

High speed load protection against short circuit current based on triggered vacuum switches

N. V. Matveev, I. A. Ivannikov, D. A. Khabarov

High Voltage Scientific and Research Center, Branch of The Lenin's All-Russian Electrotechnical Institute, Istra, Moscow region, Russia

Load protection against short circuit current when internal breakdown occurs is considered. Performances of the high voltage and high current devices suitable for the crowbaring switch are analyzed. Triggered vacuum switches application for this purpose is based. Result of the 80 kV and 120 kV Crowbar design and tests with the current up to 10 kA are given.

УДК 621.373

Коммутационные устройства для обеспечения сильноточных высоковольтных импульсов

А. Б. Кобелев, Е. И. Лапшин, А. И. Сидоренков, А. Ф. Харченко

Высоковольтный научно-исследовательский центр (ВНИЦ ВЭИ)— филиал ГУП "Всероссийский электротехнический институт им. В. И. Ленина", г. Истра, Московская обл., Россия

Для коммутации однократных высоковольтных сильноточных импульсов применяются коммутационные устройства различных типов и конструктивных исполнений. Рассмотрены опыт создания коммутаторов для наносекундного и микросекундного диапазонов, характерные особенности и основные отличия от других типов коммутирующих устройств.

В установках импульсной техники для медицины, электрофизических исследований, испытаний аппаратуры на стойкость к воздействию импульсов тока и напряжения, для формирования мощных импульсных электромагнитных полей и других целей применяются коммутирующие устройства различных типов и конструктивных исполнений. В качестве коммутаторов в таких устройствах используются транзисторы, тиристоры, разрядники, вентили и другие приборы. Выбор коммутирующего устройства определяется не только техническими характеристиками коммутаторов, но и экономическими показателями устройства в целом, так как для коммутации импульсов тока и напряжения в определенных диапазонах величин наиболее эффективно применение разных типов коммутаторов.

Особенностью работы многих коммутирующих устройств является возможность регулирования параметров коммутируемых импульсов, таких как длительности фронтов и максимальные значения величин токов и напряжений. Создание устройств, способных также регулировать и длительность импульса, — достаточно сложная инженерно-техническая задача, которая значительно усложняется при коммутации токов и напряжения в десятки

килоампер и сотни киловольт, поэтому длительность импульса чаще определяется другими элементами установки.

Ниже описан опыт создания двух типов коммутирующих устройств: одно — на основе разрядника, другое — на основе тиристоров.

Для создания коммутирующего устройства, способного коммутировать однократные наносекундные импульсы с максимальными значениями тока десятки килоампер при напряжении до 1,5 млн. В, предлагается использовать неуправляемый газонаполненный разрядник. Обострение фронтов коммутируемых импульсов можно производить с помощью дополнительной емкости со значительно меньшими параметрами, чем емкость источника. Конструктивной особенностью такого устройства может являться размещение в одном корпусе разрядника и емкости, что позволит решать проблему высоковольтной изоляции двух элементов устройства одновременно (рис. 1).

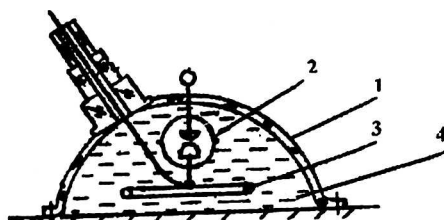


Рис. 1. Коммутирующее устройство:

- 1 — корпус; 2 — коммутатор; 3 — резонатор;
4 — масло трансформаторное

Форма корпуса, его геометрические размеры, взаимное расположение коммутатора, емкости и ввода оптимизируются с точки зрения обеспечения высоковольтной изоляции, минимального расхода трансформаторного масла и материалов, применяемых для изготовления деталей и узлов коммутирующего устройства. Конструкция предусматривает применение комбинированной изоляции из твердых и жидких диэлектриков, с близкими по величине показателями диэлектрической проницаемости.

Для поддержания высоких диэлектрических свойств изоляции необходимо создавать систему контроля и восстановления диэлектрических свойств жидкого диэлектрика, а для уменьшения возможности пробоя по поверхности корпуса — коммутирующему устройству в целом и отдельным его элементам и вводу придается специальная форма с увеличенной длиной пути пробоя по поверхности.

