

УДК 621.311

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Л. И. ЕВМИНОВ

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

А. Н. ГУМИНСКИЙ

*РУП «Витебскэнерго» Оршанская ТЭЦ,
Республика Беларусь*

Постановка задачи и краткое описание путей решения

В условиях постоянного увеличения цен на топливно-энергетические ресурсы остро стоит проблема энергосбережения, затрагивающая все отрасли народного хозяйства страны. Актуальна данная проблема и для энергетики.

Анализ систем электроснабжения показывает, что большое количество понижающих подстанций работает с очень низким коэффициентом загрузки понижающих трансформаторов, и часто потери холостого хода превышают нагрузочные. Замена трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности экономически не целесообразна. Отключение одного из параллельно работающих трансформаторов ограничено по условиям надежности питания потребителей. Поэтому актуальной является разработка устройства управления режимом подстанции (УУРП), позволяющего подключать дополнительные мощности из «холодного» резерва при увеличении нагрузки потребителей. И как обратный процесс – выводить мощности в резерв при уменьшении нагрузки.

Возможны два принципа исполнения устройства включения и отключения трансформатора в зависимости от режима: управление по заданной временной программе (основа устройства – программируемое астрономическое реле времени, обеспечивающее срабатывание автоматики в определенное время суток, дни недели и т. д.) и управление непосредственно по параметру – нагрузке (основа устройства – токовое реле).

Схемы с программным управлением применимы, очевидно, только при строго стабильном во времени графике нагрузки и поэтому имеют ограниченную область использования. На практике в основном используются схемы с управлением по нагрузке [1]. Одним из первых таких устройств был автомат отключения и включения трансформатора, разработанный в институте Сельэнергопроект в 1977 г. [2].

В настоящее время разработаны специализированные устройства включения резервного трансформатора на микропроцессорной базе [3]. Однако данные устройства специализируются на выполнении строго определенной функции, что ограничивает их область применения и это сказывается в процессе эксплуатации и, как следствие, ограничивает возможности корректировки аппаратной и программной части.

Выбор схемного решения

В качестве примера произведем применение УУРП для двухтрансформаторной подстанции, наиболее характерной для систем электроснабжения (рис. 1). Данное

устройство применимо для подстанций с первичным напряжением 110; 35; 10(6) кВ, имеющих выключатели на стороне высшего и низшего напряжения. Описание схемы производится для подстанции 110/10 кВ с трансформаторами одинаковой мощности.

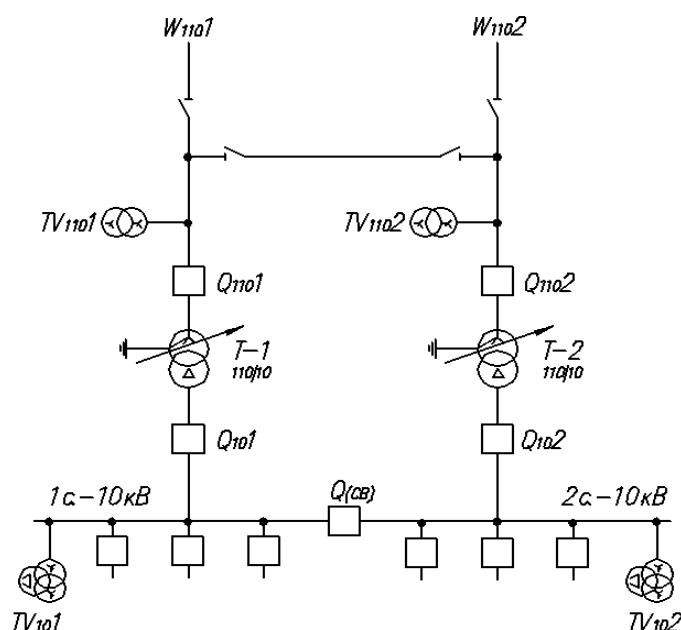


Рис. 1. Однолинейная схема подстанции

Основные функции УУРП следующие:

- Включение резервного трансформатора.

