

УДК 621.316.1; 631.371

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ЗОН НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ПОДСТАНЦИИ  
ON THE ISSUE OF THE CHOICE OF INSENSITIVITY ZONES OF THE ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF THE TWO-TRANSFORMER CONSUMER SUBSTATION

Счастный В.П., к-т. техн. наук, доцент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь  
V. Schasny, Candidate of Technical Sciences. Docent  
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

*Аннотация. В статье рассмотрены вопросы управления оборудованием адаптивной системы двухтрансформаторной потребительской подстанции, необходимость выбора зон нечувствительности срабатывания оборудования с целью избежания нежелательных переключений.*

*Annotation. The article discusses the management of the adaptive system of the two-transformer consumer substation, the need to select areas of insensitivity of the equipment to avoid unwanted switches.*

Ключевые слова: трансформаторная подстанция, адаптивная система, компенсация реактивной мощности, зоны нечувствительности.

Keywords: transformer substation, adaptive system, removable power compensation, insensitivity zones.

## ВВЕДЕНИЕ

Использование высокотехнологичного оборудования на современных промышленных предприятиях с регулируемым электроприводом на базе управляемых тиристорных устройств, источников бесперебойного питания электроприемников, современных аппаратов электросварки и дуговых электрических печей, установок индукционного нагрева, газоразрядных источников излучения приводит к изменению характера и баланса нагрузок в электрических сетях. Увеличивается доля нагрузки с нелинейными характеристиками, уменьшается пропускная способность электрических сетей, ухудшается качество электроэнергии и надежность электроснабжения. Не обеспечиваются нормальные условия работы электроприемников, возрастают потери. Важную роль в нормальном функционировании электрообеспечения предприятия играют потребительские трансформаторные подстанции, их надежность и экономичность. Они должны быть с адаптивной системой управления оборудованием. Эта система должна иметь возможность регулирования напряжения, уровня реактивной мощности и высших гармоник тока и напряжения, автоматическое повторное включение, оперативное переключение ввода-вывода трансформаторов на параллельную работу, включение и отключение коммутационных аппаратов отходящих линий низкого напряжения, блокировки от обратной трансформации,

обеспечивать взаимосвязь регулирования различных параметров и релейной защиты. Адаптивная система управления оборудованием трансформаторной подстанции должна иметь управляющую связь с более высоким уровнем энергосистемы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Построение адаптивной системы управления оборудованием трансформаторной подстанции с применением цифровых мультиметров и анализаторов должно выполняться с учетом возможности расширения своих функциональных возможностей. Набор оборудования, коммутационных аппаратов и функциональных возможностей адаптивной системы должен быть экономически обоснован.

При выборе архитектуры построения адаптивной структуры управления оборудованием конкретной потребительской трансформаторной подстанцией необходимо учитывать ряд факторов: наличием на предприятии дежурного персонала (диспетчерской), существующую степень автоматизации, аналоговых или цифровых каналов связи, возможность размещения оборудования в распределительном пункте подстанции с необходимыми температурными условиями, финансовые возможности предприятия др.

Наиболее дорогостоящая архитектура, представляющая реализацию функции измерения, управления, защита, передачи данных и т. д. для трансформаторной подстанции с использованием многочисленных мультиметров с программным обеспечением и мощные серверные платформы, расположенные в серверном помещении и способные обрабатывать большое количество данных и решать множество алгоритмических задач в режиме реального времени. Для потребительских подстанций это недоступно. Можно расширить возможности имеющихся систем управления и защиты. В этом случае использовать устройства, отвечающие за отдельные функции. Например, на каждый фидер установить цифровой терминал с контроллером присоединения, заменить блок аналогового ввода и дискретного ввода-вывода на цифровой интерфейс, добавить аналоговые и дискретные сопряжители, сетевые коммутаторы и т. д. Разработанных устройств для достижения этой архитектуры с использованием поддержки протоколов HART, Modbus и другие достаточно много. Однако, такой подход тоже весьма затратный для потребительской подстанции. Наиболее приемлемый, на мой взгляд, использование основного регулятора (сервера) на базе сервисных платформ небольшой производительности, позволяющего выполнять наиболее необходимые поставленные задачи для потребительской трансформаторной подстанции.

На рисунке 1 представлена предлагаемая схема адаптивной системы управления потребительской двухтрансформаторной подстанцией.

Двухтрансформаторная подстанция содержит набор силового оборудования, коммутационных аппаратов, датчиков тока и напряжения, расположенных в распределительных устройствах высокого и низкого напряжения.

