

УДК 621.316.542.9

О.Б.ЄГОРОВ, О.Ю.ЄГОРОВА, кандидати техн. наук

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ВАКУУМНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

Описано конструкцію контактів з посиленням аксіальним магнітним полем для вакуумних дугогасильних камер. Контроль за обома потужнострумовими модифікаціями дуги дозволяє зменшити швидкість розведення контактів і тим самим збільшити в кілька разів комутаційну зносостійкість камери при збереженні тієї ж здатності відключати струм короткого замикання.

Описана конструкция контактов с усиленным аксиальным магнитным полем для вакуумных дугогасительных камер. Контроль за обеими сильноточными модификациями дуги позволяет уменьшить скорость разведения контактов и тем самым увеличить в несколько раз коммутационную износостойкость камеры при сохранении той же способности отключать ток короткого замыкания.

Contact design with amplified axial magnetic field for vacuum interrupters is described. Control of both high current arc modifications allows to decrease contacts separation velocity and thereby to increase for several times as large vacuum interrupter switching endurance under the same fault current interruption ability.

Ключові слова: вакуумна дугогасильна камера, контакти, вакуумний вимикач, магнітне поле, здатність, що відключає, час дії дуги.

У наш час для деяких енергетичних установок потрібні вакуумні вимикачі з ресурсом до 100000 циклів. Такий вимикач простіше зробити, і він буде коштувати дешевше, якщо його елементи будуть піддаватися меншим механічним впливам, що може бути досягнуте шляхом зменшення швидкості руху контактів вакуумних дугогасильних камер (надалі – камер).

У результаті при зниженні швидкості збільшується частка відключень не при першому, а при другому переході струму через нульове значення, зростає нагрівання контактів і зменшується здатність, що відключає, камери. Крім того, при використанні у вимикачі камер з поздовжнім магнітним полем необхідно, щоб час існування контрагрованої дуги, що неодмінно виникає з початком другої півхвилі струму [1], обмежувалося б 3-4 мс.

Істотне перевищення цього часу може привести до втрати переваг, властивим контактам вимикача з поздовжнім магнітним полем. Зокрема, при існуванні контрагрованої дуги, зростає теплове навантаження на паровий екран, що оточує контакти. Це відбувається через більш ніж десятикратне збільшення іонного потоку, що йде на нього [2]. У результаті може відбутися перегрів парового екрану, а у

випадку недостатньої швидкості переміщення дуги навіть його зруйнування.

Контрагірована дуга може також виявитися причиною крайнього спотворення розподілу напруги, що відновлюється, між контактами і паровим екраном. Якщо після квазидифузної дуги потенціал екрану обумовлюється міжелектродними місткостями камери через 10-30 мкс після переривання струму і значення його близько до середнього арифметичного між потенціалами обох контактів, то після контрагірованої дуги ділення напруги, що відновлюється, відповідно до міжелектродних місткостей починається через 75-140 мкс. До витікання цього часу потенціал екрану практично однаковий з потенціалом позитивного контакту, і напруга, що все відновлюється, включаючи амплітуду перехідної напруги, що відновлюється, утримується лише половиною довжини ізоляційного корпусу камери і половиною міжекранних проміжків. Це спотворення розподілу напруги, що відновлюється, зберігається упродовж багатьох півперіодів промислової частоти, збільшуючи вірогідність перекриттів і пробойів внутрішньої ізоляції камери.

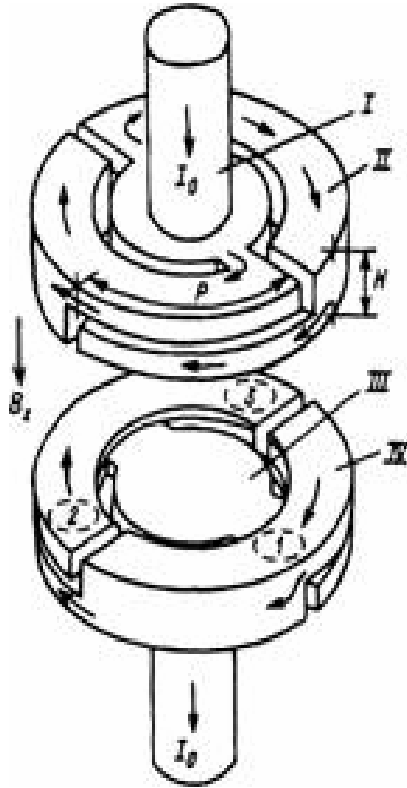
Запропонована конструкція контактів, що збуджують поздовжнє магнітне поле, та допускають роботу при зниженні швидкості. Ця якість досягнута шляхом збільшення індукції поздовжнього й радіального складового магнітного поля й оптимізації розподілу останньої в поверхні контакту.

Схематичне зображення контактів наведено на рисунку. Контакти однакові й кожний містить індуктор, що представляє кругове кільце, утворене двома східчастими дугоподібними елементами. Початки елементів з'єднуються з струмопровідним стрижнем, кінці залишаються вільними. Початкові й кінцеві ділянки суміжних елементів індуктора взаємно перекриваються на довжині $P = (0,5-3)/H$, де H – висота індуктора. Індуктором охоплюється дискової електрод, діаметр якого трохи менше внутрішнього діаметра індуктора.

Електрод своїми виступами, що електрично з'єднаний з обома дугоподібними елементами. Електрод глибше на 2-3 мм щодо контактної поверхні індуктора, у результаті в замкнутому стані контакти стикаються індукторами. Електрод і контактна поверхня індуктора мають дугостійке покриття, наприклад, з кульгавоїмідної композиції.

