

## ТИПЫ РАЗМЫКАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### Юрченко Владислав Олегович

студент, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

### Петров Эдуард Васильевич

студент, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению различных видов размыкателей постоянного тока, а также разработке макета размыкателя постоянного тока с минимальными габаритными размерами. Основой для создания макета служит размыкатель защитный с приводом на основе взрывчатого вещества, которое в макете будет заменено на взрывающийся проводник.

### Введение

Существуют определенные сферы жизнедеятельности, где постоянный ток прочно удерживает свои лидирующие позиции. В первую очередь это относится к электроприводам. Двигатели на постоянном токе позволяют формировать самые разнообразные электротехнические характеристики, которые недоступны при использовании переменного тока.

Другим преимуществом использования постоянного тока является высоковольтные ЛЭП постоянного тока, который могут оказаться более экономичными при передаче больших объёмов электроэнергии на большие расстояния. Использование постоянного тока для подводных ЛЭП позволяет избежать потерь реактивной мощности, из-за большой ёмкости кабеля неизбежно возникающих при использовании переменного тока.

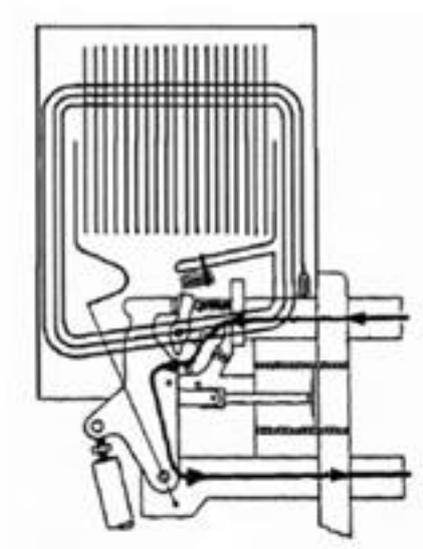
В системах постоянного тока относительное направление тока имеет особую важность, поэтому необходимо присоединение нагрузки со строгим соблюдением полярности. Ошибки неотвратимо приводят к тяжёлым аварийным процессам. Например, если аккумуляторная батарея будет подключена к источнику с неправильной полярностью, произойдет её перегрев с дальнейшим закипанием электролита и последующим возможным разрушением её корпуса, которое обычно носит взрывной характер. При питании обратной полярностью серьёзные повреждения могут так же возникнуть и во многих электронных цепях.

Переход на потребление постоянного тока требует существенного обновления оборудования и изменения технических норм и условий использования энергии. Следовательно, необходим правильный подбор и разработка новой коммутационной аппаратуры для цепей постоянного тока[1].

### Виды выключателей и принципы действия

Воздушные магнитные выключатели в качестве устройства прерывания используют дугогасительную камеру. Отключение тока происходит за счет удлинения дуги и её соприкосновения с керамическими пластинами, обеспечивающими охлаждение продуктов её

