

# СОВРЕМЕННАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОЗДУШНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-10 кВ

С.А. Бузин, В.В. Воронницкий, ООО «РК Таврида Электрик»

В условиях либерализации отрасли электроэнергетики, перехода на рыночные отношения, создания распределительных компаний, организации договорных взаимоотношений между участниками оптового и розничного рынков электроэнергии, резко повышаются требования потребителей к надежности и качеству электроснабжения.

Особое значение в решении этой проблемы в небольших городах и сельской местности играют распределительные воздушные электрические сети среднего напряжения 6-10 кВ. По сетям 6-10 кВ осуществляется поставка электроэнергии широкому кругу потребителей – сельскохозяйственным потребителям, коттеджным поселкам, городам с малоэтажной застройкой, средним и малым промышленным предприятиям, электрифицированным железным дорогам, объектам нефтегазодобычи, газопроводам и нефтепроводам.

Применительно к распределительным сетям Российской Федерации следует отметить, что по данным АО «РОСЭП» общая протяженность воздушных линий 6-10 кВ составляет более 1,2 млн. км., это почти 45% от общей протяженности линий электропередачи 0,4-110 кВ [1]. Отличительной особенностью сетей 6-10 кВ является то, что около 70% всех повреждений происходит именно в сетях данного класса напряжения [1]. Наряду с этим следует отметить очень слабую автоматизацию распределительных сетей 6-10 кВ. Как следствие, в случае возникновения повреждения на линии все оперативные переключения, поиск и выделение поврежденного участка, включение резервного питания выполняются силами оперативно-выездных бригад вручную с помощью разъединителей. Это приводит к значительному увеличению времени поиска повреждения, времени восстановления электроснабжения и соответственно длительности перерыва электроснабжения и ущерба для потребителя. Длительность отключений потребителей составляет около 70-100 ч в год, что значительно выше, чем в технически развитых западных странах.

Выходом из сложившейся ситуации является децентрализованная автоматизация аварийных режимов работы распределительной сети. Суть децентрализованной автоматизации заключается в оснащении распределительной сети пунктами автоматического секционирования и автоматического включения резерва (АВР), которые позволяют отключать только аварийных участок сети и автоматически восстанавливать питание неповрежденных потребителей. За счет того, что из работы выводится только участок сети, уменьшается число потребителей, потерявших питание.

На рис.1 изображена схема распределительной сети 6-10 кВ с автоматическим секционированием и автоматическим сетевым резервированием.

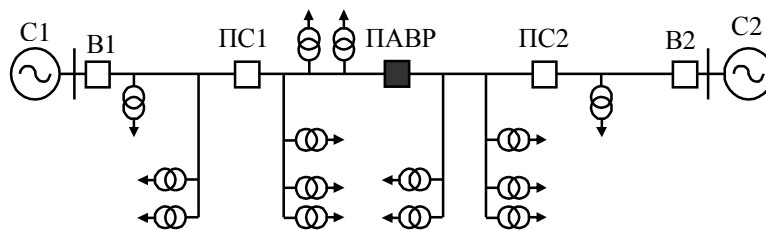


Рис. 1. Классическая схема расстановки автоматических пунктов секционирования и АВР при децентрализованной автоматизации

При выполнении пунктов автоматического секционирования и пунктов АВР предъявляются особые требования как к силовому коммутационному оборудованию, так и к системе релейной защиты и автоматики (РЗА). Традиционные средства РЗА, выполненные с применением электромеханических реле, имеют известные недостатки (низкая точность, большая степень селективности, трудности выполнения многократных устройств АПВ, невысокая надежность, необходимость периодического обслуживания и ремонта, сложность выполнения схемных решений и т.д. [2]) и практически не могут быть эффективно применены в рассматриваемых пунктах секционирования и АВР. Здесь следует отдать предпочтение современным микропроцессорным терминалам РЗА, совмещающих в себе многочисленные функции защит и автоматики.

Примером комплексного решения проблемы децентрализованной автоматизации распределительных сетей 6-10 кВ, в т.ч. и в части функций РЗА, является применение реклоузера производства компании Таврида Электрик серии РВА/TEL-10-16/630 У1 (рис 2).

Реклоузер (от английского «recloser» – переключатель) – пункт автоматического секционирования и АВР воздушных распределительных сетей столбового исполнения, объединивший:

- вакуумный выключатель;
- систему первичных преобразователей тока и напряжения;
- автономную систему оперативного питания;
- микропроцессорную систему релейной защиты и автоматики;
- систему портов для подключения устройств телемеханики;
- комплекс программного обеспечения.

