

А.Н. ГУМИНСКИЙ, начальник ЭТЛ Оршанской ТЭЦ
РУП «Витебскэнерго», аспирант Гомельского
государственного технического университета им. П.О. Сухого

Автоматические устройства управления режимами работы трансформаторов

Произведен анализ перспективного применения микропроцессорных защит для выполнения функций режимного управления трансформаторами понижающих подстанций с целью снижения потерь холостого хода. Описаны основные алгоритмы работы данных устройств. Даны рекомендации по выбору типов выключателей на подстанции при внедрении автоматических устройств управления режимом трансформаторов.

Определены условия эффективного внедрения автоматических устройств управления режимами работы трансформаторов.

Оптимизация режимов работы трансформаторов двухтрансформаторных подстанций раскрывает весомый потенциал эффективного энергосбережения — сокращения потерь электроэнергии в системах электроснабжения. Ручное и автоматическое режимное управление составом включенных трансформаторов понижающих подстанций в зависимости от графика электрических нагрузок являются основными способами снижения потерь мощности холостого хода.

На рисунке 1 показан годовой уровень максимально возможного сокращения потерь электроэнергии W холостого хода в зависимости от мощности установленных трансформаторов S для двухтрансформаторной подстанции 110 кВ.

Ручное управление применимо в крайне редких случаях, как правило, на двухтрансформаторных подстанциях, не имеющих потребителей первой категории и имеющих стабильный график нагрузки, значение мощности которого в любом режиме не превысит допустимую мощность перегрузки одного из трансформаторов (по значению величины и продолжительности). Анализ систем электроснабжения показывает, что по данному пункту резервы по оптимизации режима работы выбраны: практически на всех подстанциях данного типа в работе находится один трансформатор, второй выведен в резерв.

На подстанциях, имеющих потребителей первой категории и с наличием вероятности увеличения пропускной мощности

подстанции выше перегрузочной способности одного из трансформаторов, ручное управление недопустимо. На данных типах подстанций необходим автоматический переход от режима работы одним трансформатором к режиму работы двумя и наоборот. Автоматический переход требует наличия на подстанции специальных аппаратных средств.

В настоящее время могут быть рекомендованы к внедрению на подстанциях два технических способа реализации функции режимного управления трансформаторами двухтрансформаторной подстанции: использование устройства включения резервного трансформатора (УВРТ) НПП «АСАТ», использование микропроцессорного терминала релейной защиты с достаточно гибкой внутренней логикой. Анализ применения обоих способов показывает, что использование микропроцессорных терминалов РЗА для выполнения функций режимного управления трансформаторами наиболее полно отвечает современным требованиям.

Рассмотрим применение устройства управления режимом трансформатора (УУРТ) на основе микропроцессорного блока РЗА с достаточно гибкой внутренней логикой для двухтрансформаторной подстанции как наиболее характерной подстанции для систем электроснабжения (рис. 2). Данное устройство применимо для подстанций с первичным напряжением 110; 35; 10(6) кВ, имеющих выключатели на стороне высшего ($Q_{вн1}$, $Q_{вн2}$), низшего напряжения трансформаторов ($Q_{нн1}$, $Q_{нн2}$) и выключатель в секционной перемычке шин низкого напряжения ($Q_{св}$). Устройство применимо для трехобмоточных трансформаторов и трансформаторов с расщепленной обмоткой низкого напряжения. Более того, концепция использования микропроцессорных терминалов РЗА для выполнения функций УУРТ позволяет управлять режимом работы трансформаторов на многотрансформаторных подстанциях. Параметры сети электроснабжения и трансформаторов должны позволять кратковременное включение последних на параллельную работу.

Основные функции УУРТ следующие:

- отключение одного из трансформаторов при снижении нагрузки до значения, когда экономически целесообразно иметь в работе один трансформатор;
- восстановление нормального режима — включение резервного трансформатора при увеличении нагрузки до значения, когда экономически целесообразно иметь в работе два трансформатора.

