

ЗАЩИТА ПУСКОРЕЗЕРВНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ОБРЫВА ФАЗЫ В ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Сивокобыленко В. Ф., Асдо Талед Ахмед
Донецкий государственный технический университет
SVF@FCITA.DN.UA

For prevention of damage of drives of own needs for want of breakaway of phases of a feeding web the guards for revealing this mode for want of single course are offered and for want of it is offered to a load of the transformer. of the transformer to install, transformer of voltage and transformer of a current.

В настоящее время согласно "Руководящим указаниям по РЗА" [1] релейную защиту трансформаторов и электродвигателей с.н. электростанции выполняют без учета возможности возникновения неполнофазных режимов на питающих ЛЭП, на трансформаторах с.н., в цепи двигателей. Однако опыт эксплуатации показывает, что довольно часто возникают повреждения двигателей собственных нужд из-за их перегрева при неполнофазных режимах, что наносит большой экономический ущерб [2]. Наиболее часто возникают неполнофазные режимы при питании двигателей от пуско-резервного трансформатора (ПРТ) при обрыве фазного провода на питающей ЛЭП. Обрыв провода в цепи отдельных двигателей может иметь место при недовключении выключателя, при нарушении контакта в месте подсоединения кабеля и др.

В [3] предложены защиты от обрыва фазы в цепи асинхронного двигателя (АД). Однако эти защиты оказываются недостаточно эффективными, если обрыв фазы происходит на питающей ЛЭП или на трансформаторе, т.к. исчезновения тока в одной из фаз двигателя не происходит из-за схемы соединения в треугольник обмоток низшего напряжения питающего трансформатора, а также из-за генерации двигателями напряжения на оборванной фазе и взаимного обмена энергией по этой фазе между отдельными двигателями. В связи с этим необходимо выполнить также защиту от неполнофазного режима на трансформаторе.

Проведенный нами анализ показал, что необходимо особо обратить внимание на нагрузочный режим трансформатора при разземленной нейтрали обмотки высшего напряжения (ВН) и на режим его холостого хода, когда он находится в резерве. Первый случай обусловлен тем, что в энергосистемах с целью понижения уровня токов короткого замыкания нейтрали большинства понижающих трансформаторов 110 - 220 кВ, как правило, не заземляют. Это распространяется и на ПРТ собственных нужд электростанций. При обрывах фазы на питающей трансформатор линии токи нулевой последовательности при этом отсутствуют, а защиты, реагирующие на токи обратной последовательности, на трансформаторах не предусматривают [2], в связи с чем этот режим опасен для двигателей. Это подтверждается [1, 2], где отмечается, что на ряде электростанций имели место случаи выхода из строя двигателей с.н. при обрыве фазы на ЛЭП 110 - 220 кВ, питающих пускорезервные трансформаторы.

Второй случай требующий особого подхода при выполнении защиты трансформатора обусловлен так называемым "ждушим" режимом пускорезервного трансформатора, т.е. когда он находится в режиме х.х. и должен быть готов к обеспечению режима самозапуска асинхронных двигателей при работе АВР в схеме с.н. Если в этом режиме имел место невыявленный до этого обрыв фазы на ЛЭП, то вероятность неуспешного самозапуска и повреждения двигателей весьма высока.

С учетом изложенного в данной работе предложены защиты ПРТ, позволяющие выявить обрыв фазы как в режиме нагрузки, так и холостого хода.

Для этой цели разработаны: устройство сигнализации неполнофазного режима трансформатора, работающего на холостом ходу (УСНРТ), защита нагруженного трансформатора от неполнофазного режима на основе контроля токов нулевой и обратной последовательностей. Кроме того, предложено в цепи нейтрали обмотки ВН трансформатора вместо разъединителя установить короткозамыкатель с устройством автоматического его включения (УАВК) при возникновении обрыва фазы на ЛЭП. Благодаря этому представляется возможным резко снизить степень несимметрии токов в двигателях и даже в некоторых случаях обеспечить величину напряжения обратной последовательности, близкой к допустимой ПУЭ ($U_{2доп} = 0.02$).

