

УДК 622.33.012

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТАКТОРОВ СЕРИИ SPVC В СХЕМЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ УЧАСТКА ШАХТЫ

Маренич К.Н. канд. тех. наук., доц.,
Донецкий национальный технический университет

Обоснована целесообразность применения быстродействующих коммутаторов "звезды" вторичной обмотки трансформатора подстанции участка шахты

The expediency of application of high-speed switchboards of "star" of a secondary winding of the transformer of substation of a site of mine is proved

К числу основных функциональных узлов распредустройства низкого напряжения (РУНН) шахтной участковой трансформаторной подстанции относятся аппарат защиты от утечек тока на землю (реле утечки – РУ) и автоматический выключатель (АВ), который обеспечивает отключение отходящей электросети в случае возникновения коротких замыканий (к.з.), а также по команде РУ. Полное время срабатывания АВ с учётом горения дуги на главных контактах при номинальном рабочем токе составляет 0,04 с [1]. Для работы в сети напряжения 1140 В выпускается выключатель типа А-3792УУ5 с усиленной изоляцией внутренних металлических элементов механизма свободного расцепления. Опыт эксплуатации показывает, что при отключении тока к.з. в сети напряжения 1140 В ионизационные процессы в дугогасительных камерах (ДК) при размыкании главных контактов обуславливают появление токопроводящего слоя на внутренних стенках камер. При повторном включении АВ типичным является возникновение к. з. в цепи главных контактов и ДК.

Относительно невысокое быстродействие отключения сети обусловило необходимость применения дополнительных технических решений по обеспечению её электробезопасности. К числу последних относится применение в составе РУ – 1140 блока короткозамыкателей (БКЗ) со статическим компенсатором ёмкостных составляющих сопротивлений утечки. Действие БКЗ основано на шунтировании утечки (тела человека) значительно меньшим сопротивлением заземляющей цепи. На землю должна замыкаться фаза с

пониженным сопротивлением изоляции относительно земли. Анализ

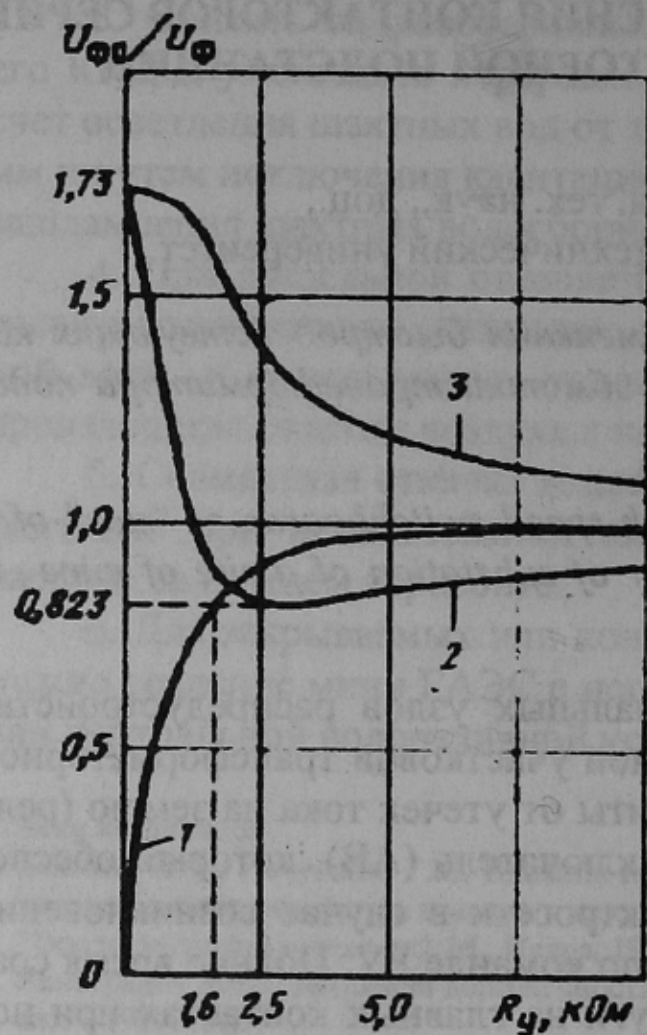


Рисунок 1 – Графики зависимости отношений напряжений фаз сети 1, 2, 3 относительно земли к фазному напряжению от сопротивления однофазной утечки при ёмкости изоляции 1 мкФ/фазу [1].

