

5. Исаченко В.П. Теплопередача. – М., Энергия, 1975.—486с.

6. Д.Драйздейл. Введение в динамику пожаров. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.

УДК 621.316.933

Гудим В.І., д.т.н., Стасьо Р.І., (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),  
Гудим В.В., к.т.н., Качалін В.І.

## ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Робота присвячена вдосконаленню конструкції обмежувачів перенапруги, які використовуються для захисту силового електрообладнання електроенергетичних систем. Як показали виконані експерименти, ефективність і надійність їх роботи залежить також від конструкційних параметрів.

*Вступ.* Об'єднана електроенергетична система утворює єдине електромагнітне багатоконтурне коло з великою кількістю нелінійних елементів. Окремі електричні кола різних рівнів напруги, як підсхеми загального електромагнітного кола, мають між собою зв'язки через силові трансформатори. Таким чином, будь які зміни параметрів, координат режимів чи структури кола впливають так чи інакше на всю електроенергетичну систему і на кожен її елемент зокрема. Особливо виділяються збурення, викликані вмиканнями чи вимиканнями силового електрообладнання великої потужності або грозовими розрядами при влучанні їх в електротехнічні об'єкти чи поблизу від них.

Відомо, що вмикання силових трансформаторів потужністю 60 і більше МВА супроводжується амплітудами струмів вмикання, які перевищують номінальні значення у 5-7 разів, а наявність довгих ліній транспортування електричної енергії чи потужних батарей конденсаторів після вмикання силових трансформаторів сприяє появі ферорезонансних процесів і, як наслідок, перенапруг на електрообладнанні [1,2]. Руйнівні значення комутаційних струмів та напруг різко знижують надійність систем електропостачання через пошкодження ізоляції чи деформацію струмопроводів силового обладнання і відповідно можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру не тільки місцевого, а й регіонального або навіть загальнодержавного значення. Достатньо сказати, що амплітуда струму розряду блискавки сягає 200 кА, тривалість якого десятки мікросекунд, але цього достатньо для виникнення руйнівних зусиль в обмотках трансформаторів чи електричних машин, між обкладками конденсаторів, між жилами кабелів або шинами підстанцій.

Дослідження комутаційних процесів в системах електропостачання надпотужних дугових сталеплавильних печей показали, що вимикання ненавантажених пічних трансформаторів супроводжується дво-, трикратними перенапругами, а аварійне вимикання технологічних струмів супроводжується чотири-, а то й п'ятикратним перевищенням номінальних значень напруги між контактами вакуумних вимикачів, які трансформуються в обмотки трансформаторів, в кабельні лінії, на перемикаючі пристрої трансформаторів, пошкоджуючи ізоляцію чи погіршуючи її стан.

Таким чином, проблема обмеження перенапруг є важливою не лише з технічних чи економічних міркувань, а й значною мірою з міркувань забезпечення техногенної і

промислової безпеки, а також цивільного захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

*Постановка задачі та її актуальність.* Враховуючи те, що перенапруги грозового походження обмежуються різного роду екрануванням (блискавкозахисні троси на лініях транспортування енергії, блискавкоприймачі на підстанціях та інших спорудах, екрануючі пристрої на вводах підстанцій і т.п.), на передній план виходять перенапруги, зумовлені комутаціями як в системах електропостачання, так і електроенергетичних системах. Для підвищення надійності силового електрообладнання, систем електропостачання та підстанцій різного призначення, потрібно, зокрема, влаштування надмірного запасу ізоляції цього електрообладнання, що суттєво збільшує його вартість, тому вирішення цієї проблеми можливе шляхом розробки спеціальних пристроїв. Технічна ефективність цих пристроїв залежить від їх здатності ліквідувати чи суттєво знижувати вплив процесів перенапруги будь-якого походження на силове електрообладнання.

Майже півстоліття використовувалися і продовжують використовуватись іскророзрядні проміжки та вентиляльні розрядники, наприклад, типу РВМК, РВТ, РВН, РВ і т.п. Основними недоліками розрядників є багатократна пробивна напруга до 5-7 кратних значень від номінальної та 2-3 кратна залишкова напруга за умови протікання максимально допустимого для даного апарата струму. Крім того, нелінійні опори розрядників не допускають частих спрацювань через надмірне нагрівання їх структур і можливий вихід із ладу, тому вони, як правило, вмикаються послідовно з іскровими проміжками. В останні два десятиліття набули широкого використання обмежувачі перенапруг, які розробляються низкою країн Європи та світу на широкий клас напруг (до 1000 В і вище).