УСНРТ состоит из:

- трансформатора тока ТА4 (рис 1), в качестве которого с целью повышения чувствительности используется трансформатор тока нулевой последовательности типа ТНП с реле тока КА на его выходе типа (РТЗ-51 или РТ-40/0,2) и который включен последовательно с короткозамыкателем QK в цепи заземления нейтрали обмотки высшего напряжения ПРТ. Благодаря этому представляется возможность обеспечить срабатывание реле тока КА при обрыве фазы на ЛЭП и протекании тока холостого хода трансформатора в нейтрали, который составляет около 1А.

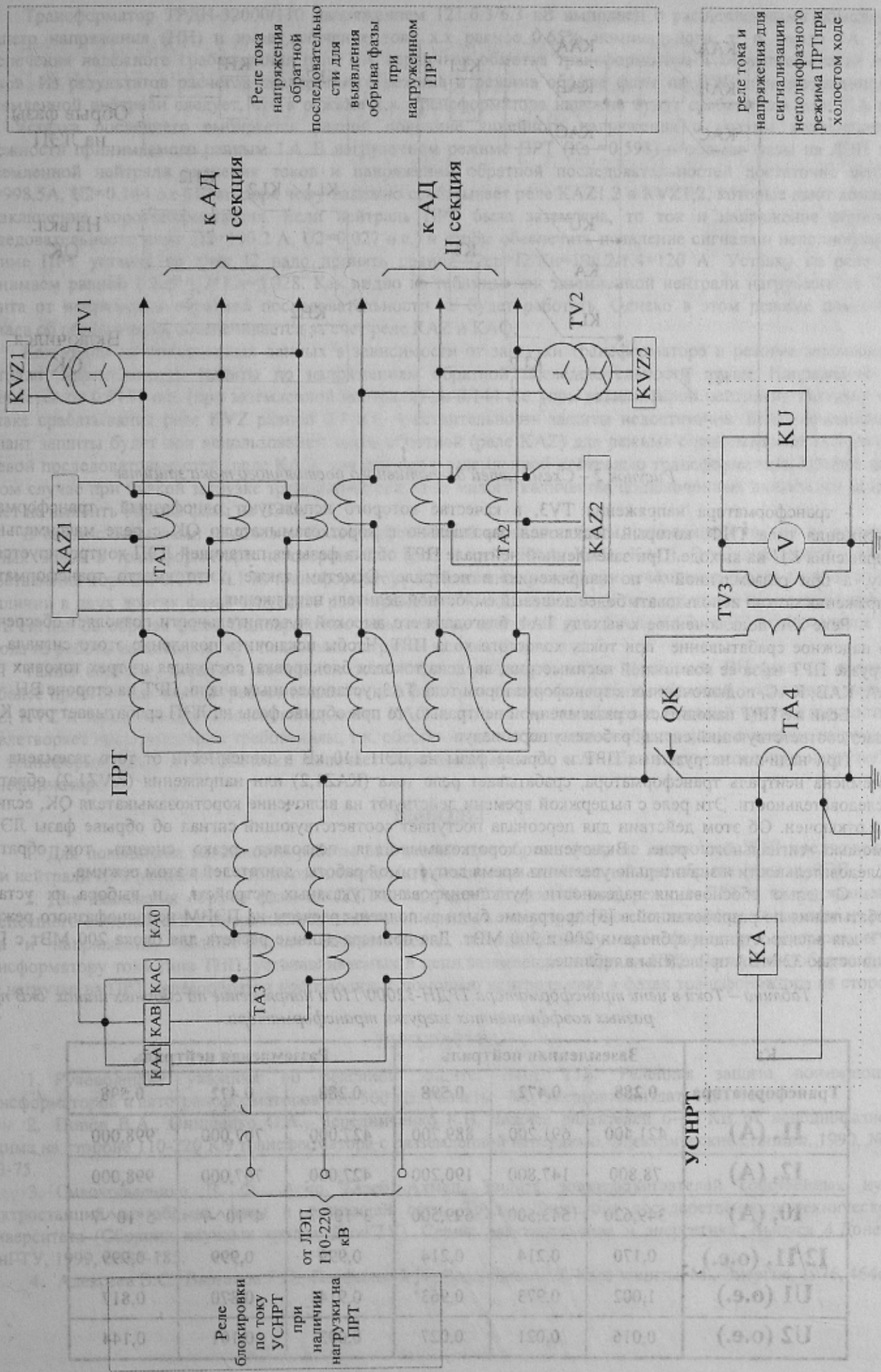