проблематичным обес-печение электробезопасности эксплу-атации шахтной участковой электро-сети напряжения 1140 В. Нельзя считать удовлетворительной величину полной продолжительности закорачивания фазы сети от момента появления утечки, составляющую 0,17 с. Неприемлемы габариты БКЗ – 275x295x355мм, обусловившие существенное увеличение объёма и стоимости оболочки РУНН.

Эксплуатационные показатели подстанции ТСВП-630/6-1,2 могут быть существенно улучшены изменением её схемы на основе применения вакуумного быстродействующего однофазного контактора серии SPVC (рис. 2). Опыт разработки пускателя ПВИ-630 (ЗАО

процессов в сети при возникновении однофазной утечки (рис.1) показывает, что при уменьшении сопротивления утечки R_y напряжение U_{20} на участке больших значений R_y снижается круче, чем напряжение U_{10} фазы с утечкой и лишь при $R_y=1,6$ кОм напряжение U_{10} становится меньшим, чем U_{20} – фазы с нормальной изоляцией. Устройство, настроенное на $R_y > 1,6$ кОм, будет ложно закорачивать неповреждённую фазу 2, существенно ухудшая условия электробезопасности, т.к. человек окажется под линейным напряжением независимо от сопротивления изоляции сети [1]. Техническими средствами обеспечивается устойчивая работа БКЗ при уставке 4 кОм, однако зависимость параметров БКЗ от точности настройки делает весьма

“ТЭТЗ-Инвест”, г. Торез) выявил его высокие эксплуатационные качества: номинальные ток - 630 А; напряжение - 1000 В; токи включения и отключения, соответственно, - 30 кА и 12,5 кА, ресурс операций включения-отключения - 500000, время отключения - $0,007 \pm 0,002$ с,

