

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ОБРЫВА ФАЗЫ В ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Сивокобыленко В. Ф., Асдо Талед Ахмед

Донецкий государственный технический университет

The circuits of protection of asynchronous engines of own needs of power stations from breakage of a phase in a having network or on the engine are developed. The protection are guided (focused) on application serially let out of the equipment and are based on use the relays of current or filters of currents and of voltage of a return sequence.

В настоящее время довольно часто наблюдаются случаи повреждения асинхронных короткозамкнутых двигателей напряжением 6 – 10 кВ при возникновении неполнофазных режимов их питания. Последние могут возникать в случае питания двигателей от резервного трансформатора и обрыве фазного провода на питающей линии 110 - 330 кВ, или же в режимах пуска двигателей, сопровождающихся недовключением одной из фаз выключателя, нарушением контактных соединений кабеля и выводов обмотки статора и др.

Как показано в работе [1] при неполнофазных режимах в нагруженном двигателе потери мощности возрастают в 5 ÷ 8 раз, что приводит к перегреву обмоток ротора, статора и к выходу из строя двигателя при его длительной работе.

Существующие устройства релейной защиты двигателей максимально-токовая защита от перегруза и от токов короткого замыкания (К.З.), выполненные в соответствии с руководящими указаниями, как правило, не обладают необходимой чувствительностью и не защищают двигатели от неполнофазных режимов. Выход из строя двигателя большой единичной мощности (свыше 1000 кВт) приводит к остановке блока и значительному экономическому ущербу.

Известны [2] устройства релейной защиты асинхронных двигателей напряжением до 1000 В от обрыва фазы в питающей сети, основанные на использовании фильтров токов и напряжений обратной последовательности. Однако для двигателей напряжением 6 ÷ 10 кВ такие устройства не нашли применения и кроме того они серийно не выпускаются промышленностью.

В данной статье проводятся результаты разработки защиты асинхронных двигателей 6 кВ и питающих трансформаторов собственных нужд электростанций от обрыва фазы, в питающей сети или в цепи двигателя. В разработанных схемах защиты используется серийно выпускаемая аппаратура, что облегчает внедрение разработок.

Для двигателей, в цепи статора которых установлены трансформаторы тока в трех фазах, схему защиты можно выполнить с использованием серийно-выпускаемого реле тока обратной последовательности типа РТФ-1М [3]. Эта защита эффективна, если обрыв цепи происходит в одной из фаз двигателя. Если же обрыв цепи имеет место на питающей линии, и особенно при заземленной нейтрали резервного трансформатора, ее чувствительность, как это видно из приведенных далее данных (Табл.), может быть недостаточной. Защиту также можно выполнить с помощью трех токовых реле типа РТ-40, включенных на фазные токи и имеющих разомкнутые и замкнутые контакты. Схема токовых цепей защиты и оперативного постоянного тока приведены на рис. 1а, 1б. Уставка срабатывания токовых реле фаз КАА, КАВ и КАС принимается на 10 – 20 % ниже тока Х.Х. двигателя, чтобы при симметричном питании и даже минимальной нагрузке реле находились в сработанном состоянии.

Благодаря этому в режимах нагрузки, пуска, симметричных коротких замыканий промежуточное реле КЛ (рис.1.б) будет находиться в несработанном состоянии. Обрыв одной из фаз в питающей сети приведет к отпаданию только одного из токовых реле и замыканию его контакта, что приведет к срабатыванию промежуточного реле КЛ, а затем и к отключению с выдержкой времени реле КТ выключателя двигателя В (рис 1.а). Уставка на реле времени КТ выбирается из условия отстройки от защит, реагирующих на междуфазное короткое замыкание.

