сети в целом, так и заданный уровень надежности электроснабжения конкретных потребителей. Возможность избирательно повышать надежность электроснабжения отдельных потребителей позволяет предприятиям, эксплуатирующим электрические сети, внедрять мероприятия по повышению надежности электроснабжения адресно, тем самым повышая их эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воротницкий В.Э.* Надежность распределительных электрических сетей 6(10) кВ. Автоматизация с применением реклоузеров / В.Э.Воротницкий, В.В.Воротницкий // Новости электротехники. 2002. № 5.

2. Децентрализованная система релейной защиты и автоматики в протяженных распределительных сетях с рассредоточенной нагрузкой потребителей / В.В.Жуков, Б.К.Максимов, В.Никодиму, А.Боннер // Информ. материалы IV Межд. семинара по вопросам использования современных компьютерных технологий для АСУ электрических сетей. ЭНАС. М., 2000.

3. Основные концептуальные подходы к реконструкции и техническому перевооружению электрических сетей. Программа технического перевооружения электрических сетей РАО «ЕЭС России» на 2001-2005 гг. // Департамент электрических сетей РАО «ЕЭС России», ОАО «РОСЭП». М., 2000.

4. Прусс В.Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В.Л.Прусс, В.В.Тисленко. М.: Энергоатомиздат, 1989.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Б.Н.Абрамович*