Рисунок 1 – Принципиальная схема защиты трансформатора ПРТ для выявления обрыва фазы в питающей сети.

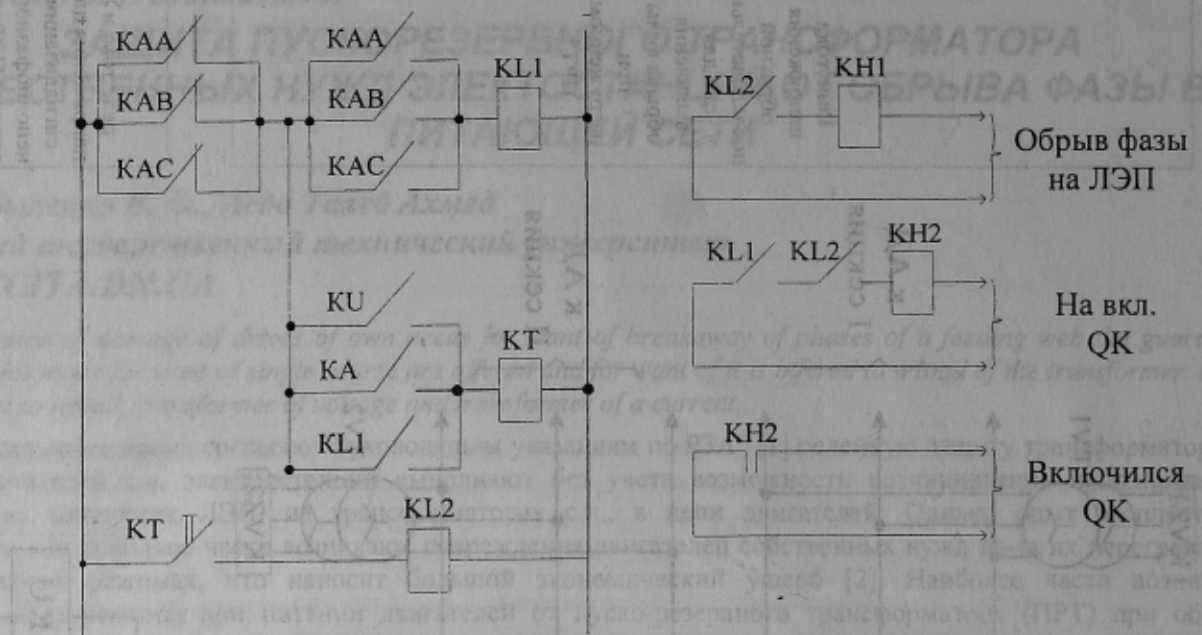


Рисунок 2 – Схема цепей оперативного постоянного тока защиты

- трансформатора напряжения TV3, в качестве которого используют однофазный трансформатор напряжения типа ТНФ, который подключен параллельно к короткозамкателью QK с реле максимального напряжения KU на выходе. При заземленной нейтрали ПРТ обрыв фазы на питающей ЛЭП контролируется по току, а при разземленной – по напряжению в нейтрали. Отметим также, что вместо трансформатора напряжения можно использовать более дешевый емкостной делитель напряжения.