Так как трансформаторы тока в цепи статора асинхронных двигателей (АД) 6-10 кВ, как правило, устанавливаются только в двух фазах, то тогда вместо указанных выше защит можно применить схему, показанную на рис. 2. В этой схеме ток отсутствующего трансформатора тока фазы В получаем как сумму токов фаз А и С. Цепи оперативного тока остаются без изменений. Однако эту схему на практике не представляется возможным реализовать без установки дополнительных трансформаторов тока. Это связано с тем, что один из двух сердечников установленного трансформатора тока используется для цепей измерений, а другой для защиты. Поэтому больший интерес представляет схема, приведенная на рис. 3, в которой предложено использовать существующую схему токовых цепей защиты от перегрузки и максимально-токовой отсечки (реле КПО) АД, где использовано включение трансформаторов тока на разность токов фаз А и С. Защита от обрыва фаз здесь выполняется с помощью трех токовых реле, два из которых КАА и КАС имеют по одной токовой обмотке и включены на фазные токи А и С, а третье КАВ состоит из двух токовых катушек, одна

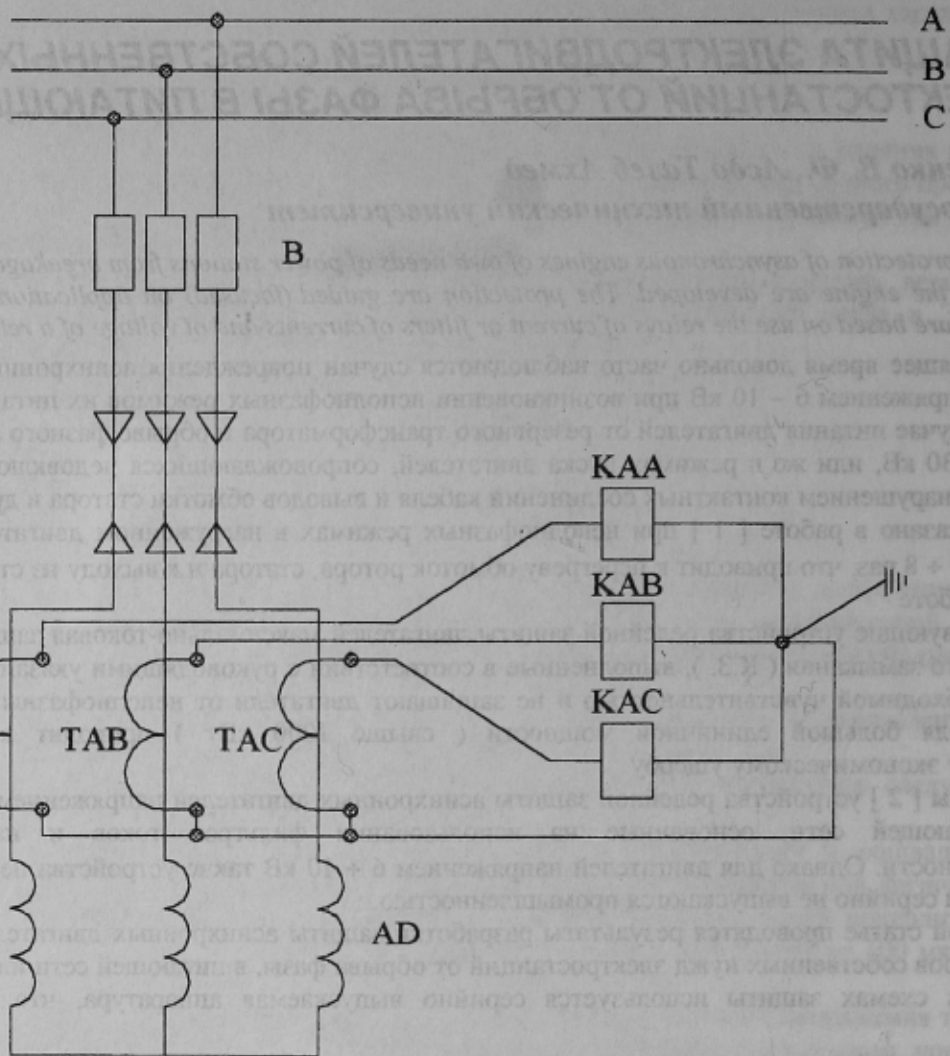


Рисунок 1а. Схема токовых цепей защиты

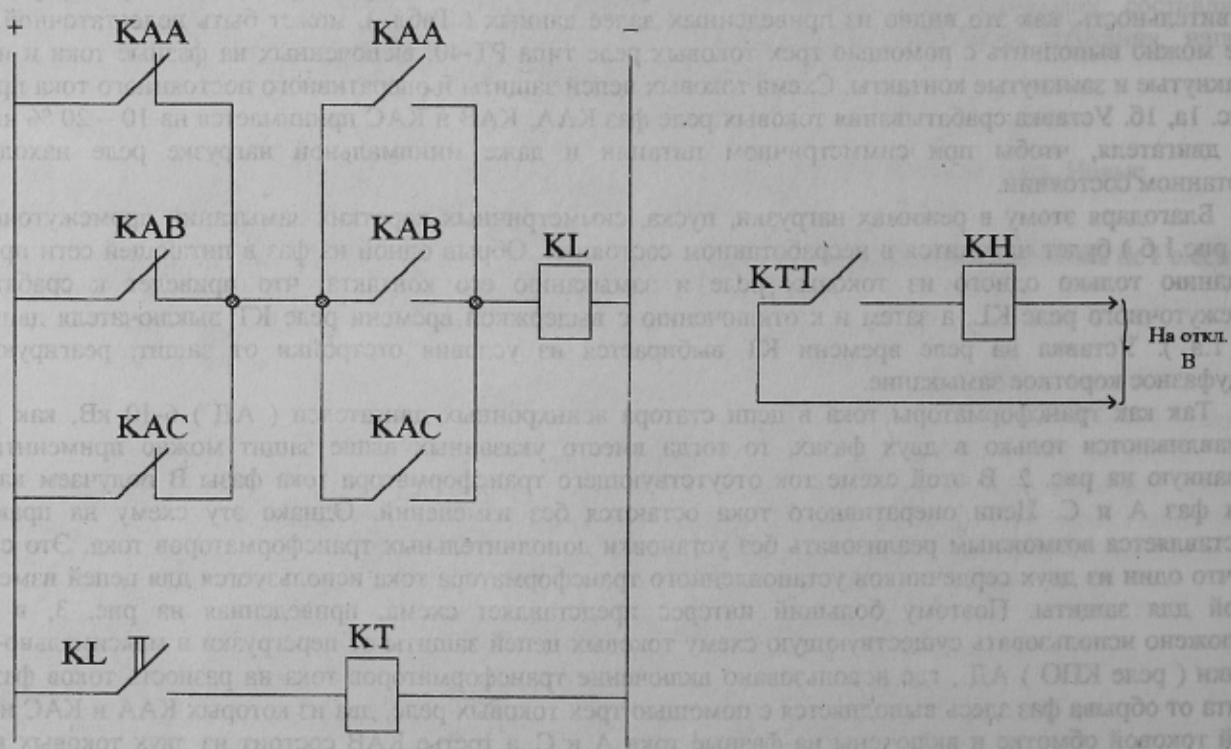


Рисунок 1б. Схема цепей оперативного постоянного тока защиты

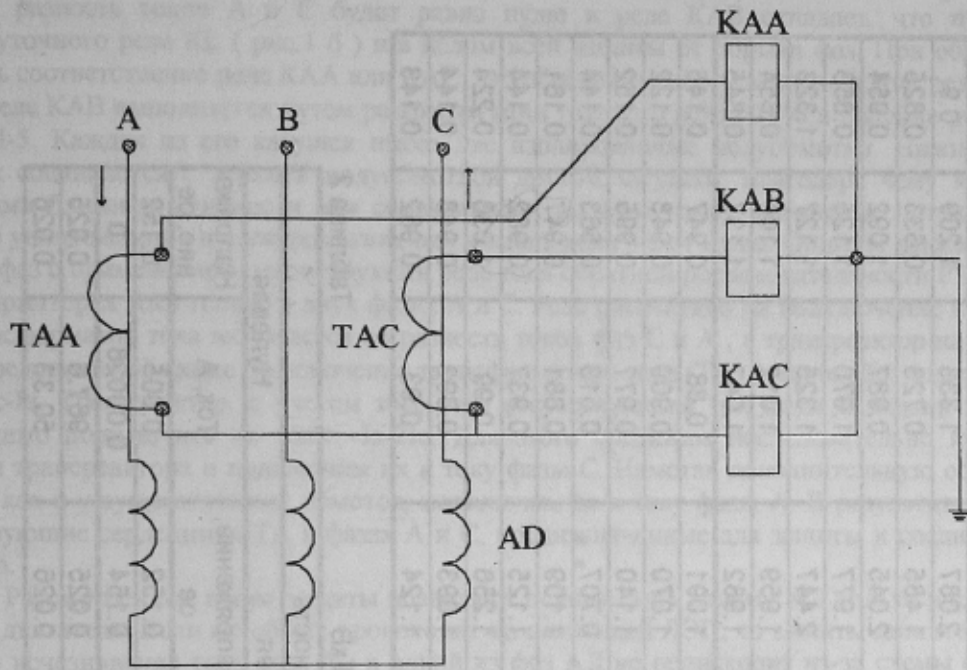


Рисунок 2. Схема защиты при соединении ТА в неполную звезду

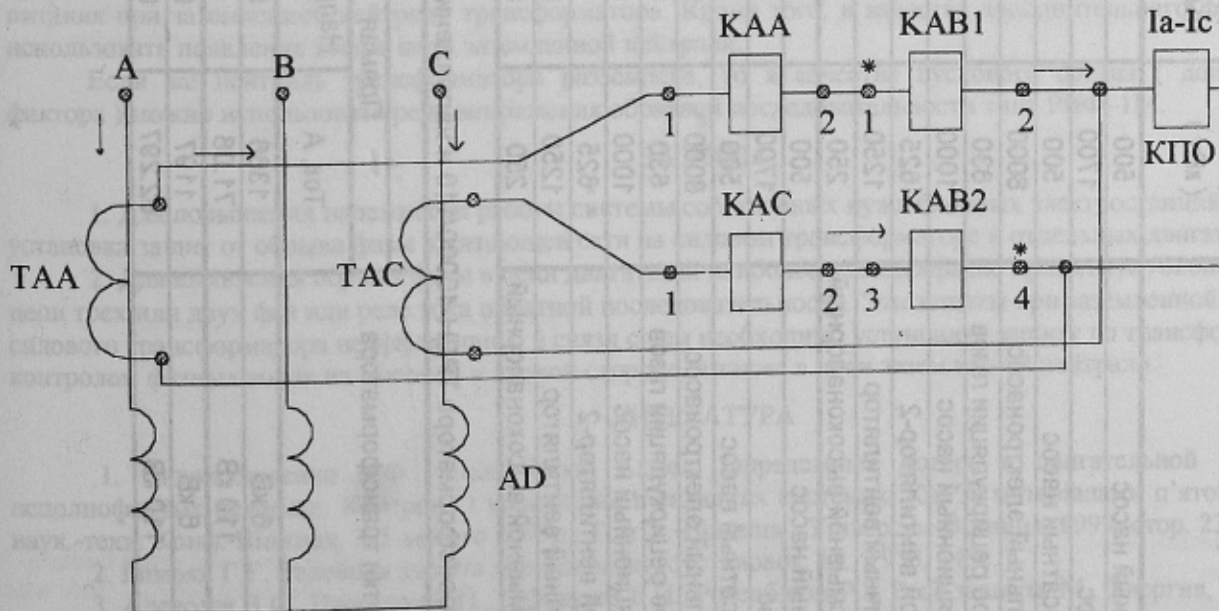


Рисунок 3. Схема защиты при соединении ТА на разность токов двухфаз

Токи в двигателях С.Н. блока 300 МВТ в нормальном режиме и при обрыве фазы в питающей сети

