

## Устройство управления электродинамическим приводом коммутационного аппарата

Гуревич В.И., канд. техн. наук (Израиль)

Повышение надежности электроэнергетических систем во многом связано с увеличением быстродействия силовых коммутационных аппаратов как низкого, так и высокого напряжения. Существенного увеличения быстродействия таких аппаратов можно достичь путем применения так называемых электродинамических приводов. Конструкция такого привода достаточно проста: две неподвижные катушки, укрепленные соосно на штыревом магнитопроводе на расстоянии около 50 — 100 мм одна от другой, и подвижная катушка, расположенная на том же магнитопроводе между ними и механически связанная с контактной системой посредством изоляционной тяги. Для того чтобы такой привод мог создавать необходимые тяговые усилия (примерно 15 — 20 кг), через его катушки необходимо пропускать импульсы тока с амплитудой 500 — 1000 А, при этом должна обеспечиваться возможность изменения направления протекания этого тока в катушках. Кроме того, следует предусмотреть вероятность включения аппарата с таким приводом на внешнее к.з., возможность обрыва цепи оперативного питания и другие аварийные режимы.

Для решения этих проблем по заказу одной из частных фирм Израиля автором разработано

универсальное устройство управления таким приводом для нового силового коммутационного аппарата.

Устройство (рис. 1) состоит из двух идентичных накопителей энергии, собранных по схеме удвоения напряжения на диодах  $VD1 - VD4$  и конденсаторах  $C1 - C4$ , снабженных индикаторами полной зарядки конденсаторов на неоновых лампах  $HL1, HL2$ . Устройство содержит также два импульсных полупроводниковых коммутатора на мощных тиристорах ( $VS1, VS4$  и  $VS2, VS3$ ), включенных по мостовой схеме и обеспечивающих реверс тока разряда накопительных конденсаторов в катушке  $L1$  привода.

В связи с тем что амплитуда импульса тока в катушках привода может достигать 800 — 1000 А при высокой скорости его нарастания, возникает опасность прожога полупроводниковой структуры тиристоров  $VS1 - VS4$  из-за локализации области включенного состояния на малой площади  $p-n$ -перехода при ограниченной скорости расширения этой площади в процессе отпирания тиристоров. Для повышения надежности работы тиристоров в таком режиме управление ими осуществляется импульсами тока, значительно превышающими значение статического тока отпирания тиристоров данного

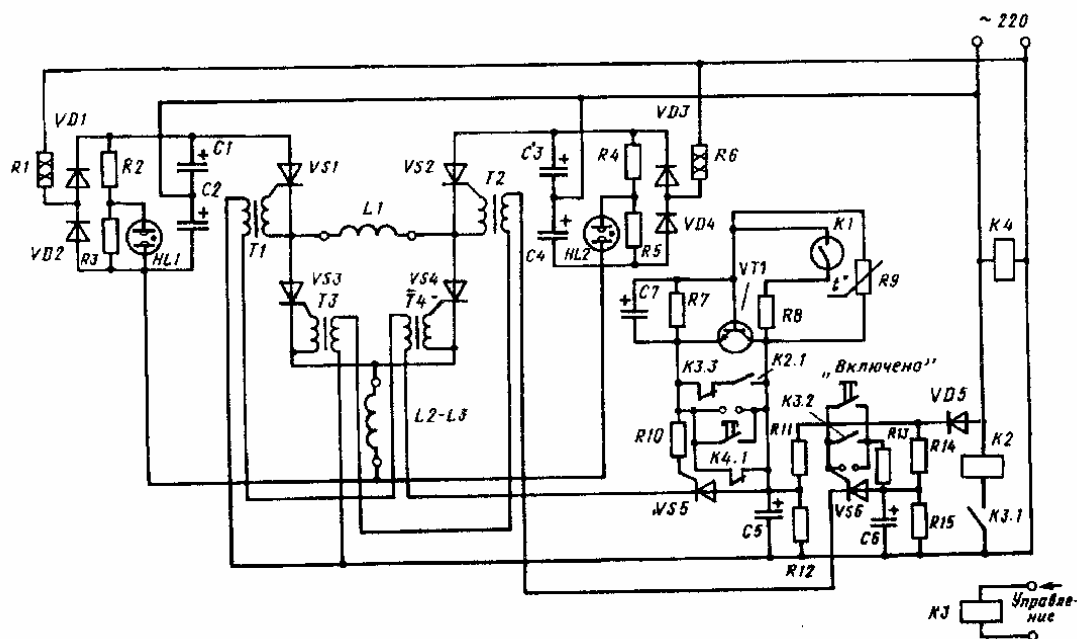


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема устройства управления электродинамическим приводом:  $L1$  — подвижная катушка привода;  $L2 - L3$  — неподвижная катушка привода, состоящая из двух частей