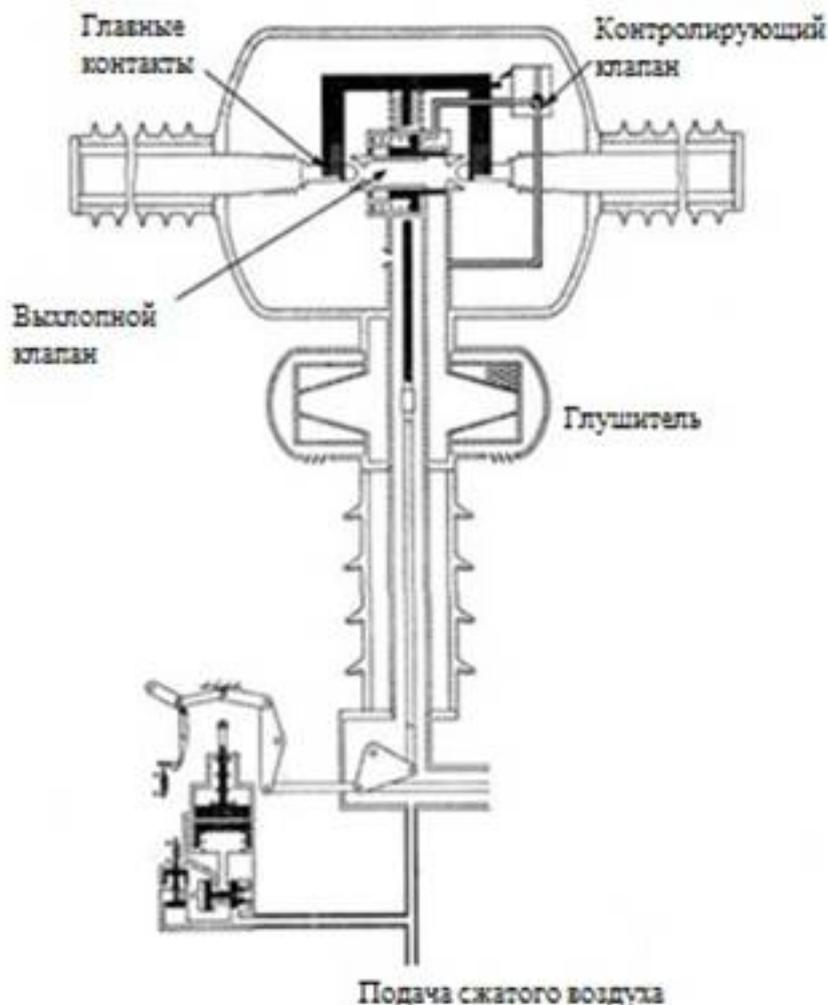
горения [2]. Этот выключатель изображен на рис. 1.



***Рисунок 1. Воздушный магнитный выключатель***

Воздушный взрывной выключатель гасит дугу через отверстие взрывного клапана при разделении дугового контакта. Сжатый воздух, проходящий через дуговые контакты, приводит к увеличению диэлектрических характеристик в дуговом промежутке, а также к быстрому охлаждению [1]. Конструкция такого выключателя для сетей высокого напряжения представлена на рис. 2.

На производительность воздушного взрывного выключателя в основном влияют рабочее давление, диаметр сопла и ток прерывания, магнитный же выключатель больше зависит от напряжения и возможностей размыкания. Недостатками таких выключателей являются большие размеры и стоимость по сравнению с другими выключателями.



**Рисунок 2. Воздушный взрывной выключатель**

Также необходимо отметить системы выключателей постоянного тока на основе полупроводниковых элементов. CSC обладают естественной способностью противостоять коротким замыканиям, так как индукторы постоянного тока могут способствовать ограничению токов при неисправных условиях эксплуатации. VSC более уязвимы к повреждениям линии, поэтому кабели более привлекательны для приложений VSC-HVdc. Неисправности на стороне постоянного тока систем VSC HVdc также можно устранить с помощью автоматических выключателей постоянного тока (CB). [3]

### **Устройство и принцип работы размыкателя с приводом на основе взрывчатого вещества**

Размыкатель состоит из двух функциональных единиц: коммутирующей части и отделителя, соединенных последовательно. Обе части размыкателя работают независимо друг от друга и для срабатывания используют энергию, выделяющуюся при детонации небольшого заряда взрывчатого вещества [4].

Коммутирующая часть состоит из тонкостенного медного цилиндра с кольцевыми проточками, внутри которого расположен заряд взрывчатого вещества. Внутренний объем цилиндра заполнен водой. После детонации заряда цилиндр разрывается по кольцевым проточкам – концентраторам напряжения. Гашение электрической дуги происходит за счет охлаждения водой, выходящей из внутреннего объема цилиндра, после его разрушения.

В основном тепло выделяется в токоведущем цилиндре коммутирующей части, охлаждение которого осуществляется в режиме приповерхностного кипения и существенно зависит от давления воды внутри цилиндра.

Коммутационная секция способна прерывать ток, отводя его на разрядные резисторы, а затем выдерживать высокое напряжение, которое появляется на клеммах размыкателя в течение 0,1 с.

Защитный размыкатель, конструкция которого показано на рис. 3, состоит из переключающего участка и разделителя.

Секция переключения размыкателя содержит тонкий разрушаемый токоподводящий элемент, соединенный на обоих его концах с токоподводами. Заряд взрывчатого вещества расположен вдоль оси цилиндра. На цилиндре предусмотрены круглые канавки, служащие концентраторами напряжений и обеспечивающие образование множественных зазоров после срабатывания заряда.