Таблица 1

Нейтраль	Двигатель	Номинальная мощность (кВт)	Токи статора двигателей, (О.Е.)					
			Доаварийный режим	При обрыве фазы в цепи питающей сети				
				фаза А	фаза В	фаза С	Прямой пос-ти	обратной пос-ти
Разземлена	Бустерный насос	500	0.926	1.974	0.972	1.119	0.855	
	Дымосос	1700	0.935	1.798	0.991	1.077	0.722	
	Конденсатный насос	500	0.972	2.087	1.333	1.209	0.9	
	Питательный электронасос	8000	0.555	1.485	0.723	0.633	0.825	
	Дымосос рециркуляции газов	630	0.931	2.045	0.987	1.092	0.954	
	Циркуляционный насос	1000	0.967	1.977	1.070	1.125	0.853	
	Дутьевой вентилятор-2	625	1.029	2.447	1.325	1.127	1.323	
	Мельничный вентилятор	1250	0.931	1.959	1.012	1.104	0.854	
	Насос смывной высоконапорный	250	0.964	1.982	1.047	1.137	0.845	
	Бустерный насос	500	0.926	1.091	0.88	0.947	0.145	
Заземлена	Дымосос	1700	0.935	1.070	0.909	0.948	0.122	
	Конденсатный насос	500	0.972	1.140	0.977	0.995	0.152	
	Питательный электронасос	8000	0.555	0.707	0.513	0.563	0.144	
	Дымосос рециркуляции газов	630	0.931	1.109	0.881	0.947	0.161	
	Циркуляционный насос	1000	0.967	1.125	0.937	0.982	0.144	
	Дутьевой вентилятор-2	625	1.029	1.256	0.99	1.036	0.224	
	Мельничный вентилятор	1250	0.931	1.093	0.893	0.948	0.144	
	Насос смывной высоконапорный	250	0.964	1.124	0.93	0.982	0.143	

Токи в цепи трансформатора ТРДН-40000/110 и напряжение на сборных шинах 6 - 110 кВ

Таблица 2

Режим Нейтрالي	обмотки трансформатора	Последовательность					
		Прямая			Обратная		
		Ток, А	Напряжение, ое	Ток, А	Напряжение, ое	Ток, А	Напряжение, ое
Разземлена	6 кВ	1366	0.821	1366	0.152	0.005	0.152
	110 кВ	71.08	0.82	71.08	0.154	0.00026	0
Заземлена	6 кВ	1197	0.950	2309	0.025	967.6	0.025
	110 кВ	62.297	0.949	12.013	0.026	50.33	0.026

из которых включена на ток фазы А, с прямой полярностью, а другая на ток фазы С, с обратной полярностью. Благодаря этому результирующие ампервитки этого реле пропорциональны разности токов фаз А и С и в нормальном режиме работы АД реле КАВ находится в сработавшем положении. При обрыве в питающей сети фазы В разность токов А и С будет равна нулю и реле КАВ отпадает, что приводит к срабатыванию промежуточного реле КЛ (рис.1 б) и в целом всей защиты от обрыва фаз. При обрыве фазы А или С будет отпадать соответственно реле КАА или КАС, что обеспечит работу защиты в этих режимах.