В нормальном режиме включены Q_{1101} , Q_{101} , секционный выключатель $Q_{(СВ)}$, отключены Q_{1102} и Q_{102} . Питание обеих секций 10 кВ осуществляется от трансформатора Т-1 при включенном $Q_{(СВ)}$. При увеличении тока нагрузки потребителей и наличии напряжения на линии W_{1102} с выдержкой времени $T_{(1)}$ включается Q_{1102} и отключается $Q_{(СВ)}$, включается Q_{102} (или включается Q_{1102} и Q_{102} , отключается $Q_{(СВ)}$). В этом случае осуществляется раздельное питание секций 10 кВ.

- Восстановление нормального режима – отключение одного из трансформаторов.

При уменьшении суммарного тока нагрузки потребителей 1 и 2 секций с выдержкой времени $T_{(2)}$ отключается Q_{1102} и Q_{102} , включается $Q_{(СВ)}$ (или включается $Q_{(СВ)}$, отключается Q_{1102} и Q_{102}).

При выборе элементной базы проектируемой схемы УУРП учитывался факт общепризнанного использования микропроцессорных устройств, преимущества которых очевидны.

УУРП возможно выполнить на микропроцессорном блоке релейной защиты, имеющем достаточно гибкую внутреннюю логику. К тому же, на данный момент, накоплен достаточно богатый опыт эксплуатации цифровых защит. За основу взят терминал МР700 отечественного производителя РУП «Белэлектромонтажналадка».

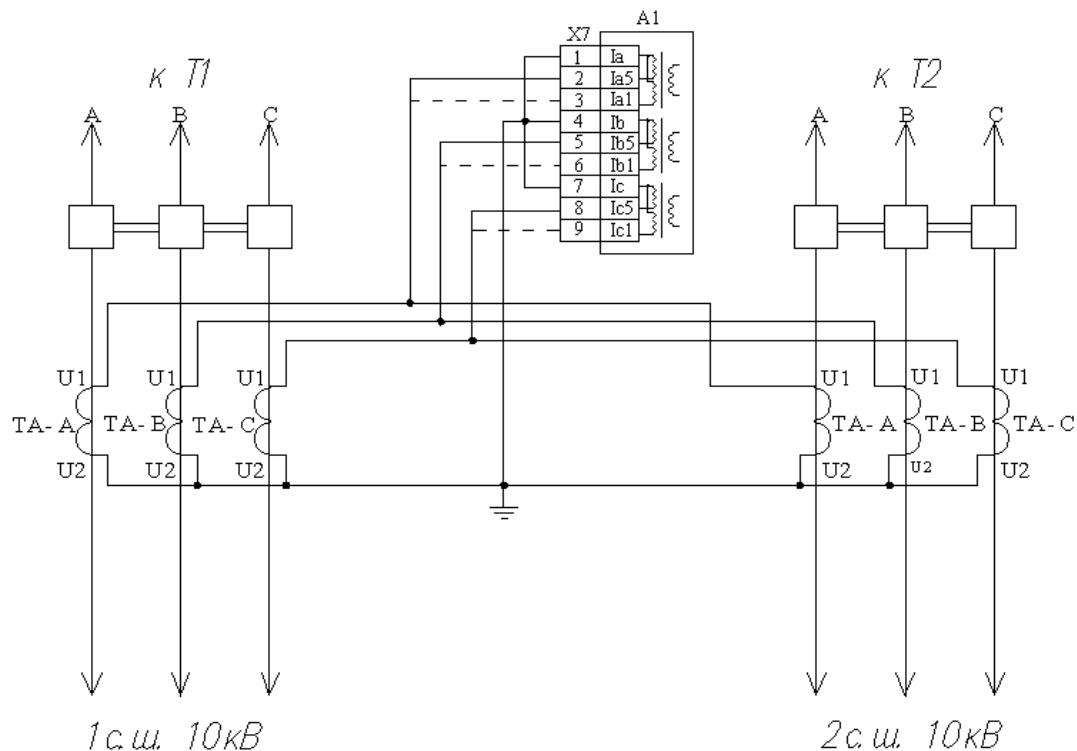


Рис. 2. Токовые цепи УУРП

Схема токовых цепей УУРП представлена на рис. 2 и выполнена на сумму токов обеих секций 10 кВ. Термическая устойчивость входных токовых цепей блока МР700 при длительном протекании тока составляет $2I_n$. При выборе коэффициента трансформации трансформаторов тока выключателей Q_{1101} и Q_{1102} необходимо предусмотреть выполнение условия:

$$I_2^{\text{MAX}} \leq 2I_I,$$

где I_2^{MAX} – максимальный суммарный вторичный ток нагрузки потребителей, А; I_I – номинальный ток измерительных цепей тока блока МР700 (1А, 5А).