### Макет размыкателя постоянного тока

Основой для разработки макета размыкателя постоянного тока служит размыкатель защитный с приводом на основе взрывчатого вещества.

Главное отличие данного макета размыкателя от Pirobreaker в том, что приводом в размыкателе служит взрывающийся проводник. Также необходимо отметить модернизацию конструкции, что в лучшую сторону отражается на габаритах данного аппарата. Он существенно меньше Pirobreaker.

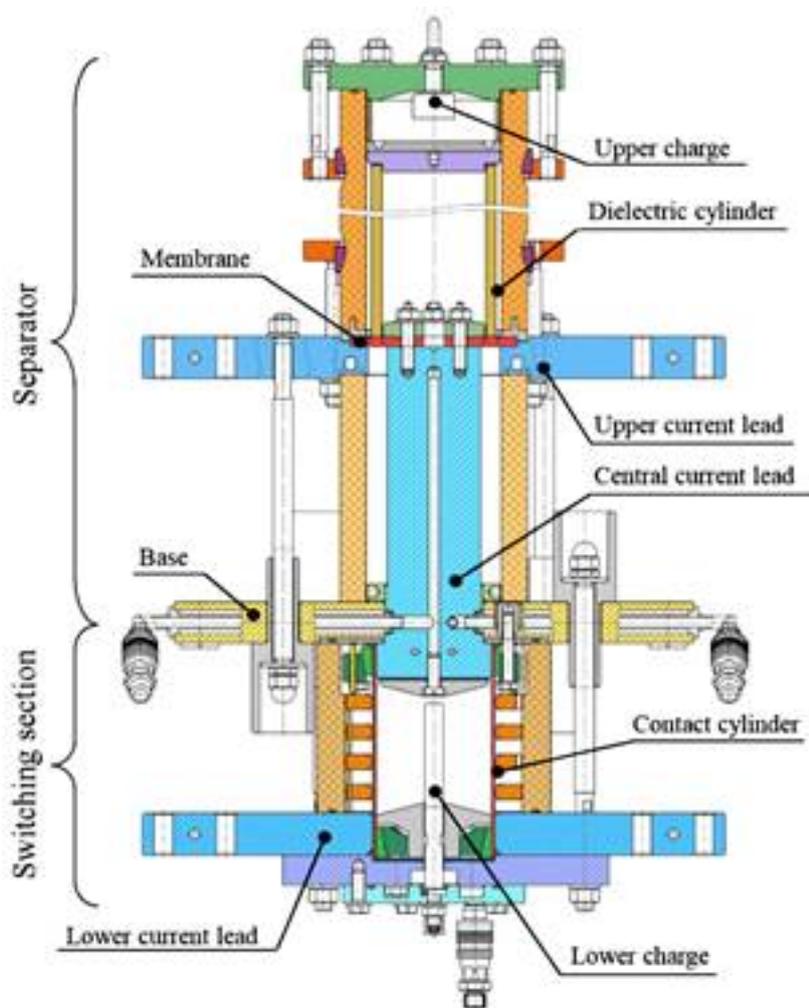
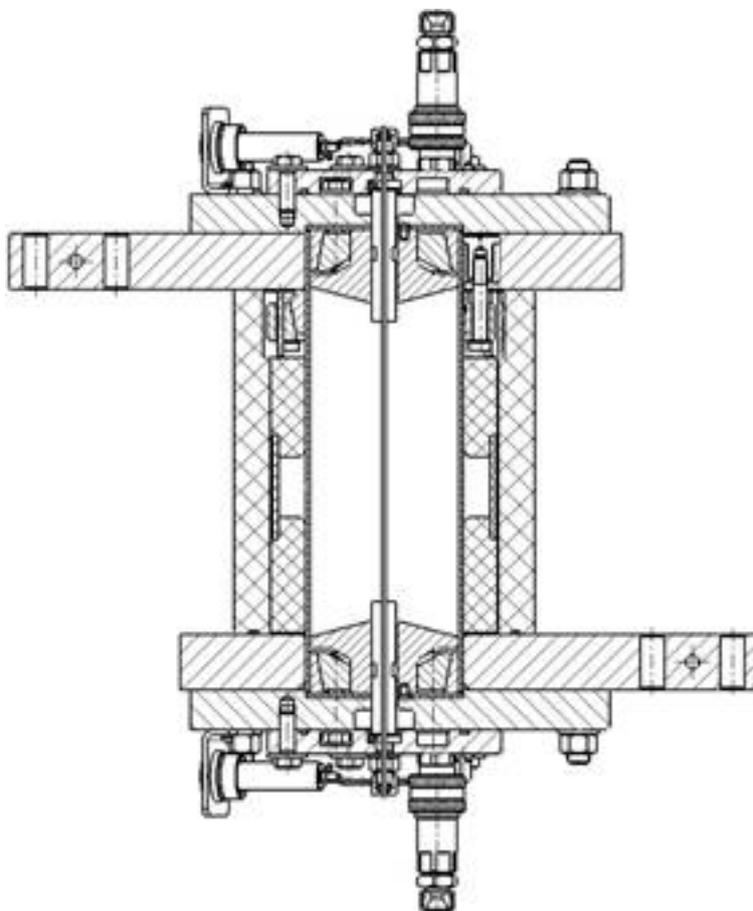