Реле КАВ выполняется путем реконструкции токового реле РТ-40 и подобно реле контроля синхронизма типа РН-5. Каждая из его катушек имеет две изолированные полуобмотки. Нижняя полуобмотка одной из катушек соединяется с верхней полуобмоткой другой катушки. Благодаря чему коэффициент связи между обмотками близок к единице и при совпадающих по фазе токах, магнитные потоки, наводимые обмотками, взаимно уничтожаются и электромагнитный момент реле равен нулю. Опишем также разработанную защиту от обрыва фаз с применением реконструкции реле тока обратной последовательности РТФ-1М при установленных трансформаторах тока только в двух фазах А и С. Реле рассчитано на подключение к трем фазам тока, причем его трансформатор тока включается на разность токов фаз С и А, а трансреактор на разность токов фаз В и С [3]. В предложенной схеме подключение трансформатора тока (ТА) остается без изменений, то есть на разность токов $I_c - I_a$. Трансреактор, с учетом того, что отсутствующий ток фазы В можно представить как $I_b = -I_a - I_c$, необходимо подключить на токи $-I_a - 2I_c$. Для этого соединим последовательно и согласно две первичные обмотки трансреактора и подключим их к току фазы С. Намотав дополнительную обмотку с таким же числом витков, как и у существующих обмоток, подключим ее к току фазы А. В результате мы сможем использовать существующие сердечники ТА в фазах А и С, предназначенные для защиты и соединенные на разность токов двух фаз.

Рассмотренные выше защиты позволяют осуществить защиту АД только в случае обрыва фазы в цепи статора двигателя. Если же обрыв происходит на питающей ЛЭП, то защиты двигателей могут не работать т.к. полного исчезновения тока хотя бы в одной из фаз АД не происходит из-за схемы соединения в треугольник обмоток питающего трансформатора. Расчетно-экспериментальные исследования неполнофазных режимов работы двигателей С. Н. ТЭС с блоками мощностью 200 и 300 МВт показали, что при обрыве одной из фаз ЛЭП 110 кВ, питающей пускорезервный трансформатор, токи фаз статора двигателей составляют от 60 до 180 % номинального, а токи обратной последовательности 12 – 15 % номинального (табл.1,2).

Из приведенных данных следует, что при глухо-заземленной нейтрали трансформатора защиты двигателей, основанные на применении токовых реле в цепи двигателей, неэффективны. Поэтому предлагается выполнить защиту по схеме рисунка 1б, подключив токовые реле к трансформатором тока на стороне 110 – 330 кВ силового трансформатора. При этом последовательно с контактами реле КАА, КАВ и КАС необходимо также включить параллельно соединенные замыкаемые контакты трех токовых реле фаз А, В, С подключенных к трансформаторам тока силового трансформатора на стороне 6 кВ. Тогда исчезновение тока в одной из фаз на стороне 110 – 330 кВ при наличии тока на стороне 6 кВ будет надежно обеспечивать работу защиты от потери питания при заземленной нейтрали трансформатора. Кроме того, в качестве дополнительного фактора можно использовать появление тока в цепи заземленной нейтрали.

Если же нейтраль трансформатора разземлена, то в качестве пускового органа (дополнительного фактора) можно использовать реле напряжения обратной последовательности типа РНФ-1М.

ВЫВОДЫ

1. Для повышения надежности работы системы собственных нужд блочных электростанций требуется установка защит от обрыва фазы в питающей сети на силовом трансформаторе и отдельных двигателях.
2. Для выявления обрыва фазы в цепи двигателей наиболее целесообразно применять токовые реле в цепи трех или двух фаз или реле тока обратной последовательности. Эти защиты при заземленной нейтрали силового трансформатора неэффективны, в связи с чем необходимо установить защиту на трансформаторе с контролем фазных токов на высокой и низкой стороне, а также в цепи заземленной нейтрали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивокобыленко В.Ф., Асдо Талёб Ахмед. Определение потерь в двигательной нагрузке при неполнофазных режимах. Контроль и управление в складных системах. Кн. За матеріалами п'ятої міжнародної наук.-техн. Конф. Вінниця, 3-5 лютого 1999р., Том 3 .-Вінниця : Універсум-Вінниця, 1999.-стор. 231-237.
2. Гимоян Г.Г. Релейная защита горных электроустановок. М., 1978, 349с.
3. Алексеев В.С., Варганов Г.П., Панфилов Б.И., Розенблюм Р.З. Реле защиты. М., Энергия, 1976, 464с.