Схема цепей напряжения изображена на рис. 3. В любой момент времени к УУРП могут быть подключены цепи напряжения только одной линии – резервной. Для этого испытательные блоки $SG1$ и $SG2$ имеют общую крышку.

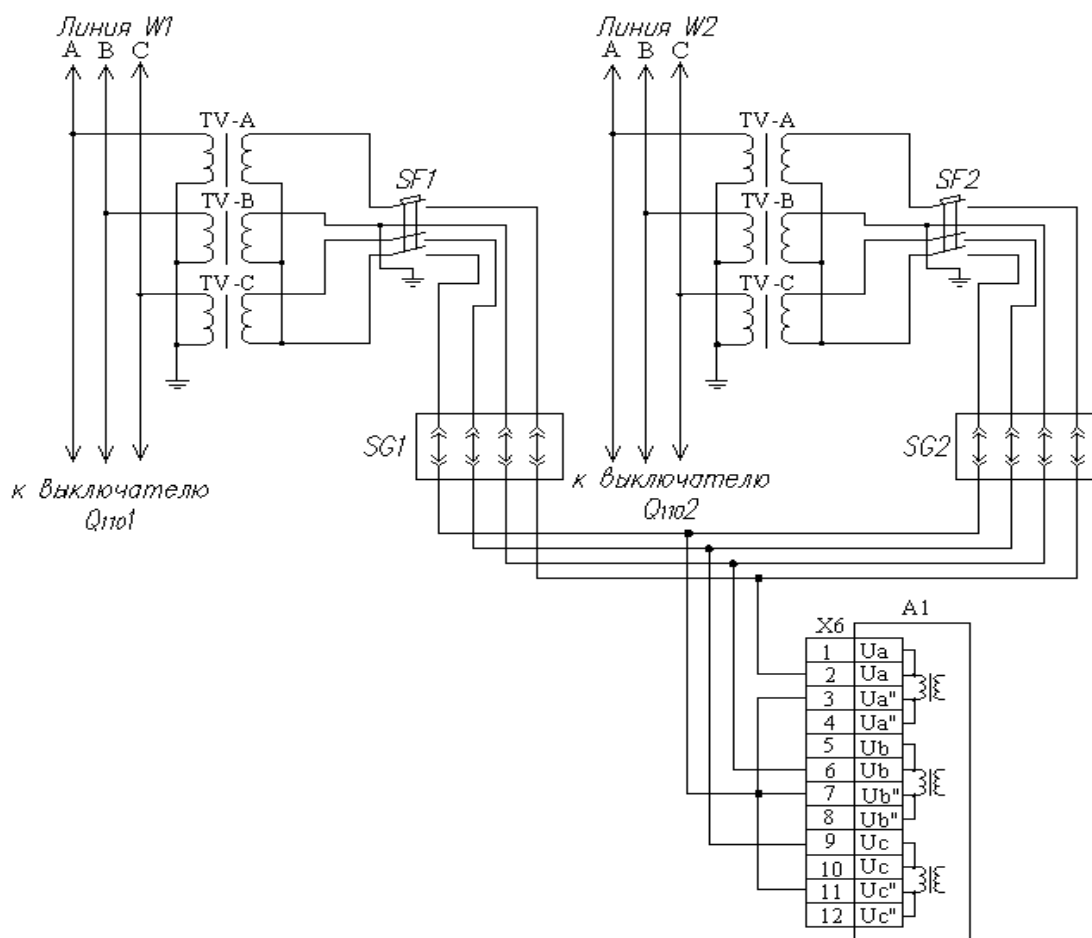


Рис. 3. Цепи напряжения УУРП

Составление алгоритмов работы УУРП

Алгоритм работы УУРП на включение резервного трансформатора изображен на рис. 4. Программным переключателем $S1$ производится выбор срабатывания максимальных токовых измерительных органов: по одной фазе или по всем фазам. Программный переключатель $S3$ производит ввод или вывод контроля напряжения на резервном источнике (линия W_{1102}). $S2$ обеспечивает выбор контроля напряжения резервного источника: по одной фазе или по всем фазам.