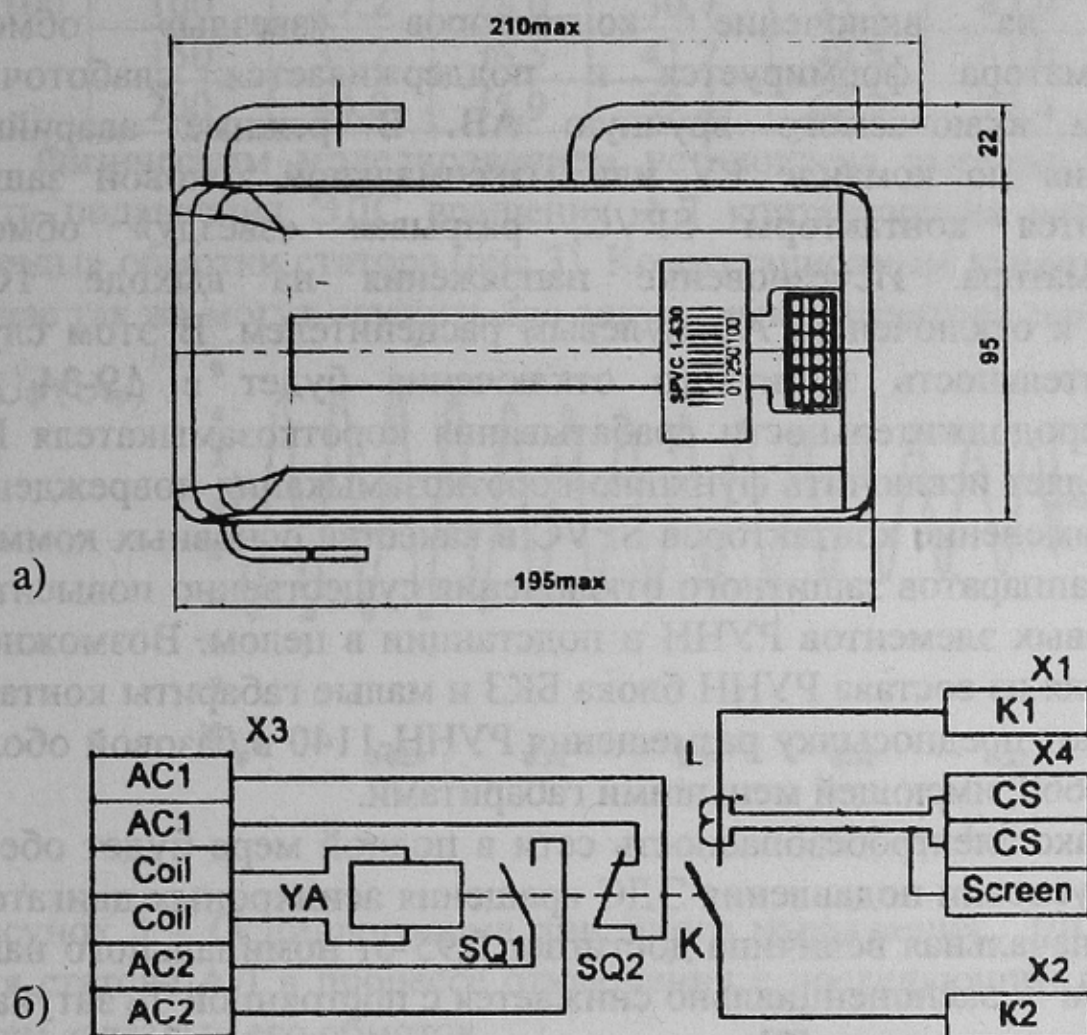


Рисунок 2 – Общий вид (а) и принципиальная схема (б) контактора SPVC 1-630

предусмотрен встроенный датчик тока.

Применение данных контакторов возможно для разъединения «звезды» вторичной обмотки (W2) трансформатора в режиме аварийного отключения напряжения (АВ сохраняется в составе РУНН). Приемлемость использования контакторов SPVC в цепи «звезды» обмотки (W2) обусловлена допустимыми параметрами напряжения и тока коммутации. Величина тока трёхфазного к.з. на выходе ТСВП определяется уровнем выходного линейного напряжения трансформатора и ограничивается величинами активного ($r_{тр}$) и индуктивного ($x_{тр}$) сопротивлений его вторичной обмотки. Применительно к подстанции ТСВП -630/6-1.2 паспортные значения величин $r_{тр}$ и $x_{тр}$ составляют, соответственно, 0,0168 Ом и 0,0780 Ом. Поэтому расчётное

значение трехфазного тока к.з. на выходе ТСВП с учётом возможного пятипроцентного увеличения напряжения будет составлять 8711 А, что для контактора допустимо

Таким образом, в штатном режиме эксплуатации подстанции команда на включение контакторов «звезды» обмотки трансформатора формируется и поддерживается слаботочным контактом включаемого вручную АВ. В режиме аварийного отключения по команде РУ или максимальной токовой защиты отключаются контакторы SPVC, разрывая «звезду» обмотки трансформатора. Исчезновение напряжения на выходе ТСВП приводит к отключению АВ нулевым расцепителем. В этом случае продолжительность защитного отключения будет в 19-34 раза меньше продолжительности срабатывания короткозамыкателя БКЗ, что позволяет исключить функцию короткозамыкания поврежденной фазы. Применение контакторов SPVC в качестве основных коммутационных аппаратов защитного отключения существенно повысит ресурс силовых элементов РУНН и подстанции в целом. Возможность исключения из состава РУНН блока БКЗ и малые габариты контакторов создают предпосылку размещения РУНН-1140 в базовой оболочке РУНН-660, имеющей меньшими габаритами.