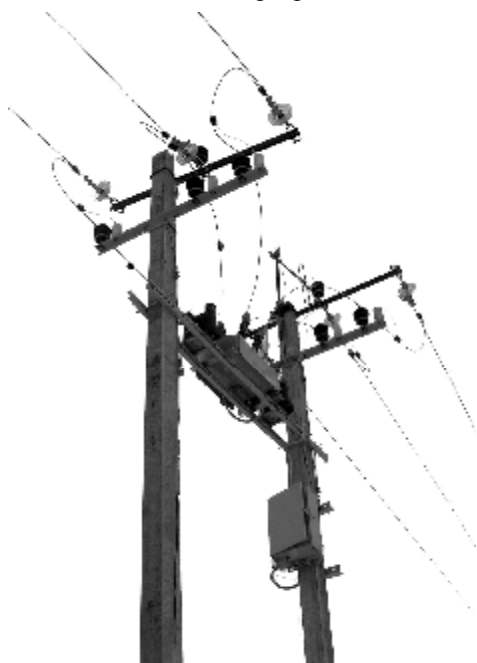


Рис. 2. Реклоузер РВА/TEL

Одной из отличительных особенностей реклоузера по сравнению с традиционными пунктами секционирования является отсутствие необходимости выполнения текущих, капитальных и средних ремонтов на протяжении всего срока службы.

Набор функций микропроцессорной системы РЗиА реклоузера обеспечивает эффективную реализацию децентрализованной автоматизации воздушных распределительных сетей 6-10 кВ. РЗиА реклоузера имеет четыре независимые группы уставок, позволяющие быстро изменить настройки РЗиА при запланированных изменениях в первичной сети. В каждом наборе уставок могут быть использованы следующие виды защит и автоматики:

*1. Трехступенчатая токовая защита от междуфазных коротких замыканий (КЗ)*

Каждая ступень может выполняться как направленной, так и ненаправленной, при этом для каждой ступени уставки для прямого и обратного направления потока мощности выбираются независимо. Это является необходимым требованием к РЗиА пунктов секционирования, применяемых в схеме с автоматическим сетевым резервированием, когда необходимо автоматически изменять уставки при переключении питания на резервный источник.

Одна из ступеней защиты от междуфазных КЗ имеет независимую времятоковую характеристику выдержки времени (ВТХ). Две другие ступени на выбор пользователя могут иметь или зависимую, или независимую ВТХ. Для настройки защиты можно использовать 12 типов стандартных ВТХ (8 – ANSI, 4 – МЭК) или создать собственную характеристику (ВТХ пользователя). Такие широкие возможности настройки ВТХ необходимы для эффективного согласования защиты с предохранителями и другими защитными аппаратами, обладающими любой зависимой или независимой времятоковой характеристикой.

Применение в качестве измерительного органа тока датчика Роговского, обладающего высокой точностью измерения, наряду с малым временем отключения выключателя (полное время отключения не превышает 40 мс), позволяет выбрать степень селективности  $\Delta t$  между двумя последовательно установленными аппаратами очень маленькой, даже при использовании зависимых ВТХ. Эта особенность вместе с использованием специальных функций и алгоритмов РЗиА реклоузеров, таких как режим координации последовательности зон и перехода с одной ВТХ на другую в циклах АПВ, позволяет устанавливать реклоузеры в существующую сеть практически без увеличения выдержки времени защиты на головном участке линии. Это является весьма важным фактором при выполнении автоматизации существующей сети.

Высокое быстродействие защиты и силового выключателя позволяет реализовать по специальному алгоритму совместную работу реклоузеров и установленных на ответвлении сети предохранителей, при которой обеспечивается сохранность предохранителя при неустановившихся КЗ за ним, устраняемых в цикле АПВ реклоузера (так называемый алгоритм «fuse saving»). Это позволяет более гибко подойти к повышению надежности электроснабжения потребителей с помощью установки на ответвлении сети относительно недорогих защитных аппаратов – предохранителей.

Токовая защита от междуфазных КЗ предусматривает возможность отстройки от бросков тока намагничивания при включении силовых трансформаторов и пусковых токов двигателей, а также отстройку при включении на так называемую «холодную нагрузку».

*2. Защита от замыканий на землю*

Защита выполняется одноступенчатой и может быть как направленной, так и ненаправленной.

*3. Защита минимального напряжения (ЗМН)*

Предусмотрено два вида ЗМН:

- ЗМН по фазным напряжениям (реагирует на снижение всех фазных напряжений ниже уставки);
- ЗМН по линейным напряжениям (реагирует на снижение хотя бы одного линейного напряжения ниже уставки).

Предусмотрена возможность автоматического включения выключателя после возврата ЗМН.

#### 4. Автоматическое повторное включение (АПВ)

В реклоузере реализовано трехкратное АПВ следующего цикла: 0-0,1с-ВО-1с-ВО-1с-ВО. Возможность такого цикла АПВ позволяет реализовывать как специфические «быстрые» циклы АПВ для мгновенного восстановления питания потребителей, так и традиционные для распределительных сетей циклы АПВ (предусматривается увеличение выдержки времени бестоковой паузы АПВ в каждом цикле до 180 с). Учитывая высокий коммутационный ресурс выключателя реклоузера (30 000 циклов ВО при номинальном токе и 100 циклов ВО при номинальном токе отключения), можно выполнять многократные АПВ для увеличения вероятности устранения неустойчивых КЗ и восстановления питания потребителей.

Предусмотрена возможность выполнения АПВ с контролем напряжения.