Входной сигнал (внешняя блокировка УУРП) используется для блокировки УУРП при необходимых условиях (срабатывание минимальной защиты секции 10 кВ, пуск АВР по напряжению, пуски токовых защит и др.). В нормальном состоянии данный сигнал должен иметь низкий уровень.

Входной сигнал (разрешение УУРП) используется для оперативного ввода-вывода УУРП. При введении в работу УУРП данный сигнал должен иметь высокий уровень.

Последовательность коммутации выключателей первичной цепи зависит от положения программных переключателей $S4$ и $S5$. При включенном $S4$ на (РПО $Q_{(CB)}$) команда на включение Q_{102} последует только после отключения $Q_{(CB)}$, для исключения параллельной работы трансформаторов. Команды управления с выходных реле снимаются после включения Q_{102} . При включенном $S5$ на (РПВ Q_{102}) и (РПВ Q_{1102}) команда на отключение $Q_{(CB)}$ последует только после включения Q_{102} и Q_{1102} , для

исключения провала напряжения на шинах 10 кВ (кратковременное включение трансформаторов на параллельную работу). Команды управления с выходных реле снимаются после отключения $Q_{(CB)}$. В любой момент времени ключи $S4$ и $S5$ находятся в разноименных положениях.

Алгоритм работы УУРП на отключение резерва (восстановление нормального режима) изображен на рис. 5. Программный переключатель $S6$ аналогичен по функциям переключателю $S1$ алгоритма работы на включение.

Последовательность коммутации выключателей первичной цепи зависит от положения программных переключателей $S7$ и $S8$. При включенном $S7$ на (РПВ $Q_{(CB)}$) команда на отключение Q_{102} и Q_{1102} последует только после включения $Q_{(CB)}$, для исключения провала напряжения на шинах 10 кВ (кратковременное включение трансформаторов на параллельную работу). Команды управления с выходных реле снимутся после отключения Q_{102} и Q_{1102} .