Реле KA, подключенное к выходу ТА4, благодаря его высокой чувствительности позволяет обеспечить его надежное срабатывание при токах холостого хода ПРТ. Чтобы исключить появление этого сигнала при нагрузке ПРТ из-за ее возможной несимметрии, введена токовая блокировка, состоящая из трех токовых реле KAA, KAB, KAC, подключенных к трансформатором тока ТА3, установленным в цепи ПРТ на стороне ВН.

Если же ПРТ находится с разземленной нейтралью, то при обрыве фазы на ЛЭП срабатывает реле KU и подает соответствующий сигнал рабочему персоналу.

При наличии нагрузки на ПРТ и обрыве фазы на ЛЭП 110 кВ в зависимости от того заземлена или разземлена нейтраль трансформатора, срабатывает реле тока (KAZ1,2) или напряжения (KVZ1,2) обратной последовательности. Эти реле с выдержкой времени действуют на включение короткозамкателя QK, если он был отключен. Об этом действии для персонала поступает соответствующий сигнал об обрыве фазы ЛЭП с помощью сигнального реле. Включение короткозамкателя позволяет резко снизить ток обратной последовательности и значительно увеличить время допустимой работы двигателей в этом режиме.

С целью обоснования надежности функционирования указанных устройств и выбора их уставок срабатывания по разработанной в [3] программе были выполнены расчеты на ПЭВМ неполнофазного режима ПРТ для электростанции с блоками 200 и 300 МВт. Для примера данные расчета для блока 200 МВт с ПРТ мощностью 32 МВА приведены в таблице.

Таблица – Токи в цепи трансформатора ТРДН-32000/110 и напряжение на сборных шинах 6кВ при разных коэффициентах загрузки трансформатора.

Кз Трансформатора	Заземленная нейтраль			Разземленная нейтраль		
	0.288	0.472	0.598	0.288	0.472	0.598
I1, (A)	421,400	691,200	889,700	427,000	707,000	998,000
I2, (A)	78,800	147,800	190,200	427,000	707,000	998,000
I0, (A)	349,620	543,500	699,500	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$
I2/I1, (о.е.)	0,170	0,214	0,214	0,999	0,999	0,999
U1 (о.е.)	1,002	0,973	0,963	0,914	0,870	0,817
U2 (о.е.)	0,016	0,021	0,027	0,093	0,101	0,144

Трансформатор ТРДН-32000/110 напряжением 121/6.3/6.3 кВ выполнен с расщепленными обмотками низшего напряжения (НН) и имеет значение тока х.х. равное 0.65% номинального, т. е. около 1А. Для обеспечения надежного срабатывания реле КА первичная обмотка трансформатора ТА4 выполнена из трех витков. Из результатов расчетов доаварийного режима и режима обрыва фазы на ЛЭП при заземленной и разземленной нейтрали следует, что в режиме х.х. трансформатора надежно будут срабатывать реле КА или КУ. Уставка последнего выбирается равной половине линейного напряжения с учетом коэффициента надежности принимаемого равным 1.4. В нагрузочном режиме ПРТ ($K_z = 0.598$) и обрыве фазы на ЛЭП при разземленной нейтрали значения токов и напряжений обратной последовательностей достаточно велики ($I_2 = 998.5 \text{ А}$, $U_2 = 0.144 \text{ о.е.}$) благодаря чему надежно срабатывает реле KAZ1,2 и KVZ1,2, которые дают команду на включение короткозамыкателя. Если нейтраль ПРТ была заземлена, то ток и напряжение обратной последовательности ниже ($I_2 = 190.2 \text{ А}$, $U_2 = 0.027 \text{ о.е.}$) и чтобы обеспечить появление сигнала о неполнофазном режиме ПРТ уставку по току I_2 надо принять равной $I_{2cp} = I_2 / K_n = 190.2 / 1.4 = 120 \text{ А}$. Уставку на реле КУ принимаем равной $U_{2cp} = U_2 * K_n = 0.028$. Как видно из таблицы при заземленной нейтрали нагруженного ПРТ защита от напряжения обратной последовательности не будет работать. Однако в этом режиме появление сигнала об обрыве фазы обеспечивается за счет реле KAZ и KAO.

