

Автоматическое повторное включение промышленных электроустановок

В. И. Гуревич, канд.техн.наук

Большинство промышленных электроустановок, в том числе силовые электронные устройства (зарядные устройства для аккумуляторов, инверторы, выпрямительные агрегаты, устройства бесперебойного питания и т. п.) защищены от перегрузок и внутренних коротких замыканий с помощью автоматических выключателей, включенных со стороны питающей сети. Характеристики этих выключателей подобраны с учетом перегрузочной способности внутренних элементов таким образом, чтобы обеспечивалась максимальная эффективность защиты. Однако, из практики эксплуатации силовых электронных устройств известны случаи срабатывания входных автоматических выключателей при отсутствии каких-бы то ни было внутренних повреждений или перегрузки. Если рядом с такой электроустановкой постоянно находится дежурный персонал, то особых проблем не возникает: достаточно вернуть автомат в исходное (включенное) состояние и инцидент будет исчерпан. Но что делать, если речь идет о необслуживаемой подстанции и об отключении произошедшем в ночное время ?

Специальные исследования причин таких ложных срабатываний автоматов не дали абсолютно точный и однозначный ответ, объясняющий все случаи. Однако, были выявлены некоторые интересные особенности работы устройств силовой электроники, в частности зарядных устройств и управляемых выпрямителей-инверторов (с рекуперацией энергии). Оказалось, что иногда причиной ложных срабатываний автоматов таких устройств является ток намагничивания внутреннего силового трансформатора в том случае, когда его включение происходит на холостом ходу (такое включение задано внутренней логикой работы устройств). Так, например, в одном из трехфазных зарядных устройств с выходным напряжением 220 В и максимальным выходным током 30 А были зафиксированы броски тока в цепи входного автомата при включении, достигающие до 700 – 900 А. В другом устройстве точно такого-же типа броски тока включения не превышали нескольких сотен ампер. Вся разница между этими зарядными устройствами заключалась в разной удаленности их от питающего трансформатора собственных нужд, то есть в разном сопротивлении цепей питания, ограничивающем максимальный ток. Конечно, длительность импульсов тока с такой амплитудой невелика, однако, при некоторых неблагоприятных сочетаниях параметров автоматического выключателя, фазы тока включения и сопротивления цепи питания, ложное срабатывание автомата неизбежно. Часто неблагоприятные условия создаются при аварийных режимах в питающих сетях, сопровождающихся чередующимися с малыми временными интервалами провалами и восстановлениями напряжения.

Воздействие бросков тока намагничивания на входной автомат можно было бы избежать, используя простейший ограничитель тока. В некоторых типах зарядных устройств последовательно с входным автоматом включен контактор, срабатывающий при включении с некоторым запаздыванием (до нескольких секунд), необходимым для подготовки к работе внутреннего контроллера. Для таких устройств ограничитель тока представляет собой простейшую конструкцию, рис.1, содержащую три резистора, включенные параллельно (пофазно) контактам контактора. При включенном автомате

и выключенном контакторе внутренний силовой трансформатор обтекает небольшим током, ограниченным этими резисторами (0.1 – 0.2 А), достаточным для предварительного намагничивания трансформатора в течение времени задержки контактора. После срабатывания контактора, эти резисторы шунтируются его контактами и на работу устройства влияния не оказывают. Опыты на реальных устройствах показали, что эти резисторы могут иметь сопротивление 500 – 1000 Ом и мощность не более 25 – 50 Ватт.



Рис. 1. Набор из трех резисторов, предназначенный для ограничения пускового тока (тока намагничивания силового трансформатора) и схема его включения.
К – главный контактор

К сожалению, броски тока намагничивания трансформатора – не единственная причина ложных срабатываний входных автоматов, поэтому такое простое решение, как использование ограничителей пускового тока не всегда эффективно. Проведенные исследования показали, что одной из причин таких срабатываний могут быть переходные процессы связанные с авариями в сетях высокого напряжения. При этом, в сети 400 В наблюдаются кратковременные сдвиги фаз и несимметрия фазных напряжений. В работе электронных систем управления силовыми полупроводниковыми элементами, такими, как тиристоры, IGBT-транзисторы, постоянно отслеживающих углы сдвига фаз, происходит кратковременный сбой и одновременно оказываются открытыми полупроводниковые элементы, которые не должны находиться в открытом состоянии одновременно. В результате возникает контур короткого замыкания, приводящий к срабатыванию входного автомата. Очевидно, что никакие ограничители пускового тока в такой ситуации не помогут.

