

С использованием расчетного примера подтверждена возможность восстановления составляющих напряжений аварийного и доаварийного режимов по параметрам зафиксированных токов воздушной ЛЭП для реализации одностороннего ОМП.

Данный метод одностороннего ОМП ЛЭП с учетом восстановления измерений напряжения перспективен для внедрения в устройства ОМП, регистраторы аварийных событий и терминалы релейной защиты в виде специального программного обеспечения.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКЛАСТЕРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕТЯХ 6–10 кВ

А. В. Михадюк

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель П. В. Лычев

Предложено при проведении мероприятий по автоматизации сети 10 кВ, применение автокластерных распределительных сетей 10 кВ вместо классического исполнения магистрального распределения электроэнергии.

Ключевые слова: автоматизация распределительной сети; автокластерные сети 6–10 кВ.

Согласно Концепции развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей до 2030 года, утвержденной Министерством энергетики Республики Беларусь 25 февраля 2020 г. № 7, отмечена необходимость развития и модернизации распределительных электрических сетей и их технического перевооружения, которые должны осуществляться на современных принципах и современной элементной базе. Причиной данных изменений в энергосистеме Республики Беларусь является постепенный естественный физический износ оборудования, конструкций и материалов, распределительных сетей 6–10 кВ, что приводит к снижению надежности электроснабжения, а увеличение подключенных к сети нагрузок – к снижению качества электроэнергии и повышению потерь электроэнергии.

Основная проблема – высокое число аварий воздушных линий (ВЛ) и длительное время восстановления электроснабжения поврежденных участков, что приводит к незапланированным убыткам электроэнергетической отрасли. Именно внедрение автоматизированного оборудования и цифровизация системы решает проблему бесперебойности функционирования сети.

Согласно анализу причин аварийности электрических сетей 6–10 кВ на 2024 г., перерывы в электроснабжении на данном классе напряжения происходят в 3 раза чаще чем для сетей 35–110 кВ. Среди основных причин повреждаемости ВЛ можно выделить: повреждение или обрыв провода, повреждение изоляторов, попадание посторонних объектов на линию, природные явления. Большая часть повреждений в сети 6–10 кВ являются неустойчивыми, т. е. самоликвидирующимися, но устройства автоматического повторного включения (АПВ) установлены не на всех фидерах ввиду устаревшего оборудования. Из-за чего при срабатывании максимальной токовой защиты линия отключается на значительное время – осмотр, устранение повреждения оперативно-выездной бригадой, что приводит к ограничению времени электроснабжения потребителя в среднем на более чем 1 ч.

Ключевой технологией решения вышеперечисленных проблем становится создание активно-адаптивной (автокластерной) сети. Она предполагает решение нескольких проектных аспектов:

1. Усовершенствование существующей или создание новой топологии сети.
2. Модернизация центров питания распределительной сети.
3. Автоматизация отключения минимально возможного поврежденного участка.

Традиционная структура преимущественно воздушной распределительной сети включает подстанции 110/35/10 кВ и 35/10 кВ, выполняющие как функцию трансформации напряжения, так и функцию распределения электроэнергии, а также набор отходящих фидеров 10 кВ. При этом отходящие фидеры в большинстве случаев либо являются радиальными и соответственно, не имеют возможности резервирования от другого источника, либо имеют возможность неавтоматического резервирования.

Такая структура сети имеет следующие недостатки:

– сложность обеспечения высокого уровня надежности (ввиду того, что при любом повреждении производится отключение всех потребителей фидера 10 кВ); высокая стоимость подстанций;

– избыточность сети на участках территории, примыкающих к подстанциям (соответственно – повышенная аварийность и избыточная себестоимость сети).

Эти недостатки могут быть в значительной степени решены преобразованием традиционной сети в автокластерную сеть, включающем в общем случае следующие действия:

– замена подстанций 35/10 кВ точками трансформации, выполняющими только функцию трансформации напряжения без решения задачи распределения электроэнергии (рис. 1);

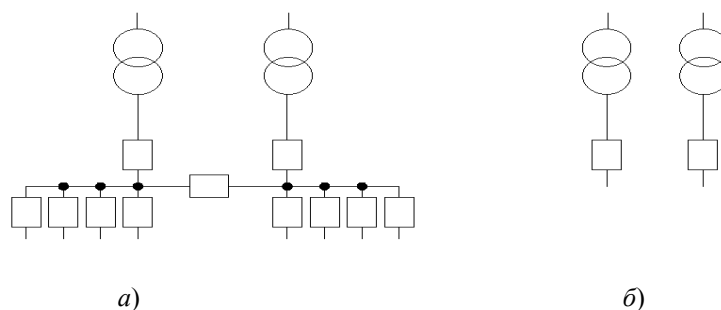


Рис. 1. Схемы классической подстанции с функцией распределения (а), цифровой точки трансформации без функции распределения (б)

– исключение избыточных (не используемых для питания потребителей) участков сети у подстанций.

– преобразование радиальных фидеров в кольцевые;

– разбиение сети на кластеры связанных по сети Фидеров

– разбиение каждого кластера на секции, расположенные между автоматическими коммутационными аппаратами, обеспечивающими в случае повреждения питания потребителей всех секций кластера, кроме поврежденной;

– разбиение каждой секции на линии, расположенные между неавтоматическими коммутационными аппаратами, обеспечивающими в случае повреждения питания потребителей всех линий секции, кроме поврежденной (рис. 2).

