

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения: Учебник. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 564 с.
2. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
3. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. – М.: Знак, 2006. — 972 с: ил.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСКОРЕНИЯ УРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЭС

Митрофаненко А.Ю., Абеуов Р.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Анализ расчетов динамической устойчивости (ДУ) показывает, что наиболее тяжелыми с точки зрения обеспечения ДУ генераторов электростанций являются отключения сетевых элементов (воздушных линии) действием устройств резервирования при отказе выключателя (УРОВ), при трехфазных коротких замыканиях (КЗ) с отказом линейного выключателя. Такие возмущения приводят к возникновению кратковременного асинхронного режима (АР) генераторов (1–4 цикла), и только в тех случаях, когда КЗ происходит на воздушных линиях электропередачи (ВЛ) в непосредственной близости от шин электростанции – до 30% от длины ВЛ [1]. Несмотря на то, что длительность асинхронного режима является относительно небольшой, однако не для всех генераторов электроэнергетической системы (ЭЭС) она является допустимой.

Одним из известных способов позволяющих исключить возможность возникновения даже кратковременного АР, при таких возмущениях, является повышение скорости срабатывания устройств релейной защиты – в рассматриваемом случае ускорение УРОВ [2]. Однако, использование постоянного ускорения может привести к неселективному действию УРОВ, так как в этом случае оно будет осуществляться при КЗ любого вида, на всём протяжении ВЛ.

Для применения этого способа с целью обеспечения ДУ генераторов ЭЭС необходима разработка УРОВ, которое бы осуществляло ускорение только в случаях возникновения трехфазных КЗ в непосредственной близости от шин электростанции.

Для осуществления указанных действий устройство должно состоять из двух функциональных блоков, непосредственно УРОВ и вычислительного блока (ВБ), устройства вычисления места повреждения (УВМП) и устройства вычисления обратной последовательности (УВОП).

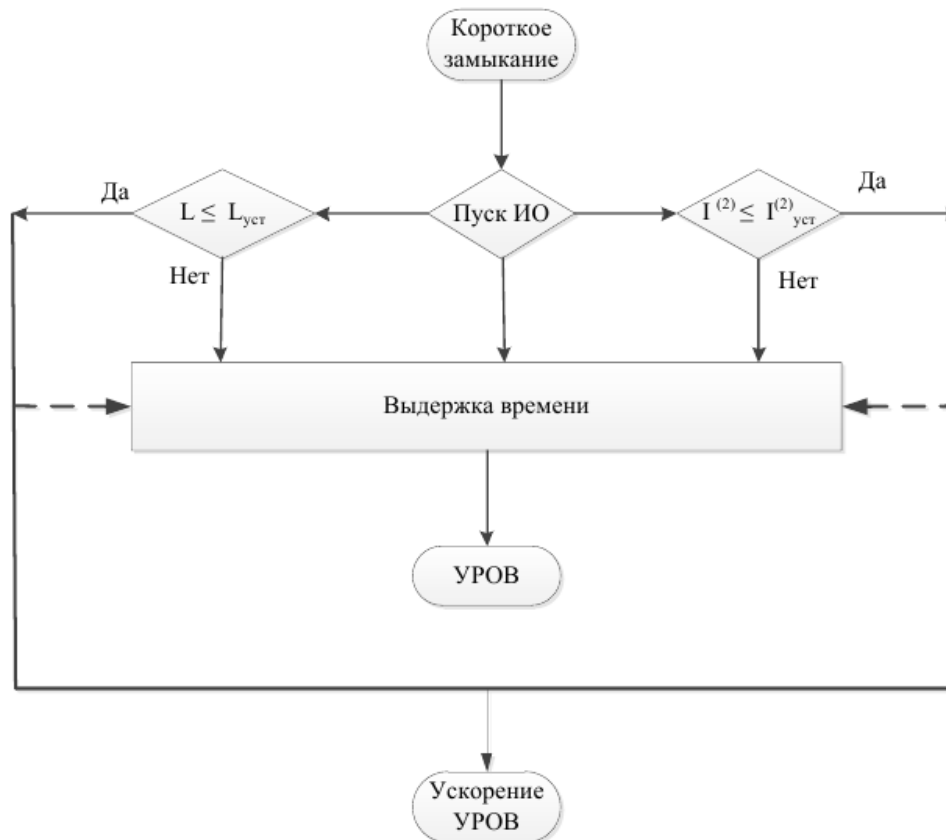
За основу, в качестве схемы устройства резервирования при отказе выключателя, приняты стандартные схемы с дублированным пуском или контролем исправностей цепей [2, 3]. Для обеспечения распознавания устройством резервирования при отказе выключателя вида и места КЗ, при которых необходимо осуществлять ускорение в него должны быть интегрированы УВОП и УВМП [3, 4]. Схема алгоритма предлагаемого устройства резервирования при отказе выключателя с ускорением приведена на Рис. 1.