На відміну від традиційних захисних апаратів – вентиляльних розрядників з елементами на основі карбіду кремнію, обмежувачі перенапруги нелінійні (ОПН), що базуються на використанні високонелінійних окисно-цинкових варисторів, не мають послідовних іскрових проміжків, їх захисні характеристики суттєво кращі, а габарити та маса набагато менші, ніж у вентиляльних розрядників. У зв'язку з цим виникає задача розробки обмежувачів перенапруги з відповідними характеристиками та параметрами.

Розв'язання задачі з цього погляду є більш перспективним завдяки використанню обмежувачів перенапруги нелінійних (ОПН), які характеризуються кращими експлуатаційними характеристиками. Як показують дослідження, ОПН здатні знизити рівень перенапруг комутаційного походження на 30-40%, а атмосферного на 10-20% у порівнянні із розрядниками РВМК.

Разом з тим, теплові режими ОПН суттєво залежать від умов їх експлуатації, зокрема, рівня забруднення і зволоження корпусу апарата, коли розподіл напруги по висоті резистора задається випадковими станами провідності шару забруднення. У цьому режимі окремі частини стовпа резисторів можуть опинитися під підвищеною напругою, що може призвести до їх розігріву і навіть, враховуючи довгочасність цього режиму, до теплового пробою резисторів і руйнування апарата.

Тому задача з розробки найбільш ефективних шляхів підвищення брудостійкості ОПН і розробки конструкції апарата, резистор якого став би малочутливим до процесів на поверхні корпусу, є досить актуальною.

*Розв'язання задачі.* Специфіка створення брудостійкого апарата типу ОПН полягає в тому, що недостатньо мати зовнішню ізоляцію апарата, працездатну навіть в умовах інтенсивного забруднення. Необхідно, крім того, бути переконаним в надійній роботі його внутрішніх елементів та апарата в цілому, незалежно від процесів, які відбуваються на забрудненому та зволоженому корпусі ОПН. Спотворення розподілу напруги по висоті корпусу обмежувача при його забрудненні та зволоженні призводить до перевантаження струмами окремих частин блока варисторів. [3]

Експериментальним шляхом [4] було встановлено, що у зволжених забруднених корпусах ОПН через варистори апарата протікають струми, які у 5-10 разів перевищують номінальні, а температура перегрівання варисторів може сягати 60-80°C.

Покращення брудостійких характеристик корпусів практично не впливає на умови роботи варисторів ОПН, проте наявність ємності між варисторами та зволженим шаром забруднення на корпусі викликає додатковий ємнісний струм. Тому ефективним способом зниження впливу забруднення та зволоження на струми через варистори є послаблення ємнісного зв'язку між варисторами та зволженим шаром забруднення.

Одним з важливих факторів, що визначають надійність роботи апарата типу ОПН, є тепловий режим його варисторів в процесі експлуатації під час довготривалої дії робочої напруги.

Для підвищення терміну експлуатації і спрощення технології виготовлення обмежувачів перенапруг розроблено і запропоновано захисний апарат [5], зображений на рис.1.

Він містить циліндричний корпус 1 із струмопровідними фланцями 2, в якому встановлений резистор 3, виконаний у вигляді колонки резистивних елементів, щілина між якою і корпусом 1 заповнена шаром діелектричного теплопровідного матеріалу 5 (кварцовий пісок). Фланці 2 герметично закріплені на корпусі за допомогою піщано-цементної зв'язки.

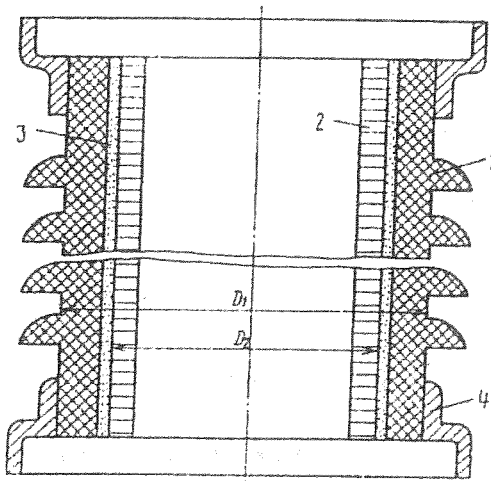


Рис.1. Розріз обмежувача перенапруги

В нормальному робочому режимі та в режимах перенапруг струм тече через коронки високонелінійного резистора.