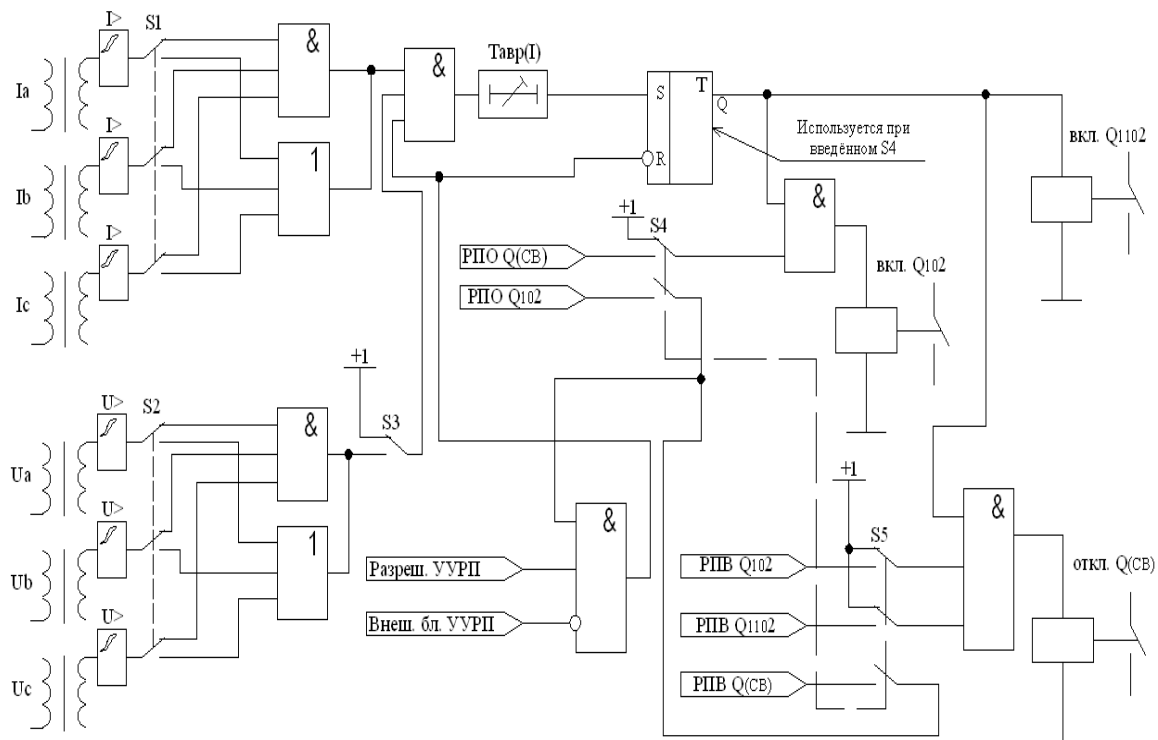


Рис. 4. Алгоритм работы УУРП на включение резерва

При включенном $S8$ на (РПО Q_{102}) и (РПО Q_{1102}) команда на включение $Q_{(CB)}$ последует только после отключения Q_{102} и Q_{1102} , для исключения параллельной работы трансформаторов. Команды управления с выходных реле снимутся после включения $Q_{(CB)}$. В любой момент времени ключи $S7$ и $S8$ находятся в разноименных положениях.

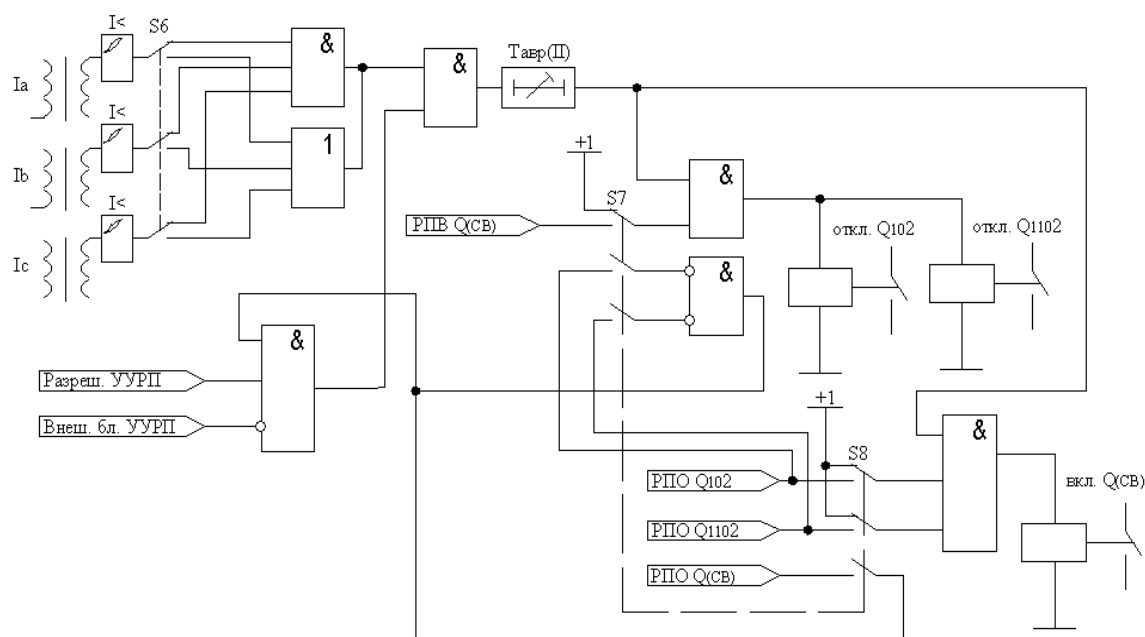


Рис. 5. Алгоритм восстановления нормального режима

Алгоритмы формирования аварийной и предупредительной сигнализации заложены в функциях МР700 и свободно конфигурируются под УУРП.