Данная схема позволяет работать, как при обычном резервировании, так и при ускоренном. Ускорение означает, что УРОВ срабатывает без выдержки времени при выполнении условий: наличии активного сигнала от УВМП и УВОП.

Наличие УВОП в рассматриваемом алгоритме схемы УРОВ позволяет распознать среди всего массива коротких замыканий только трёхфазные КЗ, поскольку составляющая обратной последовательности тока КЗ присутствует во всех видах КЗ,

кроме трёхфазных. Работа УВОП основана на вычислении тока обратной последовательности и его сравнении с допустимой уставкой по току.

Интеграция УВМП в схему рассматриваемого УРОВ продиктована необходимостью вычисления расстояния до места КЗ и сравнения его с заданной уставкой.



**Рис. 1.** Структурная схема алгоритма модели УРОВ с ускорением

Ускорение УРОВ работает только при наличии двух активных сигналов, в остальных случаях (когда имеется только один активный сигнал) УРОВ действует по обычной схеме (пунктирные линии).

УРОВ запускается одновременно с действием основных защит при КЗ (блок «Пуск ИО»). Блок «Выдержка времени» необходим для формирования, необходимой выдержки на срабатывание УРОВ. Это выдержка формируется из времени отключения выключателя, времени возврата элемента контроля тока и времени запаса [3]. Кроме того, при выполнении пусковых условий выполняется формирование сигнала на запрет АПВ и выдается команда на отключение выключателей.

Важной проблемой разработки УРОВ является блок УВМП. Логичным решением здесь является установка устройства определения места повреждения (ОМП), однако как показывает опыт эксплуатации этих устройств [5] погрешность расчета удалённости замыкания не соответствует требованиям, указанным в заводских инструкциях (разброс до 40% длины ВЛ от места КЗ), в результате чего высока вероятность ложного срабатывания разрабатываемого устройства. Следует также отметить, что использование современных устройств ОМП в качестве органов определения расстояния в разрабатываемом УРОВ, потребует внесения ряда изменений в конструкцию серийно выпускаемых ОМП, что приведёт к дополнительным финансовым затратам.

Наиболее предпочтительным, видится использование в качестве органа определения электрической удалённости КЗ, в составе разрабатываемого УРОВ, первой ступени дистанционной защиты ВЛ, сопротивление которой отстроено от 30 % от длины линии:

$$Z_{сз}^I = 0,3 \cdot Z_{л}$$

Известно, что первая ступень дистанционной защиты срабатывает без выдержки времени [3]. Это даёт возможность использования её в качестве активного сигнала для срабатывания ускорения УРОВ в целях обеспечения ДУ синхронных генераторов ЭЭС. Оставшийся участок ВЛ должна охватывает вторая ступень дистанционной защиты, которая при необходимости может срабатывать с ускорением, отстроенной от первой ступени.

Иллюстрация работы разрабатываемого УРОВ, отражена на логической схеме реализации алгоритма УРОВ (Рис. 2).