Как видно из приведенных данных в зависимости от загрузки трансформатора и режима заземленной нейтрали эффективность защиты по напряжениям обратной последовательности низка. Напряжение U_2 изменяется от 0.0157 о.е. (при заземленной нейтрали) до 0.144 о.е. (при разземленной нейтрали). Поэтому при уставке срабатывания реле KVZ равной 0.1 о.е. чувствительность защиты недостаточна. Более приемлемый вариант защиты будет при использовании токов обратной (реле KAZ) для режима с разземленной нейтралью и нулевой последовательностей (реле KAO) для режима с заземленной нейтралью трансформатора. Однако даже в этом случае при низкой нагрузке трансформатора из-за малого количества подключенных двигателей защита может не выявить обрыва фазы на ЛЭП.

В связи с этим нами предложен более эффективный вариант защиты, основанный только на контроле фазных токов в трансформаторе на стороне ВН (рис. 1 реле KAA, KAB, KAC). Эти реле имеют уставку срабатывания порядка 0.075 - 0.1 I_n трансформатора и позволяют (рис. 2) при исчезновении тока в одной из фаз и наличии в двух других фазах запустить реле времени КТ, подать команду на включение короткозамыкателя QK и сигнал об обрыве фазы. Одновременно размыкаемые контакты реле KAA, KAB, KAC используются для вывода из работы защиты х.х. при появлении нагрузки на трансформаторе.

Таким образом, защита с контролем тока в фазах трансформатора на стороне ВН (рис. 2) является наиболее простой, так как не требует подключения фильтров тока и напряжения обратной последовательности KAZ, KVZ и токов нулевой последовательности KAO, и в то же время обладает высокой чувствительностью, удовлетворяет предъявляемым требованиям, т.к. обеспечивает сигнализацию обрыва фазы в режиме нагрузки и х.х. трансформатора и автоматически включает короткозамыкатель, если обрыв произошел при нагрузке на трансформаторе.

ВЫВОДЫ

1. Для повышения надежности работы двигателей при обрыве фазы на питающей ЛЭП предложено в цепи нейтрали ПРТ установить короткозамыкатель автоматически включаемый при обрыве фазы на ЛЭП.
2. Для выявления обрыва фазы на ЛЭП в "ждущем" (холостой ход) режиме ПРТ и предотвращения неуспешного самозапуска и повреждения двигателей предложено устройство сигнализации, состоящее из реле тока и напряжения, подключаемых соответственно к однофазному трансформатору напряжения и трансформатору тока типа ТНП, устанавливаемых в цепи заземления нейтрали ПРТ. Выявление обрыва фазы при нагрузке на ПРТ целесообразно производить с помощью контроля тока в фазах трансформатора на стороне ВН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты - М.: Энергоатомиздат, 1985-96с.
2. Попов В.А., Онищенко О.А., Чердиченко К.В. Защита двигателей 6-10 КВ от неполнофазного режима на стороне 110-220 КВ трансформатора с разземленной нейтралью. Электрические станции, 1990, № 8, с.73-75.
3. Сивокобыленко В. Ф., Асдо Талейб Ахмед. Защита электродвигателей собственных нужд электростанций от обрыва фазы в питающей сети. Труды Донецкого государственного технического университета (Сборник научных трудов ДонГТУ). Серия: электротехника и энергетика. Выпуск 4. Донецк: ДонГТУ, 1999, с.181-185.
4. Алексеев В.С., Варганов Г.П., Панфилов Б.И., Розенблюм Р.З. Реле защиты. М., Энергия, 1976, 464с.