Однако электробезопасность сети в полной мере будет обеспечена при условии подавления ЭДС вращения асинхронных двигателей (АД). Её начальная величина достигает 0,95 от номинального напряжения сети и экспоненциально снижается с постоянной T_p затухания свободного тока ротора [2]:

$$u_{вр} = \frac{L_m}{L_p} j(1-s)\omega_0 \psi_{0p} e^{-\frac{t}{T_p}} e^{j\omega_0(1-s)t}; \quad (1)$$

$$T_p = (L_p / r_p) = U_\phi K_n / I_0 r_p \omega_0; \quad (2)$$

где L_m – индуктивность главного потока АД; L_p , ω_0 и s – полная индуктивность, синхронная частота вращения и скольжение ротора; I_0 и r_p – ток холостого хода и активное сопротивление ротора АД; U_ϕ – фазное напряжение статора в режиме холостого хода; $K_n = 1 - 1,1$ – коэффициент насыщения АД; ψ_{0p} – начальное потокосцепление ротора

Расчет начального тока утечки, обусловленного ЭДС вращения (627 В/фазу) с использованием виртуальной модели сети [3] показал наличие опасности электротравматизма (табл.1)

Таблиця 1 – Результати расчета начального тока утечки

$R_{из},$ кОм	Длина кабеля $L_k, м$	Сечение рабочей жилы кабеля, кв. мм					
		10	16	25	35	50	70
		Ток утечки ($R_y=1$ кОм), mA					
100	50	20,9	21,2	22,1	23,7	26,7	31,2
	100	27,2	28,0	30,7	35,3	42,9	53,6
	150	35,2	36,5	41,2	48,8	61,0	77,5
	200	44,0	45,9	52,4	62,9	79,4	101,5

Физическим моделированием установлена высокая эффективность подавления ЭДС вращения АД контакторным размыканием «звезды» обмотки статора (рис.3). Коммутационным аппаратом в этом случае так же могут служить два вакуумных контактора серии SPVC.

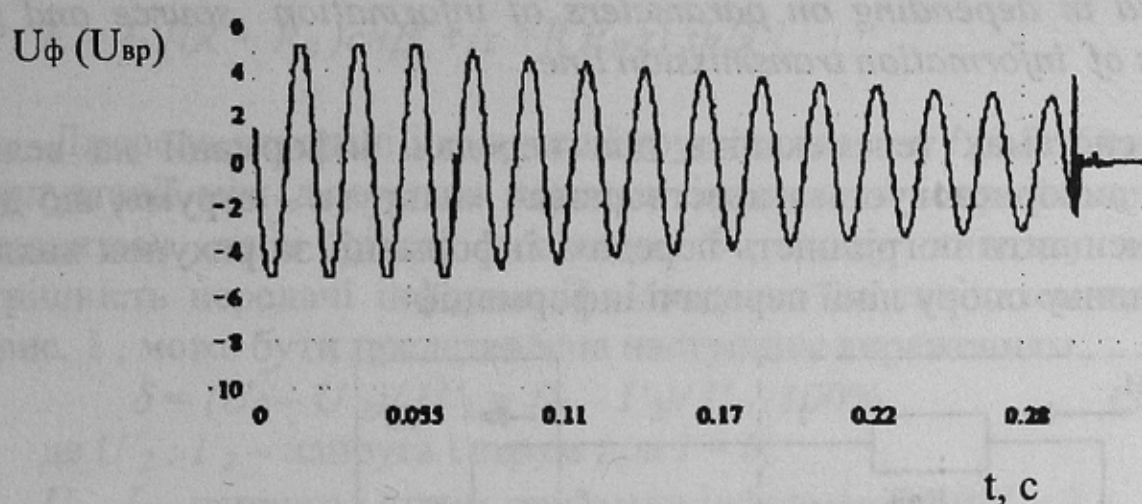


Рисунок 3 – Осциллограмма линейного напряжения, ЭДС вращения статора АД в процессе отключения с последующим размыканием «звезды» его обмоток

Список источников.

Дзюбан В.С. Взрывозащищённые аппараты низкого напряжения. М. Энергоатомиздат, 1993. С. 93 – 173.
 Риман Я.С. Защита подземных электрических установок угольных шахт. М., Недра, 1977. - 206 с.
 Маренич К.Н. Проблематика электробезопасности системы «кабель – двигатель» участка шахты. Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 27. Серія гірничо-електромеханічна.- Донецьк ДонДТУ, 2001.- С. 270-277.