Струм, що відключається, I_0 тече в камері по стрижні контакту, ділиться між двома дугоподібними елементами індуктора, як це показано на рисунку стрілками, далі через вакуумну дугу переходить на інший контакт, у якому, пройшовши паралельними шляхами по дуго-

подібних елементах індуктора, знову відновлюється в струм I у стрижні.



Конфігурація контактів з посиленою індукцією магнітного поля:

1, 2, 3 – місця розташування металевих стрижнів,
що перемикають контакти й створюють вакуумну дугу;

I – стрижень;

II – дугоподібний елемент;

III – дисковий електрод;

IV – контактна поверхня

Призначення дискових електродів складається в запобіганні проникнення дугового розряду в простір усередині й до підстави індуктора, де утруднене керування розподілом щільності струму. Вони дають додаткову можливість управляти розподілом щільності струму по контактах. У контактах також є не показані на рисунку, але необхідні деталі, що забезпечують його механічну стійкість.

Підвищення індукції понад «оптимальне» значення диктується прагненням скоротити час переходу дуги з контрагірованої в квазі-дифузійну модифікацію. Це актуально при зменшенні швидкості розведення контактів, коли частішають випадки виникнення повторних запалень і пробойів, що приводять, як відзначалося, до виникнення рухливої контрагірованої дуги з її енергійнішою порівняно з квазідифузною дією на контакти і паровий екран. Зниженню локальної дії контрагірованої дуги на контакти і екран сприяє не лише скорочення часу її існування, але також збільшення швидкості переміщення по контактах внаслідок згаданого зростання B_x і відвертання фіксації на кромках радіальних прорізів, наявних на контактних поверхнях. Відвертання фіксації дуги досягається за рахунок взаємного перекриття ступінчастих дугоподібних елементів на довжині P , що призводить до додаткового збільшення радіальної складової B_r магнітного поля в околицях радіальних

З наведених даних треба, що зміна місця розташування одного стрижня на контактній поверхні або їхнього числа практично не впливає на значення компонента, що при мінімальній відстані досягає 10 мТл/кА, а при $d = 40$ мм зменшується до 4,4-4,7 мТл/кА.

Здатність, що відключає, контактів при середній швидкості руху 1,1 й 0,8 м/с і ході 16 мм визначена перериванням в однофазному ланцюзі струму 50 Гц значенням до 27 кА при амплітуді перехідного напруги, що відновлюється, 69-81 кВ і напрузі, що відновлюється, промислової частоти 34-35 кВ, що прикладається протягом 60-90 мс. Ці значення напруги, що відновлюється, є найвищими і впливають на міжконтактні проміжки в триполюсних вимикачах, застосовуваних у трифазних мережах напругою 35 кВ.

Приведений опис контактів, що збуджують подовжнє магнітне поле, які допускають роботу при зниженні швидкості. Ця якість досягнута шляхом збільшення індукції подовжньою і радіальною складових магнітного поля і оптимізації розподілу останньої у поверхні контакту. Такі контакти застосовані в камері КДВ- 35-25/1600 УХЛ2, розробленою і переданою в серійне виробництво. Вона призначена для укомплектовування вакуумних вимикачів трифазного змінного струму частотою 50-60 Гц напругою 35 кВ з номінальним струмом відключення 20-25 кА і номінальним струмом 1600 А, а також вимикачів на 110 кВ з тими ж номінальними струмами. У останньому випадку в кожному полюсі застосовуються до чотирьох камер, що з'єднані послідовно.

Конструкція контактів, що представлені в статті, має наступні позитивні якості: Максимальна сила електродинамічного стиску. Кругові

струми одного напрямку, що течуть в індукторах обох контактів, зберігаються, коли останні замкнуті між собою. При цьому виникає сила електродинамічного стиску контактів. Оскільки магніторухливі сили, що розвиваються індукторами, тут має підвищене значення й у замкнутому стані індуктори впритул притиснуті один до іншого, то сила електродинамічного стиску також виявляється максимальною. У результаті з'являється можливість послабити силу стиску контактів, що повинен розвивати привод вимикача, що сприятливо для збільшення його зносостійкості.

Електричний опір пари контактів у замкнутому стані виявляється відносно малим, незважаючи на збільшення довжини шляхів струму в індукторі. Контакти на номінальний струм 1250-2000 А з контактними поверхнями із хромідної (50%) композиції, стислі силою 1500 Н, при протіканні постійного струму мають опір відповідно від 25 до 15 мОм. Відносно мале значення опору обумовлене тим, що змикання контактів відбувається безпосередньо індукторами, завдяки чому утворюються додаткові паралельні шляхи струму.

Висновки. Збільшення індукції порушеного контактами поздовжнього магнітного поля в 1,5-2 рази щодо значення, при якому має місце мінімум напруги дуги, стабілізує здатність, що відключає, вакуумної дугогасильної камери. Стабілізація дає можливість істотно зменшити швидкість контакту при відключенні й тим самим збільшити в кілька разів комутаційну зносостійкість камери при збереженні здатності відключати струм короткого замикання та збільшити ресурс вакуумного вимикача.

1. Перцев А.А. Вакуумная дугогасительная камера для выключателей на 35 и 110 кВ / А.А. Перцев, Л.А. Рылская // Электротехника. – 1994. – № 1. – С. 35-39.

2. Селикатова С.М. Некоторые особенности движения вакуумной дуги отключения в магнитном поле / С.М. Селикатова, И.А. Лукацкая // Журнал технической физики. – 1972. – Т. XLII. Вып. 7. – С. 41-46.

Отримано 25.10.2013