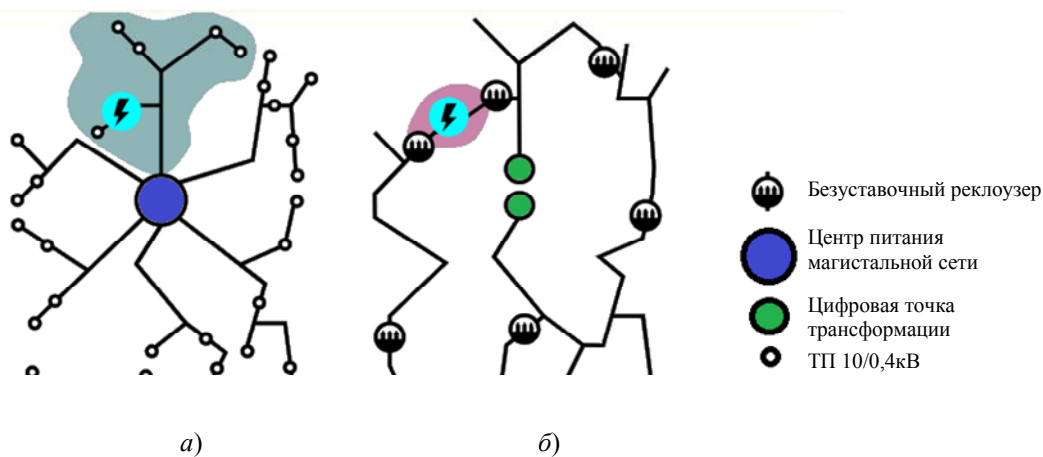


Рис. 2. Схемы классической модели магистральной сети (а) и автокластерной распределительной сети с применением безуставочных коммутационных аппаратов (б)

Сравнительное моделирование показателей надежности и электрических параметров для автокластерной и традиционной сети показывает, что автокластерная сеть при прочих равных условиях обеспечивает снижение SAIDI в три раза и снижение трудоемкости ликвидации аварий на 20–40 %, снижение нагрузочных потерь электроэнергии – на 20–40 %.

Снижение SAIDI в автокластерной сети вытекает из топологической возможности обеспечения резервного питания для каждого участка сети, кроме поврежденного, – свойства, недоступного для радиальной сети

Снижение трудоемкости ликвидации аварий вытекает из возможности более быстрой локализации места повреждения, всегда наблюдаемого парой автоматических делительных коммутационных аппаратов. Снижение нагрузочных потерь кажется удивительным, так как при переходе к автокластерной сети уменьшается количество фидеров и, как следствие, должны расти потери электроэнергии на головных участках сети. Однако существует и другое обстоятельство, способствующее снижению потерь электроэнергии и возможности установить точки нормального разрыва в оптимальных местах. И это обстоятельство в большинстве случаев оказывается более значимым.

Преимущества кольцевых фидеров, обеспечивающих автоматическое резервирование, по сравнению с радиальными фидерами были осознаны много десятилетий назад. Для реализации этих преимуществ используются системы РЗА, включающие, как правило, направленную максимально-токовую защиту, защиту минимального напряжения и сетевой автоматический ввод резерва.

Данный опыт в создании автокластерной сети уже можно позаимствовать в ПАО «Россети», а именно, в качестве пилотной зоны для апробирования указанных выше технологий была выбрана часть Сахского РЭС, имеющая 6788 потребителей, 4 подстанции 35/10 кВ, 14 фидеров 10 кВ, 170 трансформаторных подстанций, длину воздушных линий 10 кВ – 141 км, средний срок службы подстанций – 40 лет.

В результате выполненных преобразований с использованием указанных технологий удалось получить следующие результаты (см. таблицу).

Результаты построения автокластерной сети

Параметр	Было	Стало
Количество фидеров 10 кВ, шт.	14	9
Длина ВЛ 10 кВ, км	141	139
SAIDI, час-год	16,18	1,96
Время ликвидации аварий, час-год	257	162
Нагрузочные потери, кВт	48	23
Доступность трансформаторной мощности, %	34	100
Доступность по качеству электроэнергии, %	68	100
Средний срок службы коммутационного аппарата 10–35 кВ, лет	40	7

В результате построения автокластерной сети удалось решить следующие проблемы в Сахском РЭС :

- обеспечить доступность трансформаторной мощности для всех потребителей;
- обеспечить нормативное качество электроэнергии для всех потребителей;
- снизить показатель SAIDI более, чем в 8 раз;
- снизить нагрузочные потери на 52 %;
- снизить общие показатели времени ликвидации аварий на 37 %.

По экономическим расчетам решение первых трех проблем с использованием традиционных технологий обошлось бы оценочно вдвое дороже. При этом существенного улучшения показателей надежности и снижения нагрузочных потерь не произошло бы.

Таким образом, результаты реализации данного проекта указывают на целесообразность его развития и реализации на платформах уже существующих РЭС.

ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА В ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Д. А. Капуза

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. Г. Широков

Проведены опыты по выявлению пусковых характеристик тока и напряжения при разных способах включения персонального компьютера в питающую сеть, так как в сети Интернет такой информации не было найдено.

Ключевые слова: персональный компьютер, пусковые характеристики, ток, напряжение.

Для проведения опыта была собрана схема, представленная на рис. 1, где QF – автоматический выключатель, $S1$ – вилка вставляемая в розетку; $ТТ$ – трансформатор тока; $ИПТ$ – измерительный преобразователь тока; $ИПН$ – измерительный преобразователь напряжения; $БП$ – блок питания персонального компьютера (ПК) мощностью 450 Вт; $МП$ – материнская плата персонального компьютера; $SB1$ – кнопка включения персонального компьютера (расположенная на корпусе ПК); $КРПЭС$ – комплекс регистрации параметров электрических сигналов, состоящий из устройства согласования сигналов, АЦП, ноутбука со специальным ПО.