Сферическая форма корпуса коммутатора наиболее оптимальна для размещения в минимальном объеме электродов, системы отверстий для подачи и отвода газов и механизма изменения величины зазора между электродами. Один из электродов коммутатора соединяется с дисковым резонатором, который вместе с заземленной плоскостью образует обостряющую емкость. В качестве изолирующих газов в коммутаторе могут применяться азот, элегаз, их смеси и другие газы. Изменяя величину зазора между электродами коммутатора, род газа или смеси, величину давления можно регулировать в определенном диапазоне параметры коммутируемого импульса: длительность фронта и максимальное значение напряжения, зависимость которых от величины давления газа близка к линейной. Величина максимального значения напряжения также пропорциональна расстоянию между электродами разрядника. С использованием изложенных принципов построения было создано коммутирующее устройство, способное коммутировать импульсы с диапазоном длительностей фронтов (5—15) нс, с диапазоном максимальных значений напряжений 300—1200 кВ, при этом длительность импульса может достигать 1 мкс, а максимальные значения тока — до 15 кА.

Коммутирующее устройство, в котором в качестве коммутаторов используются тиристоры, предназначено для коммутации однократных импульсов с длительностями фронтов — единицы микросекунд и длительностями импульсов до сотен миллисекунд. Характерной особенностью такого устройства (рис. 2), в отличие от традиционной схемы построения, является применение независимого электропитания цепи управления тиристорами, что позволяет использовать для питания основной цепи источник относительно малой мощности и расширить диапазон рабочих напряжений и токов. Система синхронизации и одинаковая мощность запускающего импульса для каждой ступени позволяют существенно улучшить динамические характеристики коммутирующего устройства в целом.

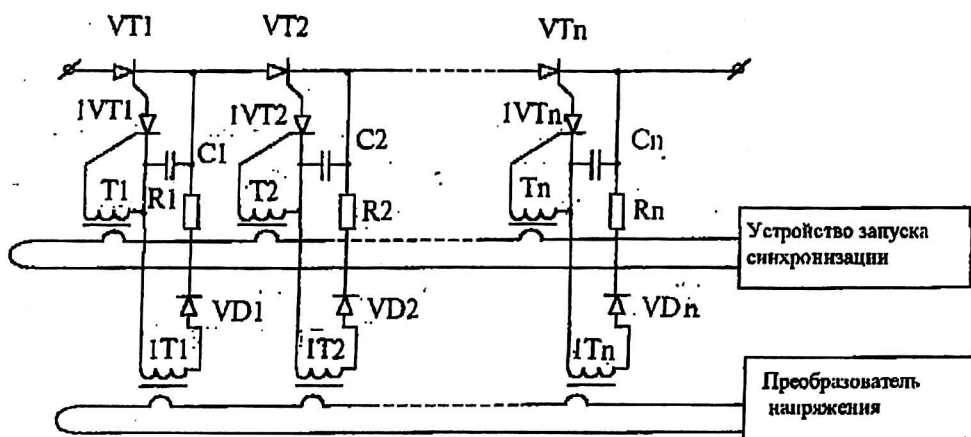


Рис. 2. Электрическая схема:

VT_1 — VT_n — тиристоры силовой цепи; IVT_1 — IVT_n , C_1 — C_n , R_1 — R_n ,

Tr_1 — Tr_n — элементы устройства синхронизации; VD_1 — VD_n ,

IT_1 — IT_n — элементы преобразователя напряжения

Величины максимальных значений тока и напряжения на выходе коммутирующего устройства определяются типом и количеством параллельно-последовательно соединенных тиристоров.

Величина выходного напряжения такого коммутирующего устройства может изменяться от сотен вольт до десятков киловольт, при этом величина тока может достигать десятков килоампер. Высоковольтная изоляция цепей управления и синхронизации определяется изоляцией связывающего проводника, рассчитанная на полное рабочее напряжение коммутатора. Последовательное расположение трансформаторов цепей управления и синхронизации позволяет значительно уменьшить величину их изоляции на каждой ступени.

Тиристорное коммутирующее устройство, созданное по предложенной схеме, коммутирует однократные импульсы с длительностями фронтов 3—5 мкс и длительностью импульсов до 100 мс, а максимальные значения напряжения изменяются от 5 до 50 кВ при токе до 100 кА.

Оба коммутирующих устройства (тиристорное и с разрядником) отличает надежная работа в указанных амплитудно-временных диапазонах. Безотказная наработка составила по несколько тысяч импульсов.

Switches for maintenance high-voltage high-current pulses

A. B. Kobelev, E. I. Lapshin, A. I. Sidorencov, A. F. Kcharchenko
High Voltage Scientific and Research Center, Branch of The Lenin's All-Russian Electrotechnical
Institute, Istra, Moscow region, Russia

The switches of various types and designs are applied to switching solitary high-voltage high-current pulses. In clause the experience of creation of switchboards for nanosecond and microsecond ranges, characteristics and basic differences from other types of switching devices is considered.