Блоки силового оборудования отходящих линий снабжены коммутационными аппаратами, датчиками тока и напряжения, обеспечивающими возможность контроля состояния аппаратов и формирования управляющих сигналов для дистанционного управления с блока регулятора. Принцип работы регулятора основан на анализе поступающих сигналов с блоков контроля токов и

напряжений, анализаторов качества напряжений, формирования управляющих сигналов с помощью программного обеспечения и заданных режимов [1]. Это позволяет управлять коммутационными аппаратами, осуществлять контроль их включения и отключения, выбирать оптимальный уровень компенсации реактивной мощности, высших гармоник тока и напряжения, не выходя за допустимые пределы уровня напряжения. Количество ступеней регулирования установки компенсации реактивной мощности (КРМ) выбирается после предварительного обследования объекта и установки надбавки с помощью переключателя без возбуждения на трансформаторах с учетом требований к трансформаторам при параллельной работе [2].

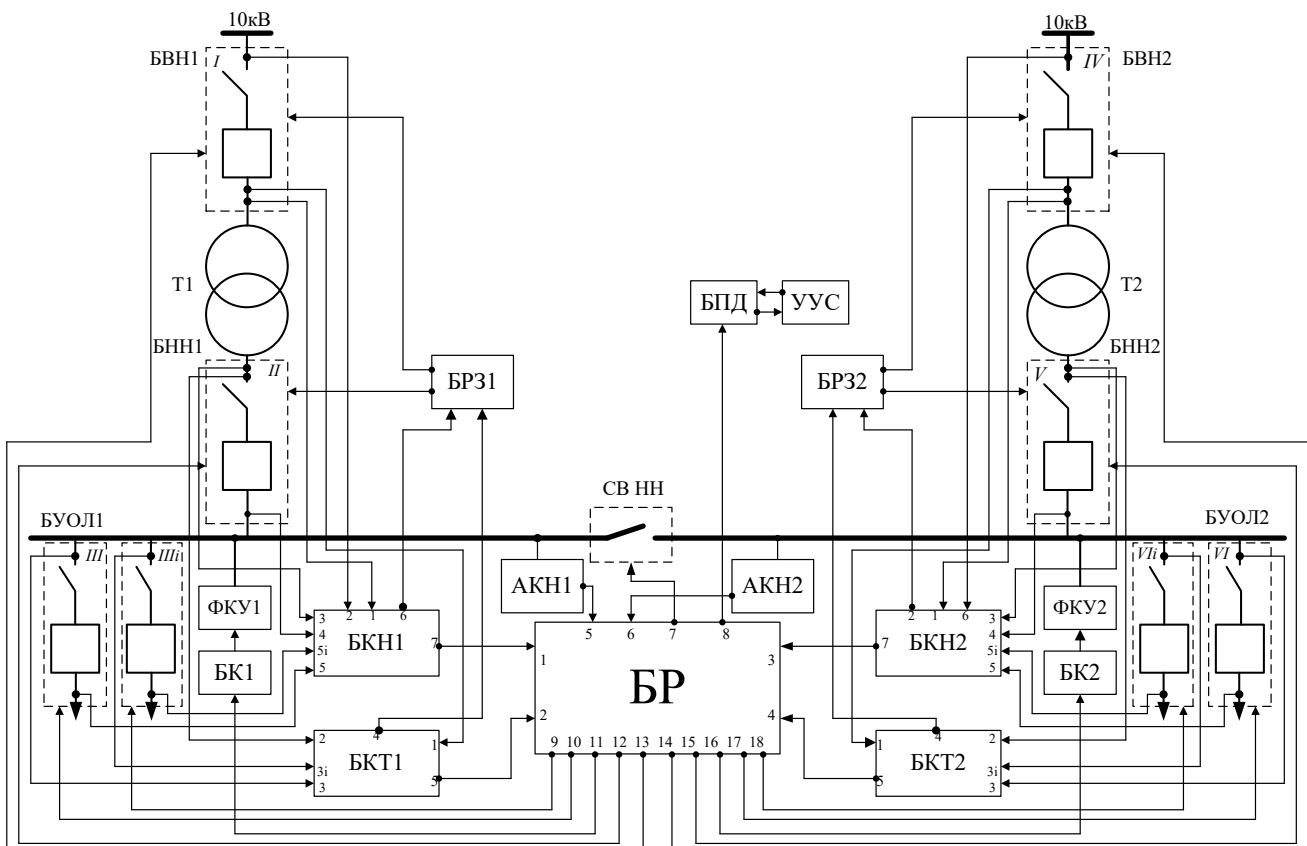


Рисунок 1 – Схема адаптивной системы управления потребительской двухтрансформаторной подстанции: БВН1, БВН2, БНН1, БНН2 – управляемый блок силового оборудования высокого и низкого напряжения; БКН1, БКН2 – блок контроля напряжений; БКТ1, БКТ2 – блок контроля токов; ФКУ1, ФКУ2 – фильтро-компенсирующее устройство; БК1, БК2 – блок коммутации; АКН1, АКН2 – анализатор качества напряжения; БР – блок регулятор; СВНН – секционный выключатель низкой стороны; Т1, Т2 – силовой трансформатор; БРЗ1, БРЗ2 – блок релейной защиты; БУОЛ1, БУОЛ2 – управляемый блок силового оборудования отходящих линий; БПД – блок передачи данных; УУС – удаленная управляющая связь с диспетчерской и более высоким уровнем энергосистемы