Для исключения проведения внеочередных высоковольтных испытаний оперативный персонал обязан следить, чтобы резервный трансформатор не пребывал в «холодном резерве» более оговоренного в нормативных документах [4] срока (три месяца). В противном случае необходимо менять местами функции резервного и рабочего трансформатора.

Проверка составленных алгоритмов на правильность логических операций

Проверка алгоритмов на правильность логических операций осуществляется на ПЭВМ. В программе Electronics Workbench составляются модели схем, согласно составленным алгоритмам. Затем, задаваясь различными значениями аналоговых и дискретных величин, осуществляется запуск схемы. По результатам срабатывания производится анализ. Совпадение результатов срабатывания с ожидаемыми результатами во всех возможных вариантах работы схемы указывает на правильность составленных алгоритмов.

Конфигурирование внутренней логики блока МР700 составленным алгоритмам

По составленным алгоритмам работы производится конфигурирование ступеней защит и внутренней логики блока. Количество требуемых аппаратно-программных функций сведем в таблицу.

Аппаратно-программные функции

Аппаратно-программные функции (в соответствии с алгоритмами)	Требуемое количество, шт.	Возможности МР700, шт.
Цепи измерения тока: (I_a, I_b, I_c)	3	4
Цепи измерения напряжения: (U_a, U_b, U_c)	3	4

Аппаратно-программные функции (в соответствии с алгоритмами)	Требуемое количество, шт.	Возможности МР700, шт.
Свободно программируемые дискретные входы: [Разрешение УУРП], [Внешняя блокировка УУРП], [РПО $Q_{(CB)}$ (инв. РПВ $Q_{(CB)}$)], РПО Q_{102} (инв. РПВ Q_{102}), [РПО Q_{1102} (инв. РПВ Q_{1102})], [2 группы уставок]	6	16
Свободно программируемые реле: [вкл. $Q_{(CB)}$], [откл. $Q_{(CB)}$], [вкл. Q_{102}], [откл. Q_{102}], [вкл. Q_{1102}], [откл. Q_{1102}], [срабат. УУРП(>I)], [срабат. УУРП(<I)]	8	8
Внутренний логический сигнал «И (И-НЕ)»	2	4
Выходной логический сигнал	6	8
Внутренняя логика «внешние защиты»	1	8
Группа уставок	2	2

Конфигурирование блока возможно производить: с лицевой панели функциональными клавишами с использованием ПЭВМ и специализированного прикладного программного обеспечения «УниКон» или «МР-конфигуратор». Указанные программы имеют интуитивный дружественный интерфейс, свойственный Windows-совместимым приложениям, что позволяет сократить время и возможность допущения ошибок при конфигурировании блока.

Заключение

Разработка устройства управления режимом работы трансформаторов в настоящее время является достаточно актуальной, поскольку проблема энергосбережения актуальна как для промышленных предприятий, так и для объектов энергосистем, на которых эксплуатируются силовые трансформаторы.

Используя возможности и расширив функции современных микропроцессорных терминалов релейных защит, показана возможность управления режимом работы трансформаторов в зависимости от их электрической нагрузки, что является перспективным решением в области электроэнергетики. Разрабатывая соответствующие алгоритмы, данная концепция позволяет организовать управление режимом работы трансформаторов на подстанциях с любой первичной схемой распределительного устройства класса напряжения до 110 кВ включительно.

Литература

1. Цирель, Я. А. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях / Я. А. Цирель, В. С. Поляков. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. – Гл. 6. – С. 101.
2. Херсонский, А. С. Устройство автоматического включения и отключения одного из трансформаторов двухтрансформаторных подстанций / А. С. Херсонский, Я. М. Фексон // Электр. станции. – 1977. – № 4. – С. 79–81.
3. Пекелис, В. Г. Эффективное энергосбережение посредством режимного отключения незагруженных трансформаторов / В. Г. Пекелис, Е. В. Боровский // Энергия и менеджмент. – 2007. – № 5. – С. 32.
4. Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию : РД 16 363–87. – Пункт 8.1.