типа (не менее 1 — 2 А). Импульсы тока управления формируются во вторичных обмотках импульсных трансформаторов  $T1 — T4$  при разряде на их первичные обмотки конденсаторов  $C5$  и  $C6$  через тиристоры  $VS5, VS6$ . Последние работают в стандартном режиме и управляются за счет подачи в цепь управления тока из анодной цепи, соответствующего статическому току отпирания. Значение тока, необходимого для отпирания каждого конкретного экземпляра тиристора, устанавливается в такой схеме автоматически, а после отпирания цепь управления автоматически шунтируется низким сопротивлением открытого  $p-n$ -перехода.

В качестве датчиков тока к.з. или перегрузки использованы герконовые датчики низкого и высокого напряжения, аналогичные разработанным автором ранее [1 — 3]. Датчики располагаются непосредственно на токоведущей шине, подходящей к коммутационному аппарату  $K1$ , и подключаются к схеме управления. Датчики такого типа позволяют контролировать протекающий через аппарат ток в пределах 300 — 15 000 А и выдавать команду на отключение аппарата за время примерно 0,5 — 0,8 мс. С целью повышения надежности работы герконового датчика  $K1$  и облегчения его режима коммутации он подключен к входу усилительного каскада на высоковольтном маломощном транзисторе  $VT1$ , который в свою очередь уже управляет тиристором  $VS5$ . Термистор  $R9$  служит для контроля теплового состояния токоведущей шины, подходящей к аппарату, и обеспечивает работу устройства управления в режиме теплового расцепителя.

Электромагнитные реле  $K2 — K4$  обеспечивают требуемый алгоритм функционирования устройства управления, а также используются в качестве узлов гальванической развязки цепей и элементов выдержки времени. Собственные времена срабатывания этих реле не влияют на время отключения коммутационным аппаратом аварийных токов.

Включение привода коммутационного аппарата осуществляется подачей напряжения на обмотку реле  $K3$ . При этом замыкается контакт  $K3.1$  в цепи обмотки реле  $K2$  и одновременно размыкается контакт  $K3.3$  и замыкается контакт  $K3.2$ . Цепь управления тиристором  $VS5$  остается разомкнутой даже после срабатывания реле  $K2$  и замыкания его контакта  $K2.1$ , а цепь управления тиристора  $VS6$  замыкается, и он отпирается, обеспечивая разряд предварительно заряженного конденсатора  $C6$  на обмотки импульсных трансформаторов  $T2$  и  $T3$ . При этом отпираются тиристоры  $VS2$  и  $VS3$ , обеспечивающие разряд предварительно заряженных накопительных конденсаторов  $C3$  и  $C4$  через катушки привода  $L1 — L3$ . Под действием электродина-

мических усилий, возникающих между катушками  $L1$  и  $L2 — L3$ , происходит механическое перемещение частей привода и замыкание контактов коммутационного аппарата.

Для выключения аппарата необходимо снять входной сигнал с обмотки реле  $K3$ , в результате чего замкнутся контакты  $K3.3$  (при замкнутых контактах  $K2.1$ ) в цепи управления тиристора  $VS5$  и разомкнутся контакты  $K3.1$ . Однако благодаря тому, что собственное время возврата реле  $K2$  составляет 10 — 15 мс, размыкание его контакта  $K2.1$  произойдет с той же задержкой, достаточной для отпирания тиристора  $VS5$  и подачи импульса тока в обмотки трансформаторов  $T1$  и  $T4$ . При этом отпираются тиристоры  $VS1$  и  $VS4$  и конденсаторы  $C1$  и  $C2$  разряжаются через катушки привода  $L1$  и  $L2 — L3$ . Под воздействием возникающих между ними электродинамических усилий противоположного (по сравнению с описанным выше) направления обеспечивается перемещение частей привода в обратную сторону и размыкание контактов аппарата.