В исходном режиме включены $Q_{вн1}$, $Q_{нн1}$, $Q_{св}$; отключены $Q_{вн2}$ и $Q_{нн2}$. Питание обеих секций шин низкого напряжения осуществляется от трансформатора Т1. При увеличении тока

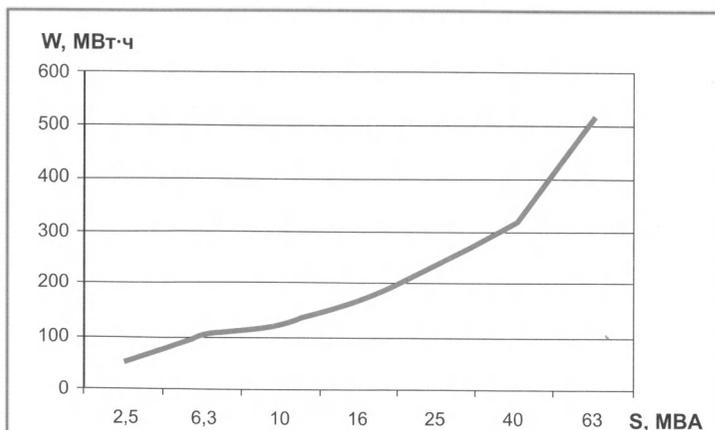


Рис. 1. График годового уровня максимально возможного сокращения потерь электроэнергии W холостого хода в зависимости от мощности S установленных трансформаторов двухтрансформаторной подстанции 110 кВ

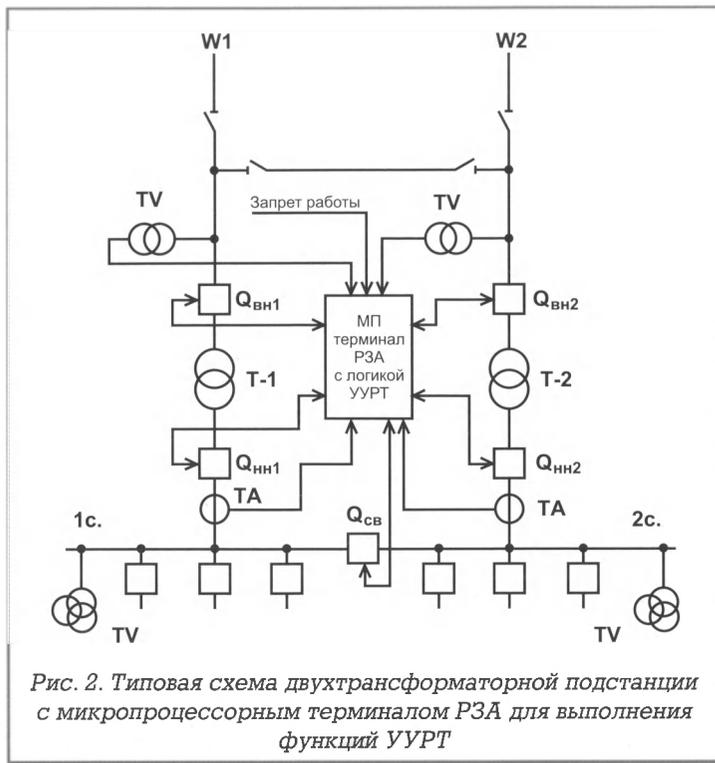


Рис. 2. Типовая схема двухтрансформаторной подстанции с микропроцессорным терминалом РЗА для выполнения функций УУРТ

нагрузки потребителей и наличии напряжения на линии W2 с выдержкой времени включаются $Q_{вн2}$ и $Q_{нн2}$. После успешного включения вышеназванных выключателей отключается $Q_{св}$. Таким образом, на время переключения выключателей трансформаторы включаются на параллельную работу для исключения провала напряжения. Далее осуществляется раздельное питание секций шин НН.

При уменьшении суммарного тока нагрузки потребителей 1-й и 2-й секций шин НН с выдержкой времени включается $Q_{св}$. После успешного включения секционного выключателя отключаются $Q_{вн2}$ и $Q_{нн2}$.

Работа УУРТ должна иметь блокирующий орган с пуском по дискретным входам терминала (с фиксацией или без нее в зависимости от индивидуальных условий) для случаев:

- пуска и срабатывания защит, в зоне действия которых находится трансформатор и шины низкого напряжения, пуска защит отходящих присоединений;
- пуска АВР секций НН и трансформаторов, пуска устройств противоаварийной автоматики (ПА);
- отсутствия синхронизма (в случаях включения трансформаторов на параллельную работу в цикле работы УУРТ при питании от различных систем);
- понижения температуры, при которой запрещено включение трансформаторов из холодного резерва (только для систем охлаждения Ц, ДЦ, НЦ, НДЦ);
- оперативного запрета работы УУРТ;
- в других случаях, в зависимости от индивидуальных условий.

