

## ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ СИНХРОННЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ СОВЕРМЕННЫХ ВАКУУМНЫХ КАМЕР

Гилёв А.А., к.т.н., доц.,

Севастопольский Национальный технический университет

Украина, 99053, Севастополь, студгородок, кафедра "Судовые и промышленные электромеханические системы"  
тел. (0692) 235-272

*У статті розглядається можливість створення вакуумних вимикачів з урахуванням особливостей випуску серійно вакуумних дугогасительних камер; пропонуються шляхи рішення виникаючих при цьому проблем.*

*В статті розглядається можливість створення вакуумних вимикачів з урахуванням особливостей випуску серійно вакуумних дугогасительних камер; пропонуються шляхи рішення виникаючих при цьому проблем.*

### ВСТУПЛЕНИЕ

В настоящее время для коммутации силовых электрических цепей среднего напряжения все более широкое применение находят вакуумные выключатели (ВВ), обладающие целым рядом преимуществ перед другими типами выключателей.

Высокие технические и эксплуатационные характеристики ВВ обеспечиваются в основном свойствами вакуумных дугогасительных камер (ВДК), входящих в их конструкцию. Вместе с тем ВДК являются наиболее дорогостоящим элементом ВВ. Так, для вакуумных выключателей фирмы АВВ стоимость ВДК составляет 70% от его общей стоимости. Очевидно, что при таком соотношении экономический эффект применения ВВ в значительной степени зависит от того, насколько полно используется ресурс ВДК. Как показывает сопоставление технических характеристик ВДК и ВВ, имеется существенное различие между их коммутационной и механической износостойкостью, особенно в режиме коммутации номинально отключаемых токов.

В зависимости от режима работы, коммутационная износостойкость ВДК в 2 ... 7 раз ниже механической. Следовательно, имеется возможность значительного продления срока службы ВДК путем увеличения их коммутационной износостойкости.

В ВВ она определяется электрической энергией на контактах ВДК, существенно зависящей от таких параметров, определяющих нагрев контактов, как величина тока дуги отключения и длительность горения дуги, то есть фактически от количества электричества, протекающего через контакты.

Начало размыкания контактов обычного (не синхронного) выключателя является случайной величиной и может соответствовать различным моментам данного полупериода отключаемого тока (нарастание тока, максимальное его значение, убывание тока, прохождение его через ноль). Поэтому минимальное время гашения дуги в этих ВВ составляет от 5 до 15 мс. Условия гашения дуги при размыкании контактов в начале полупериода отключаемого тока будут существенно более тяжелыми, чем при размыкании контактов в момент, предшествующий переходу тока через ноль.

Если энергию, которая выделяется в дуге в промежуток за время горения дуги в течение одного полупериода промышленного тока (10 мс) принять за 100%, то энергия, выделяемая в дуге в промежуток при разведении контактов за 3 мс до перехода через ноль составит 21%, а при размыкании контактов за 2 мс до ноля – 10%. Уменьшение энергии, выделяющейся в дуге в промежуток, ускоряет процесс деионизации и позволяет значительно повысить величину

отключаемого тока по сравнению с обычным режимом ВДК при прочих равных условиях.

Выключатель с ускоренным движением контактов может дать весьма благоприятные условия для отключения холостых линий без повторных пробоев и, следовательно, без перенапряжений, опасных для изоляции электрооборудования. Быстрое нарастание холодной прочности является в значительной степени результатом быстрого разведения контактов даже без применения принципа синхронизации начала расхождения контактов.

Идея синхронного отключения токов вакуумными выключателями представляется перспективной для высоких значений номинально отключаемых токов и увеличения эксплуатационного ресурса как вакуумных камер, так и ВВ в целом. Кроме того, синхронизированное быстродействующее отключение уменьшает длительность короткого замыкания, и, следовательно, уменьшает термическое действие токов на электрооборудование и повышает устойчивость энергосистем.

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВАКУУМНЫХ КАМЕР ДЛЯ СИНХРОННОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

Одним из требований, предъявляемых к синхронным выключателям, является малое время срабатывания, которое должно составлять менее  $\frac{1}{4}$  периода отключаемого тока. При промышленной частоте 50 – 60 Гц, четверть периода составляет 5...4,2 мс.

Вакуумная камера фирмы "Сименс" в разрезе представлена на рисунке.

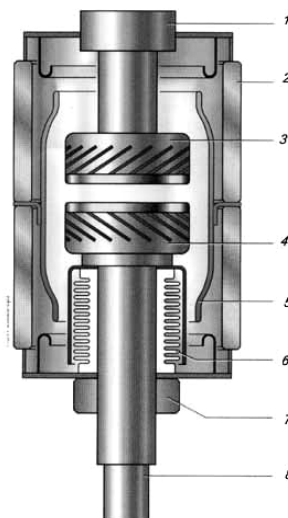


Рис. Вакуумная дугогасительная камера (пример)

Здесь 1 – контактный диск; 2 – изолятор; 3 – фиксированный контакт; 4 – подвижный контакт; 5 – дуговой экран; 6 – металлический сильфон; 7 – направляющая втулка; 8 – соединительный шток.

Выпускаемые ныне вакуумные дугогасительные камеры имеют ограничения по скорости перемещения подвижного контакта. Это связано с механическими свойствами сильфона, отделяющего внутреннюю полость камеры от окружающей среды и одновременно обеспечивающего подвижность одного из контактов. Верхняя граница скорости перемещения подвижного контакта современных ВДК составляет 1,4...2 м/с. С другой стороны различные ВДК имеют разную величину расстояния между контактами в разомкнутом состоянии ( $d$  мм).