В случае включения аппарата на к.з. сразу же после разряда конденсаторов  $C3$  и  $C4$  через тиристоры  $VS2$  и  $VS3$  и соответствующего перемещения частей привода начинается вибрация контакт-деталей геркона  $K1$  с частотой 100 Гц под действием магнитного поля тока к.з., протекающего по шине. При первом же замыкании геркона отпираются транзистор  $VT1$ , тиристор  $VS5$  и далее тиристоры  $VS1$  и  $VS4$ , обеспечивающие формирование в катушках  $L1$  и  $L2 — L3$  импульса тока, вызывающего размыкание выключателя коммутационного аппарата.

Для повторного включения аппарата нужно снять сигнал управления с катушки  $K3$  и через некоторое время (10 — 15 с), необходимое для зарядки накопительных конденсаторов, вновь подать сигнал управления на катушку  $K3$ . При этом для правильной работы устройства сопротивления резисторов  $R11$  и  $R14$  должны удовлетворять условию

$$R_{11, 14} > \frac{U_c}{I_{уд}}$$

где  $U_c$  — амплитудное напряжение сети, В;  $I_{уд}$  — паспортное значение тока удержания тиристоров  $VS5$  и  $VS6$ , А.

С помощью реле  $K4$  обеспечивается контроль наличия оперативного напряжения в питающей сети. При его исчезновении контактом  $K4.1$  этого реле осуществляется принудительное отключение аппарата. Устройство снабжено также кнопками "Включено" и "Выключено", обеспечивающими ручное управление. Параллельно этим кнопкам подключены свободные зажимы, к которым при необходимости могут

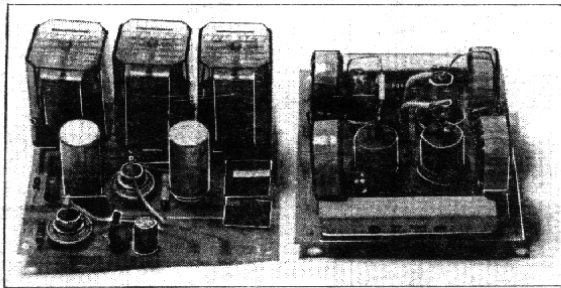


Рис. 2. Внешний вид образца устройства, изготовленного на основе элементов, выпускаемых в СНГ

быть подсоединены различные внешние устройства автоматики.

Для стран СНГ автором специально разработан вариант устройства на базе элементов, производимых в СНГ. Устройство (рис. 2), кроме накопительных конденсаторов  $C1 - C4$ , размещается на двух печатных платах размером  $100 \times 100$  мм. В макетном образце были использованы тиристоры типов Т142-80-10 ( $VS1 - VS4$ ), КУ202Д ( $VS5$  и  $VS6$ ), транзистор КТ605БМ ( $VТ1$ ), резисторы ПЭВ-20 ( $R1$  и  $R6$ ). В качестве накопительных конденсаторов  $C1 - C4$  могут быть использованы конденсаторы

К50-17 (400 В, 1000 мкФ), в качестве реле — электромагнитные реле типа РП-21.

Описанное универсальное устройство управления можно применять совместно с электродинамическим приводом в различных конструкциях электрических коммутационных аппаратов: высоковольтных выключателях и короткозамыкателях, контакторах, автоматических выключателях. Устройство может быть дополнено узлом, контролирующим момент прохождения синусоиды коммутируемого тока через нулевое значение. В этом случае оно может обеспечить так называемое синхронное отключение, облегчающее процесс гашения дуги на контактах и существенно повышающее технико-экономические показатели коммутационных аппаратов.

#### Список литературы

1. Патент 1802884 СССР. Высоковольтный датчик тока В.И. Гуревича/В.И. Гуревич — Открытия. Изобретения, 1993, № 10.
2. Гуревич В.И. Комплекс устройств релейной защиты и автоматики на базе высоковольтных изолирующих интерфейсов для сетей 6 — 10 кВ. — Промышленная энергетика, 1991, № 6.
3. Гуревич В.И. Новые типы защитных реле серии "Квазитрон" — Промышленная энергетика, 1994, № 6.