Блокировка УУРТ исключает факт подачи напряжения на поврежденный участок схемы электроснабжения, а также возможные случаи неправильной работы ПА при внесении изменений в первичную схему подстанции работой УУРТ. Количество блокирующих сигналов зависит от многих факторов: схемы внешнего электроснабжения, схемы подстанции, типа оборудования и др. Поэтому для каждого энергообъекта в индивидуальном порядке необходимо рассматривать списки блокирующих сигналов.

Как правило, выбор выдержки времени на включение и отключение трансформатора в несколько минут селективно отстраивает работу УУРТ от работы защит и ПА, АВР, самозапуска двигателей. В данном случае количество блокирующих сигналов сокращается до двух, трех штук.

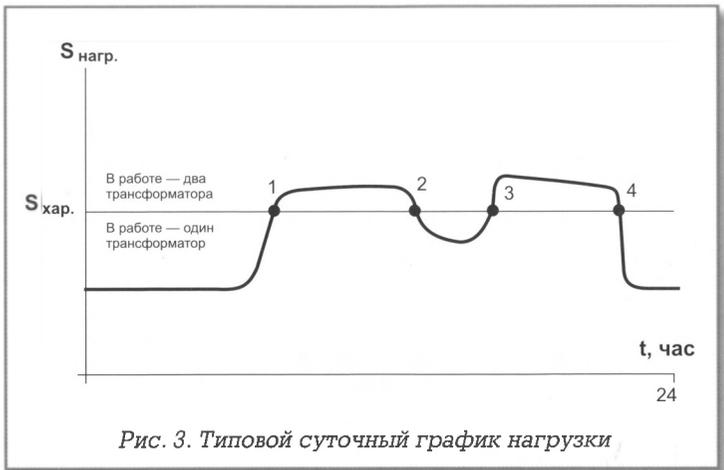


Рис. 3. Типовой суточный график нагрузки

При использовании микропроцессорных терминалов с ограниченным набором аналоговых, дискретных входов и выходов предусматривается выполнение токовых цепей на сумму токов обоих трансформаторов, а цепи контроля напряжения, положения и управления выключателями вводов силовых трансформаторов должны иметь коммутационный аппарат для подключения вышеназванных цепей к одному из трансформаторов. В любой момент к устройству могут быть подключены цепи напряжения, контроля и управления только одного трансформатора — вывешенного в резерв. Для равномерного износа трансформаторов и их выключателей действие устройства периодически переключается на первый или второй трансформатор.

При использовании микропроцессорных терминалов с достаточным количеством входов и выходов или с возможностью установки дополнительных модулей расширения, цепи тока, напряжения, контроля и управления выключателями каждого трансформатора подсоединяются к отдельным входам и выходам. В этом случае в программной части терминала создаются функциональные блоки соответствующих алгоритмов. Контакты выходных реле включаются в схемы управления выключателей и сигнализации с учетом перегрузочной и коммутационной способности контактов выходных реле.

Монтаж, наладка, эксплуатация УУРТ с применением микропроцессорного реле должны производиться в соответствии с действующими ПУЭ, ПТЭ, нормами и правилами. Эксплуатация самих терминалов должна вестись в соответствии с Руководством по эксплуатации терминала.

На рисунке 3 показан типовой суточный график нагрузки подстанции. Значение $S_{хар.}$ соответствует суммарной характеристической нагрузке потребителей подстанции, когда потери активной мощности в одном трансформаторе равны потерям в двух трансформаторах. Следовательно, значение $S_{хар.}$ нагрузки и определяет точки наиболее выгодного перехода от режима работы одним трансформатором к режиму работы двумя трансформаторами (точки 1, 3) и наоборот (точки 2, 4).

Эффективность внедрения на подстанции УУРТ зависит от многих факторов. Одними из основных являются мощность трансформаторов подстанции и форма графика нагрузки потребителей.

На рисунке 4 показана зависимость минимального срока окупаемости T проекта внедрения УУРТ от мощностей S установленных на подстанции трансформаторов. Минимальный срок окупаемости будет соответствовать режиму подстанции с включенным в работу одним трансформатором, когда это позволяет осуществить график нагрузки потребителей. В данном режиме второй трансформатор готов к автоматическому включению при увеличении нагрузки подстанции выше экономически обоснованного значения (наброс нагрузки на подстанцию при изменении устоявшейся схемы питания потребителей). Срок окупаемости принципиально не зависит от напряжений подстанции, основополагающим критерием является мощность

трансформаторов. Следует отметить, что срок окупаемости определялся исходя из следующих условий:

- схема подстанции содержит все необходимые для внедрения УУРТ коммутационные аппараты, трансформаторы тока и напряжения, т.е. отсутствует необходимость расходов на закупку и ввод в эксплуатацию данного оборудования;
- УУРТ построено на основе микропроцессорного реле отечественного производства МР700 РУП «БЭМН»;
- расчет стоимости расходных материалов, монтажа и наладки произведен по минимальным расценкам.