Наиболее кардинальным решением проблемы, не зависящим от причины ложного отключения автоматов, является использование автоматического повторного включения электроустановки. Основой такого устройства должен быть автоматический выключатель с параметрами точно такими же, как и у основного автомата, так как защита электроустановки от перегрузок и коротких замыканий должна оставаться во всех режимах. В простейшем случае может быть использован тот же самый входной автомат, снабженный специальным приводом, возвращающим его в исходное (включенное) состояние. Такой привод (типа FW7) выпускается компанией Moeller, рис. 2. Этот привод имеет выступающий толкатель, который входит в зацепление с рукояткой автомата и поднимает ее (взводит) с некоторой выдержкой времени после автоматического отключения выключателя.



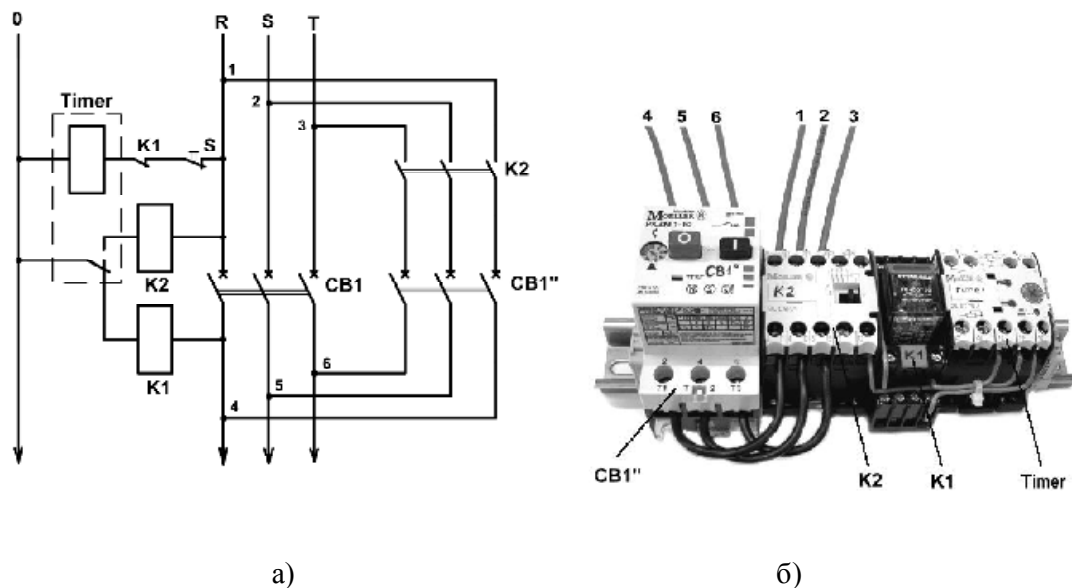
а)

б)

Рис. 2. Привод типа FW7 (Moeller) для автоматического взведения автоматов.
Справа – привод в комплекте с автоматом.

Совершенно очевидно, что устройство такого типа не может быть универсальным, так как его размеры должны строго соответствовать размерам автомата. Кроме того, автоматы кнопочного типа вообще не могут быть взведены с помощью такого привода. Да и стоимость такого устройства (около 500 долларов США) не способствует его широкому применению.

В связи с изложенным, нами было разработано простое устройство, рис. 3, пригодное для использования в электроустановках любого типа.



а)

б)

Рис. 3. Устройство автоматического повторного включения
а – принципиальная схема; б – внешний вид

Устройство состоит из дополнительного автомата CB1'' точно такого же типа, как и штатный автомат CB1 установленный в электроустановке, дополнительного контактора K2, промежуточного реле K1 и таймера с задержкой на включение. При включенном автомате CB1 катушка реле K1 получает питание через нормально замкнутый контакт таймера. Реле K1 постоянно находится во включенном состоянии, и его контакт K1 разомкнут. При самопроизвольном отключении автомата CB1 реле K1

теряет питание, его контакт К1 замыкается и подает питание на таймер. По истечении нескольких минут, необходимых для полного окончания всех переходных процессов в сети, таймер срабатывает и его переключающий контакт дополнительно разрывает цепь питания реле К1 и подает питание на катушку контактора К2. Через контактор К2 и предварительно взведенный автомат СВ" производится автоматическое включение потребителя в обход отключенного автомата СВ".

Для возврата устройства в исходное состояние необходимо кратковременно разорвать питание электроустановки с внешнего шкафа управления, а затем вернуть основной автомат СВ1 в исходное (включенное) состояние. Если кратковременное отключение электроустановки нежелательно, можно ввести дополнительную кнопку возврата S.

В устройстве могут быть использованы элементы любого типа с катушками на 220 В переменного тока. Мощность контактора должна соответствовать мощности электроустановки.

Следует обратить внимание на особую осторожность при проведении ремонтных работ в электроустановках, снабженных устройством автоматического повторного включения. В таких электроустановках должны быть плакаты, требующие отключения внешнего питания при проведении ремонтных работ.

Несколько комплектов описанных устройств (ограничитель пускового тока в комплекте с устройством автоматического повторного включения) были использованы в мощных зарядных устройствах производства компании ELCO с выходными напряжениями 220 В и 60 В.