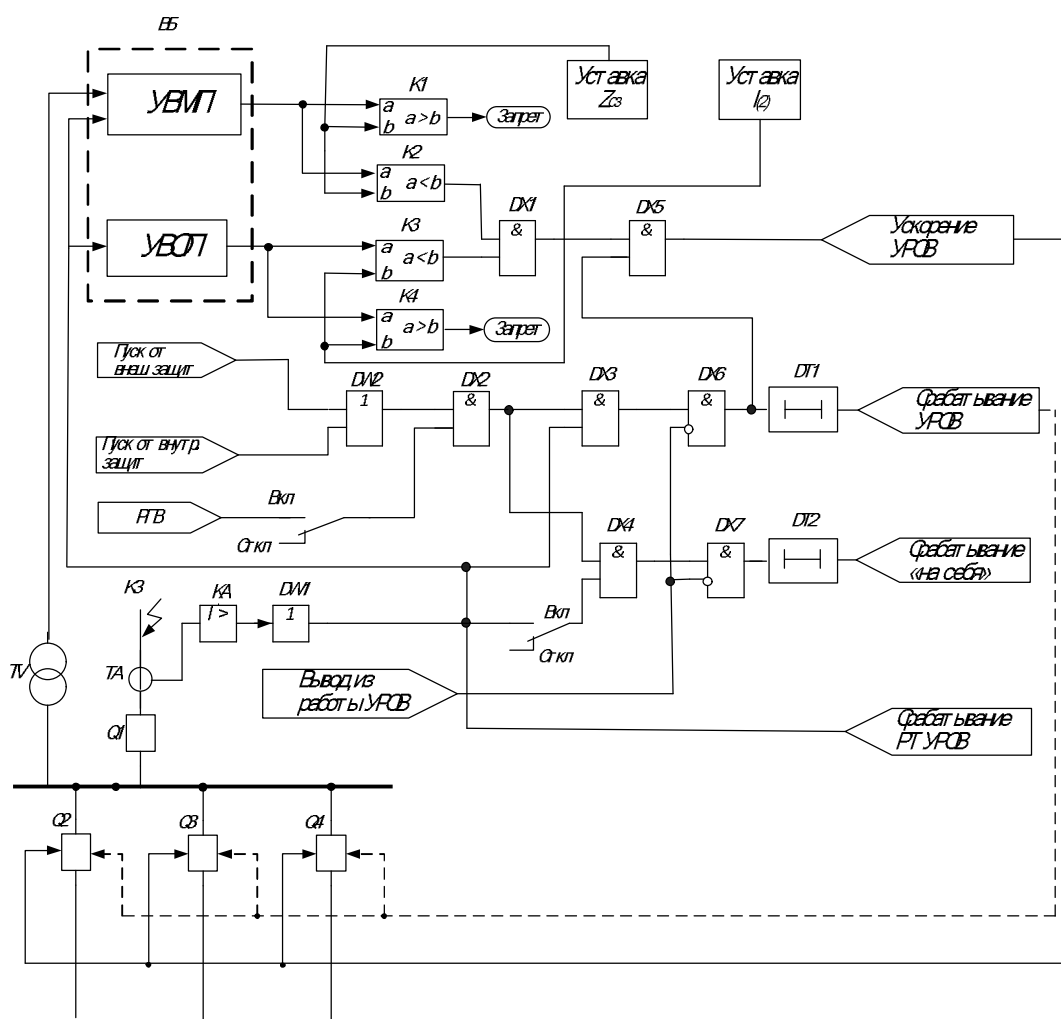


Рис. 2. Логическая схема реализации алгоритма УРОВ

Данное устройство УРОВ является универсальным, поскольку работает как при ускорении, так и при обычном резервировании. С помощью переключателей имеется возможность задания одной из стандартных схем УРОВ, с дублирующим пуском от защит с использованием сигнала от реле положения РПВ и автоматической проверкой исправности выключателя. Срабатывание УРОВ данной схемы возможно только при сработавшем органе тока КА.

Сигнал стандартного пуска УРОВ формируется следующим образом. При КЗ в некоторой точке на защищаемом присоединении, защита ВЛ формирует сигнал отключения (пуск от внешних либо от внутренних защит). Этот сигнал фиксируется схемой УРОВ и подводится через логический элемент DW1 к элементу DX3. При этом на еще не отключившемся выключателе Q1, элемент DX6 формирует сигнал пуска УРОВ через элемент задержки DT1 с заданной выдержкой времени. Если по истечению времени выключатель Q1 не отключится, то элемент задержки DT1 формирует команды отключения на все присоединения (штрихпунктирная линия), через которые ток подтекает к месту короткого замыкания (Q2, Q3, Q4). При срабатывании УРОВ, также формируется сигнал на запрет АПВ. В ином же случае, если Q1 отключится раньше, чем истечёт время выдержки DT1, схема приходит в исходное состояние вследствие исчезновения сигнала на выходе токового элемента КА.

Основной особенностью разрабатываемого УРОВ является наличие цепочки ускорения, позволяющей обеспечить динамическую устойчивость генераторов ЭЭС. Для обеспечения распознавания устройством резервирования при отказе выключателя вида и места КЗ, при которых необходимо осуществлять ускорение, с ним должны быть синхронизированы УВОП и УВМП (вычислительный блок ВБ).

Цепочка ускорения УРОВ должна прийти в действие только при наличии активного сигнала поступающего от УВОП и УВМП. Для этого в схеме предусмотрены компараторы (K1, K2, K3, K4), которые сравнивают полученные сигналы от ВБ с ранее заданными уставками. При выполнении заданных уставками условий сигналы проходят в логический элемент DX1, и далее с активным сигналом на действие УРОВ, через элемент DX5 происходит формирование сигнала на отключения всех присоединений данной секции шин, без выдержки времени (сплошная линия).

Для оперативного вывода из действия функции УРОВ в схеме предусмотрен вход «Вывод УРОВ». Отключение производится подачей на инверторный вход повторителей положительного сигнала (DX6, DX7), в результате чего происходит блокировка сигнала на данных элементах.

Предлагаемая схема УРОВ с ускорением может стать достаточно эффективным средством обеспечения ДУ генераторов при трехфазных КЗ на ВЛ, входящих в схему выдачи мощности электростанций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шабалина Ю. В., Абеуов Р. Б. Исследование влияния повышения быстродействия УРОВ на динамическую устойчивость генераторов ЭЭС // Электроэнергетика глазами молодежи: сборник докладов V международной молодежной научно-технической конференции, Т. 1. — С. 411-414
2. Таубес И.Р. Устройство резервирования при отказе выключателя 110 – 220 кВ. – М: Энергоатомиздат, 1988.-88 с.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007, 549 с.
4. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие для вузов. – М: Издательский дом МЭИ, 2010-336 с.
5. Гура Д. Н., Корольков А.Л. Оценка точности работы приборов ОМП с использованием метода натуральных испытаний на ЛЭП 220-330 кВ //Электроэнергетика глазами молодежи: сборник докладов VII международной молодежной научно-технической конференции, Т. 1. — С. 325-328