Минимальный срок окупаемости проекта внедрения УУРТ при вышеназванных условиях для трансформаторов мощностью более 2,5 МВА составляет менее 1 года, эффективность внедрения велика.

На рисунке 5 показана зависимость срока окупаемости проекта T внедрения УУРТ от коэффициента загрузки трансформаторов K_z (для трансформаторов относительно малой (100 кВА) и большой (63 МВА) мощности). Анализ графиков показывает, что при K_z обоих трансформаторов подстанции, имеющих значение более 0,4, внедрение УУРТ нецелесообразно. Соответственно, чем менее загружены трансформаторы, тем меньший срок окупаемости будет иметь проект внедрения УУРТ.

При внедрении УУРТ необходимо учитывать количество циклов включения-отключения выключателей устройством исходя из графика нагрузки потребителей. Например, для выключателей МКП-110 ресурс до капитального ремонта при рабочих токах, равных номинальному, составляет 140 отключений, а для выключателей ВЭБ-110 — 5000. Следовательно, для подстанции с графиком нагрузки рис. 2 выключатели трансформаторов

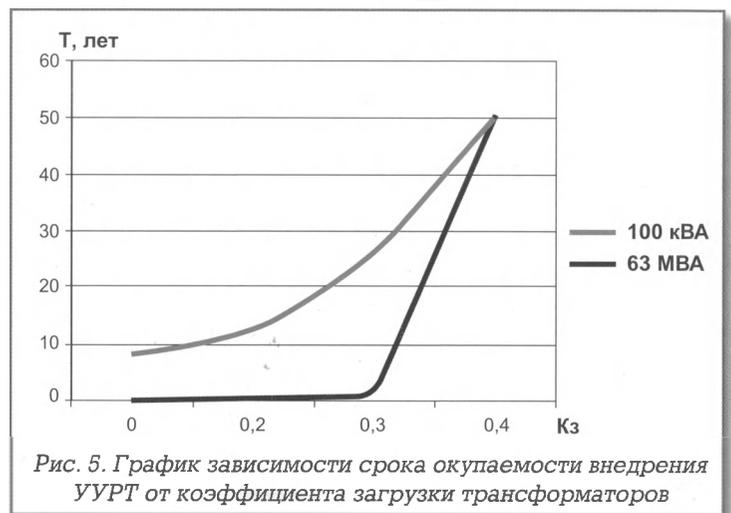


Рис. 5. График зависимости срока окупаемости внедрения УУРТ от коэффициента загрузки трансформаторов

стороны 110 кВ нужно будет подвергать капитальному ремонту через 70 и 2500 суток соответственно. Для подстанций с графиком нагрузки, требующим УУРТ производить ввод-вывод трансформатора каждые сутки и чаще, будет оправданно применение элегазовых или вакуумных выключателей.

Выводы

Внедрение УУРТ позволяет сокращать потери мощности холостого хода трансформаторов, как следствие, высвобождает значительное количество электроэнергии. Эффективность внедрения на двухтрансформаторных недогруженных по мощности подстанциях автоматических устройств управления режимами трансформаторов очень велика, сроки окупаемости мизерные. Для наибольшей эффективности в современных условиях для автоматических устройств управления режимами работы трансформаторов требуется применение микропроцессорных терминалов РЗА или промышленных контроллеров со свободнопрограммируемой логикой.

Литература

1. НПП «АСАТ». Приборы и устройства микропроцессорные адаптивные. Пума 4110. Устройство включения резервного трансформатора. Руководство по эксплуатации. 2009.
2. Евминов, Л.И., Гуминский, А.Н. «Устройство управления режимом работы трансформаторов»// Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2009. № 1.
3. Грунтович, Н.В., Гуминский, А.Н. «Оптимизация режимов работы силовых трансформаторов понижающих подстанций — весомый потенциал эффективного энергосбережения»// Энергоэффективность. 2011. № 8.



Рис. 4. График зависимости срока окупаемости проекта внедрения УУРТ от мощности трансформатора



ТЕРМО-К

РАЗРАБОТКА • ПРОИЗВОДСТВО • СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ



электромагнитных
теплосчетчиков и расходомеров

регуляторов тепловой энергии
и регулирующих клапанов

г. Минск, пр. Победителей, 21

т./ф. (017) 226 77 44

www.thermo-k.by