#### 5. Автоматическое включение резерва (АВР)

Выполняет функцию сетевого резервирования при пропадании питания с одной из сторон реклоузера. АВР может быть выполнено односторонним или двухсторонним.

#### 6. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

Позволяет производить отключение нагрузки или действие на сигнал при снижении частоты ниже уставки.

Зарубежный опыт показывает, что важным требованием к системе РЗиА пунктов секционирования и АВР является возможность измерения и индикации параметров режимов работы сети. РЗиА реклоузера совместно со встроенными в реклоузер измерительными датчиками обеспечивает широкие возможности измерения параметров режимов работы распределительных сетей. Измеряются следующие параметры: фазные токи, фазные и линейные напряжения, ток и напряжение прямой и нулевой последовательности, одно- и трехфазная полная, активная и реактивная мощность, одно- и трехфазная полная и реактивная энергия, частота, коэффициент мощности и другие. Данные об измеренных параметрах регистрируются в специальных журналах. РЗиА реклоузера позволяет отображать график нагрузки по усредненным за определенное пользователем время значениям одно- и трехфазной полной, активной и реактивной мощности в прямом и обратном направлении.

Ведутся специальные журналы, регистрирующие все события, происходящие с реклоузером: включение и отключение выключателя, пуски, срабатывания и возвраты защит и автоматики и многие другие события. Ведется журнал данных об аварийном отключении, в том числе график изменения действующих значений фазных токов, тока нулевой последовательности, фазных и линейных напряжений. Это позволяет проанализировать и восстановить картину развития аварии, а также ориентировочно определить место повреждения для быстрого поиска и устранения повреждения.

Специальное программное обеспечение позволяет быстро и удобно выставить необходимые уставки, просмотреть журналы событий, графики нагрузки, графики аварийных событий.

РЗиА реклоузера может быть интегрирована в систему телемеханики, что позволяет осуществлять телеуправление, телесигнализацию и телеизмерения в распределительной сети. При этом оборудование системы телемеханики (например, радиомодем) может быть установлено непосредственно в шкафу управления реклоузера.

Оперативное питание РЗиА реклоузера осуществляется от трансформаторов собственных нужд, устанавливаемых на опоре рядом с реклоузером, через модуль бесперебойного питания. При обесточивании воздушной линии питание осуществляется от малогабаритной необслуживаемой аккумуляторной батареи. От нее же может получать питание и оборудование системы телемеханики. Такая надежная система питания позволяет сохранить работоспособность реклоузера и системы телемеханики в любых режимах работы распределительной сети.

Шкаф управления реклоузера, в котором располагается система РЗиА, обеспечивает степень защиты IP65. Диапазон температуры окружающего воздуха составляет от минус 40 °С до плюс 55 °С.

Особые требования к функционированию РЗиА предъявляются при проектировании вдольтрассовых линий электропередачи магистральных нефтепроводов и газопроводов. Особенность организации электроснабжения приемников, обеспечивающих надежный транспорт нефти и газа, заключается в наличии большого количества последовательно установленных пунктов секционирования. На рис. 3 изображена одна из возможных таких схем.

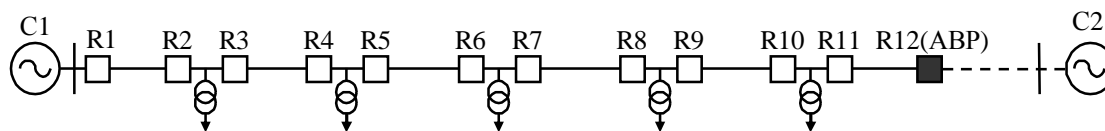


Рис. 3. Один из вариантов установки пунктов секционирования и АВР при децентрализованной автоматизации вдольтрассовых линий магистральных трубопроводов

При реализации децентрализованной автоматизации в такой схеме возникают вопросы, связанные с селективным выделением поврежденного участка и быстрым восстановлением питания неповрежденных потребителей. Выбор параметров токовых защит по традиционному ступенчатому принципу не представляется возможным в связи с необходимостью существенного увеличения выдержки времени

защиты на головном участке. В этом случае необходимо применять другие, более совершенные, алгоритмы функционирования системы РЗА. РЗА, входящая в состав реклоузера серии РВА/TEL, обеспечивает реализацию таких алгоритмов. При этом происходит селективное отключение поврежденного участка и быстрое автоматическое восстановление питания неповрежденных потребителей без увеличения выдержки времени защит, установленных на головном участке.

В заключение хотелось бы отметить, что зарубежный опыт эксплуатации распределительных сетей среднего напряжения показывает необходимость применения достаточно multifunctionальных систем РЗА. К сожалению, в нашей стране этому вопросу уделяется не такое большое внимание, как в некоторых зарубежных странах. А ведь эффективная работа средств РЗА является немаловажным фактором в реализации современных подходов к автоматизации распределительных сетей 6-10 кВ и повышения надежности электроснабжения потребителей.

#### Литература

1. Боков Г.С. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это стоит? – Новости электротехники, 2002, №2.
2. Шабад М.А. Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле. – Издание Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минтопэнерго РФ, 2003.