Минимально допустимое время полного расхождения контактов ВДК  $t_n$  можно найти как частное от деления расстояния между контактами  $d$  в мм на максимально допустимую скорость перемещения подвижной части ВДК,  $V_{\dot{a}i\ddot{i}}$  в м/с:

$$t = d/V_{\dot{a}i\ddot{i}} \text{ (мс).}$$

Параметры некоторых вакуумных камер, выпускаемых различными странами, а также вычисленное значение  $t_n$  представлены в таблице.

Вакуумные камеры более раннего выпуска (КДВ-21; КДВ-35) имели контактные наконечники,

выполненные из вольфрама для уменьшения величины эрозионного износа. Вольфрам обладает малой эмиссионной способностью при коммутации, контакты вследствие этого разогревались незначительно и поэтому ход подвижного контакта был невелик и составлял 4...10 мм. Однако вольфрамовые контакты, несмотря на определенные преимущества перед контактами из других материалов, давали большие токи среза при отключении, что вызывало значительные перенапряжения в коммутируемой цепи. Этот факт значительно затормозил процесс широкого применения вакуумных выключателей.

Новое поколение вакуумных камер имеют композиционный состав контактов (Cu, Cr) [1], имеющий по сравнению с вольфрамом более «мягкую» характеристику отключения из-за более высокой автоэлектронной эмиссионной способности. За это положительное качество приходится расплачиваться большим ходом подвижного контакта (в некоторых случаях до 60 мм) и, как следствие, пониженным быстродействием. Как следует из таблицы, по минимальному времени срабатывания требованиям синхронного отключения отвечает лишь морально-устаревшие вакуумные дугогасительные камеры типа КДВ-21 с вольфрамовыми контактами.

Таблица

Характеристики вакуумных камер

| Страна         | Фирма                       | Тип камеры     | $U_n$ , кВ | $I_n$ , А | Коммут. ресурс циклы | Ход конт., мм | Макс. допуст. скорость $V_{max}$ , м/с | Миним. время срабат. $t_{min}$ , мс |
|----------------|-----------------------------|----------------|------------|-----------|----------------------|---------------|--|-------------------------------------|
| Украина        | ПО "Полярон"                | КДВ-21         | 15         | 300       | 150000               | 4...5         | 1...1,6                                | 2,1                                 |
|                | ПО "Октава"                 | КДВ-10-20/1600 | 10         | 1600      | -                    | 8             | 1,5...1,9                              | 4,2                                 |
| Россия         | ВЭИ                         | КДВ-35         | 35         | 1600      | 25000                | 13...14       | 1,1...1,5                              | 10                                  |
|                | НПП "Контакт"               | КДВХ-40-1600   | 12         | 1600      | -                    | 10            | 1,6...1,9                              | 5,2                                 |
| Германия       | ABB                         | VG 6           | 36         | 2000      | 30000                | 14 ± 2        | 1,2...1,5                              | 10                                  |
| Великобритания | Vacuum Interrupters Limited | V-204          | 10         | 800       | -                    | 6             | 0,8...1                                | 6                                   |
| США            | Вестингаус                  | WZ23328        | 38         | 1200      | 10000                | 16            | 1,8                                    | 9                                   |
| Япония         | "Мейденси"                  | SS-3020-835    | 36         | 1250      | 10000                | 18            | 1,5...1,8                              | 10                                  |

### ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНХРОННОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ВАКУУМНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

Общим недостатком всех выпускаемых в настоящее время ВДК с точки зрения повышения быстродействия является то, что подвижный контакт перемещается вместе с токоподводом, изготовленным из мягкой отоженной меди, причем длина подвижного токоподвода определяется габаритами камеры, сильфонного узла и необходимостью внешнего токосъема, а его сечение зависит от длительно пропускаемого тока [2].

Расчеты показывают, что в такой конструкции быстродействие не может быть увеличено сверх 1...5 мс. Кроме того, для увеличения максимально допустимой скорости перемещения подвижного контакта ВДК необходимо так изменить конструкцию сильфона, чтобы он не разрушился и выдерживал достаточное количество включения-отключения при такой скорости.

Это решение связано с серьезными конструктивными разработками и материальными затратами и может рассматриваться лишь в качестве перспективного.

Второй путь достижения синхронного отключения уже имеющимися вакуумными камерами заключается в обеспечении величины упреждения начала

разведения контактов в пределах 2...4 мс. При этом нуль отключаемого тока приходится на расстояние между контактами, равное 4...8 мм, что при продолжении подвижной части выключателя приведет к надежному погасанию дуги.

### ВЫВОДЫ

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- создание синхронных вакуумных выключателей на базе серийно выпускаемых вакуумных камер является разрешимой задачей;
- применение синхронных вакуумных выключателей позволяет резко увеличить коммутационный ресурс вакуумных камер и за счет этого получить значительный экономический эффект.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Евдокунин Г.А., Тилер Г. Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения. – С.-П.: Терция, 2000. – 114с.
- [2] Воздвиженский В.А. Вакуумные дугогасительные камеры с высоким быстродействием при отключении // Электротехника. – 1988. – №3. – С.11 - 15.

Поступила 09.09.2004