В представленной схеме не используются КРМ с блоками статических конденсаторов, так как они очень чувствительны к перегрузкам по току, которые зависят от несинусоидальности напряжения. Для подавления высших гармоник требуются силовые фильтры, представляющие собой последовательно включенные

емкости и индуктивности с частотой настройки (резонанса) на конкретную гармонику сети [3]. Поэтому, целесообразно использовать фильтро-компенсирующие устройства (ФКУ). Работа ФКУ в представленной схеме основана на анализе токов, напряжений, реактивной мощности, токов высших гармоник при заданной последовательности подключения отдельных ступеней. В программе формирования управляющих сигналов взят порядок возрастания номера гармоник. Токораспределение высших гармоник производится в соответствии с алгоритмом переключения ступеней от низшего уровня к высшему и наоборот, с контролем тока блока статических конденсаторов, включенных для компенсации реактивной мощности.

Наиболее сложная задача при разработке адаптивной системы состоит в учетывании факторов взаимовлияния различных режимов регулирования и оперативных переключений на трансформаторной подстанции. Согласно заданному режиму регулирования реактивной мощности, отклонения напряжения, обеспечения синусоидальности напряжения на стороне низшего напряжения подстанции должны поддерживаться в допустимом диапазоне [4]. Предел между минимальным и максимальным значениями заданных режимов определяется как уровень безопасности. В этом уровне формируются команды «повышение» - «понижение», «включение» – «отключение». Однако, особенно при резко переменной нагрузке, наличии технических средств встречного регулирования (РПН), возникают кратковременные величины формирующие вышеуказанные команды. Поэтому, во избежании нежелательных переключений, необходимо вводить зоны нечувствительности. При этом, если несколько режимов регулирования воздействуют на один и тот же показатель, следует задавать различные выдержки по времени и «преорететность». Например, сформированы команды на включение секции ФКУ и переключения надбавки на РПН. Зона нечувствительности для РПН выше чем ФКУ, так как «преоретет» ФКУ в компенсации реактивной мощности, что приводит к изменению уровня напряжения. Технических средств для встречного регулирования напряжения на шинах 0,4 кВ потребительских подстанций нет, вследствие чего при максимальной нагрузке отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ обычно отрицательные, а при минимальной нагрузке, положительные. Это надо учитывать при выборе надбавки на трансформаторе подстанции с учетом выбора ФКУ конкретного объекта и разработке программного обеспечения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование предложенного устройства адаптивного управления потребительской двухтрансформаторной подстанции позволяет повысить качество электроэнергии, пропускную способность сетей и их надежность, уменьшить потери. Правильный выбор зон нечувствительности в пределах уровня безопасности требуемых параметров регулирования позволяет адаптивной системе управления трансформаторной подстанции поддерживать в автоматическом режиме уровень напряжения, реактивную мощность, уровень высших гармоник, что благоприятно сказывается на работе релейной защиты, отсутствии отказов и ложных срабатываний оборудования.

Адаптивная система управления потребительской двухтрансформаторной подстанцией может управляться и удаленно. Все параметры работы подстанции архивируются и доступны как в текущем времени, так и за определенный период. Информация хранится в блоке памяти регулятора и по запросу, через блок передачи данных, выводится на диспетчерский пункт, а также предоставляется в другие организации. На удаленном блоке управляющей связи с диспетчерской или более высоким уровнем энергосистемы существует возможность, как принимать информацию, так и давать команду на включение или отключение ФКУ, управлять коммутационными аппаратами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Счастный, В.П. Устройство управления оборудованием двухтрансформаторной подстанции при параллельной работе трансформаторов / В.П. Счастный, А.И. Зеленкевич // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 55–58.

2. Счастный, В.П. Особенности выбора установок компенсации реактивной мощности / В.П. Счастный, А.И. Зеленкевич // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., в 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 393–394.

3. Прокопчик, В.В. Повышение качества электроснабжения и эффективности работы электрооборудования предприятий с непрерывными технологическими процессами: Монография / Под ред. д.т.н., проф. Б.И. Кулрина. – Гомель: Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», 2002 – 283 с., ил.

4. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.