Рисунок 3. Размыкатель защитный Pirobreaker

Секция переключения размыкателя с приводом на основе взрывающегося проводника содержит тонкий разрушаемый токоподводящий элемент, соединенный на обоих его концах с токоподводами. Проводник расположен вдоль оси цилиндра. На цилиндре предусмотрена круглая канавка, служащая концентратором напряжения и обеспечивающая образование зазора после разрывания проводника. Два диэлектрических кольца установлены вокруг контактного цилиндра и расположены таким образом, чтобы обеспечить надлежащее разрушение цилиндра. На рис. 4 приведен эскиз будущего макета размыкателя постоянного тока.

В непрерывном режиме работы деминерализованная вода протекает через внутреннюю полость контактного цилиндра, обеспечивая его охлаждение. Во время текущего процесса коммутации эта вода выступает в качестве среды для распространения ударной волны, создаваемой взрывом проводника. При разрыве проводника возникает плазменный канал, который расширяясь, толкает воду в сторону тонкого токопроводящего разрушаемого элемента. Усредненные по сечению характеристики плазмы электровзрыва легко определяются, если известно пространственно-временное развитие канала разряда. Принципы генерации ударной волны при взрыве проводника в воде описаны подробно в [5]. При достижении контактного цилиндра ударная волна приводит к разрушению цилиндра вдоль круглой канавки. В образовавшихся зазорах появляется электрическая дуга, которая гасится потоком воды.



*Рисунок 4. Эскиз размыкателя постоянного тока*

## **Заключение**

Предложенный макет позволяет исследовать электрические и механические параметры процесса размыкания постоянного тока в аппаратах типа Pirobreaker, а также размыкателях с приводом на основе взрывающегося проводника. Изучение процесса распространения

ударной волны в жидкости, влияния взрыва проводника на процесс коммутации и возможности его применения в качестве «привода» позволяет оценить перспективы разработки новых устройств для коммутации постоянных токов.

### **Список литературы:**

1. Garzon, R.D., HV Circuit Breakers: Design and applications, Square D Co., Marcel Dekker, 1996, pp 129-222.
2. T. Kelsey and H. C. Petty, "The Air-Blast Circuit Breaker", Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 275, No. 1248, The Royal Society, 30 Aug., 1973, pp. 131-138.
3. Nikolas Flourentzou, Vassilios G. Agelidis, Georgios D. Demetriades, VSC-Based HVDC Power Transmission Systems: An Overview 3 Mar., 2009, pp. 593.
4. Аванесов С.Д., Манзук М.В. Применение взрывчатых веществ в приводе коммутационных аппаратов постоянного тока // Завалишинские чтения: сб. докл.: / СПб.: ГУАП, СПб., 2011, с. 25-30.
5. Yakov E. Krasik, Alon Grinenko, Arkady Sayapin, Sergey Efimov, Alexander Fedotov, Victor Z. Gurovich, Vladimir I. Oreshkin: Underwater Electrical Wire Explosion and Its Applications.