

ся: персональный компьютер промышленного исполнения, измерительные преобразователи напряжения и тока на стороне 0,4 кВ трансформатора и сетевые устройства, позволяющие соединить ПАУК всех трансформаторных подстанций в единую сеть.

#### Выводы

1. При внедрении средств автоматизации, способствующих повышению эффективности использования силовых трансформаторов в сетях 6–10 кВ промышленных предприятий, следует использовать установленное оборудование, например, системы микропроцессорных защит, что позволит сократить капитальные вложения на внедрение систем автоматизированного управления трансформаторными подстанциями.

2. При разработке алгоритмов управления трансформаторными подстанциями промышленных предприятий следует в качестве входной информации использовать максимальное возможное количество измерительной информации для получения наиболее гибкой и качественной оптимизации использования установленных силовых трансформаторов.

#### Литература

1. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. – Введ. 01.07.85. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 30 с.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Шишкин, С.А. Оптимизация нагрузки силовых трансформаторов 10/0,4 кВ при наличии низковольтных источников высших гармоник // *Электрика*. – 2006. – № 6. – С. 24–28.
4. Ермилов, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1976. – 368 с.

УДК 621.316

## ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ 110/10(6) КВ

*Дроздов И.В.*

Оборудование части подстанций Белорусской энергосистемы полностью исчерпало свой не только физический, но и моральный ресурс. Это подстанции, которые были введены в работу в 50–60-е годы XX века. Замена оборудования этих подстанций входит в долгосрочные планы развития энергосистемы. В основном планируется на таких подстанциях реконструкция закрытого распределительного устройства (ЗРУ) 10(6) кВ с заменой устаревших ячеек комплектного распределительного устройства (КРУ) на современные с вакуумными выключателями. Так же планируется частичная или полная замена оборудования открытого распределительного устройства (ОРУ) 110(35) кВ, прежде всего связанная с заменой высоковольтных масляных выключателей напряжением 110 кВ на элегазовые и напряжением 35 кВ на вакуумные.

На подстанциях, введённых в работу в 70–80-х годах XX века проводимые реконструкции связаны прежде всего с заменой морально устаревшей схемы «отделитель-короткозамыкатель». Отделитель 110 кВ заменяется на элегазовый выключатель с разъединителем. В ЗРУ 10(6) кВ производится частичная реконструкция, которая заключается в пристыковке к сборным шинам через переходные ячейки новых типов КРУ с вакуумными выключателями или замена только выкатного элемента КРУ с масляным выключателем на вакуумный.

Замена схемы «отделитель-короткозамыкатель» на элегазовый выключатель 110 кВ значительно повышает надёжность электроснабжения потребителей и работы

оборудования части энергосистемы. Это связано прежде всего с тем, что при развитии аварии на одном присоединении одной из подстанций отпадает необходимость создания искусственного короткого замыкания короткозамыкателем на линии электропередач (ЛЭП) 110 кВ, питающей другие подстанции энергосистемы.

На подстанциях, введённых в работу в конце XX – в начале XXI века оборудование устанавливалось по последнему слову техники.

Единственной проблемой эксплуатации вакуумных выключателей является сравнительно небольшой ресурс вакуумной дугогасительной камеры, замена которой требуется уже после нескольких десятков отключений коротких замыканий.

Проблемы возникают и при эксплуатации ограничителей перенапряжений (ОПН) 110 кВ с полимерной изоляцией. Причиной повреждений являются прежде всего недопустимая ветровая нагрузка на ОПН, неправильно выбранные на уровне проектирования номинальные параметры ОПН, а также негерметичность полимерной изоляции. Альтернативным решением может быть установка ОПН с фарфоровой изоляцией.

Опыт эксплуатации электрооборудования распределительных устройств подстанций показывает, что наиболее повреждаемым элементами являются опорно-стержневые изоляторы (ОСИ) в составе разъединителей 110 кВ и концевые кабельные разделки 10(6) кВ в ячейках КРУ типов К-ХII и К-XXVI.

Эти характерные повреждения очень сильно влияют на снижение надёжности работы не только отдельно взятого предприятия распределительных сетей, но и на надёжность всей энергосистемы.

При повреждении опорно-стержневых изоляторов 110 кВ создаётся вероятность отключения не только трансформатора и самой подстанции, но и всей ЛЭП 110 кВ, питание от которой получают ещё несколько других подстанций, поскольку схема питания подстанций в основном является магистральной. Повреждение ОСИ связано прежде всего с некачественной технологией производства таких изоляторов. Срок работоспособности ОСИ рассчитан на 20–25 лет, но значительный рост их повреждаемости наблюдается уже после 10–15 лет эксплуатации.

На сетевом предприятии Минские кабельные сети проводятся работы по снижению вероятности отключения потребителей при повреждении ОСИ 110 кВ, связанные с установкой устройства, так называемого «хомута», препятствующего падению изоляторов при изломе. Стоимость такого устройства значительно меньше, чем установка дополнительного удерживающего изолятора.

При повреждении концевой кабельной разделки 10(6) кВ в ячейках КРУ типов К-ХII и К-XXVI отключается не только повреждённый участок (фидер), но и отключается вся секция сборных шин 10(6) кВ, на которой находятся от 10 до 25 присоединений, что очень сильно влияет на надёжность питания потребителей 1-й и 2-й категорий. Это связано с конструктивными особенностями ячеек типов К-ХII и К-XXVI: возникающая в повреждённой кабельной разделке электрическая дуга не имеет препятствий для попадания на сборные шины, в результате чего происходит дальнейшее перекрытие междупазного расстояния сборных шин по воздуху.

Решение такой проблемы состоит в отказе от использования концевых кабельных муфт 10(6) кВ, находящихся непосредственно в ячейках КРУ, и переносом их в кабельный подвал (полуэтаж). Переход между концевой кабельной муфтой 10(6) кВ и ячейкой КРУ выполняется однофазными кабелями 10(6) кВ. Альтернативой является ещё и полная замена ячеек КРУ типов К-ХII и К-XXVI на современные ячейки КРУ с вакуумными выключателями.

При эксплуатации высоковольтных вводов 110 кВ типа ГМТА 70–80-х годов выпуска возникает вероятность его разрушения во время работы. Это связано прежде всего с выработкой срока службы изоляции вводов. В энергосистеме принимаются меры

для снижения вероятности возникновения этих повреждений, связанные прежде всего с планово-предупредительной заменой этих вводов на вводы с твёрдой изоляцией.

Моральное и физическое старение основного и вспомогательного оборудования подстанций является важной проблемой для всей энергосистемы, которую необходимо решать в кратчайшие сроки в первую очередь для безаварийного электроснабжения потребителей электроэнергии, безопасности обслуживающего персонала, а также для ответственности энергосистемы современному уровню научно-технического прогресса.