Шляхом вибору відношення найменшого зовнішнього діаметра  $D_1$  корпуса до еквівалентного діаметра  $D_2$  високонелінійного резистора більшого ніж 2,2 забезпечується достатньо мала величина ємнісного зв'язку між забрудненою і зволоженою зовнішньою поверхнею корпуса і резистором 3, при якій температура перегріву резистора 3 не перевищує 5°C, що характерно для апарата, який працює в чистих умовах і свідчить про те, що апарат цілком не чутливий до зовнішніх умов.

На рис. 2. представлена експериментальна крива А залежності коефіцієнта  $\epsilon$  в рівнянні регресії від відношення найменшого зовнішнього діаметра  $D_1$  корпуса до еквівалентного діаметра  $D_2$  резистора.

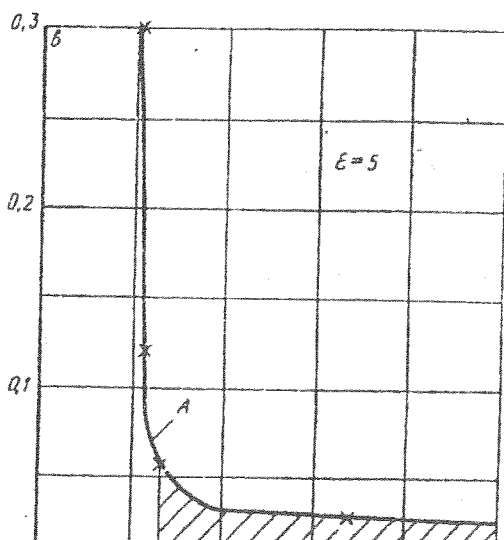


Рис.2. Графік залежності коефіцієнта рівняння регресії від співвідношення діаметрів

Оптимальність цього співвідношення

діаметрів  $\frac{D_1}{D_2} \geq 2,2$  наочно показана у наведених на рис.2 кривій А залежності коефіцієнта  $\epsilon$  в рівнянні регресії  $I_p = a + \epsilon I_s$ , де  $a$  і  $\epsilon$  – коефіцієнти, які характеризують силу взаємозалежності струму  $I_s$  по шару забруднення і струму  $I_p$  по високонелінійному резистору від співвідношення діаметрів  $\frac{D_1}{D_2}$ , які були

отримані на основі експериментальних вимірювань та випробувань.

Як видно з аналізу цієї кривої, для співвідношень діаметрів  $\frac{D_1}{D_2} \geq 2,2$  значення

коефіцієнта  $\nu$  різко зменшується, що свідчить про незалежність струму  $I_p$  в резисторі від струму  $I_s$  по шару забруднення на поверхні апарата, тобто виконується критерій брудостійкості. При співвідношенні діаметрів меншому за 2,2 коефіцієнт  $\nu$  різко зростає, що свідчить про зворотній ефект. Крива А на рис.2 отримана експериментально для випадку використання в якості шару 4 фарфору.

*Висновки.* Таким чином, вказане співвідношення є необхідною і достатньою умовою забезпечення брудостійкості обмежувача перенапруги, при цьому ступінь впливу погонної поперечної ємності обмежувача перенапруг зводиться до мінімуму і зникає необхідність в багатошаровій конструкції обмежувача перенапруг з використанням в якості додаткового діелектричного шару матеріалів з малою величиною діелектричної проникності. Разом з тим, у цьому випадку покращуються умови охолодження високонелінійного резистора, що поряд з спрощенням конструкції підвищує термін експлуатації обмежувача перенапруги та його надійність.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Технический отчёт. Испытания высоковольтного электрооборудования дуговых печей ДСП-100 МВА в режимах коммутаций / Центрэнергочермет, 1981. – Арх. № 18666.*
2. В.В. Зиновкин, А.П. Лютый, М.В. Зиновкин. *Испытание электромагнитной совместимости трансформаторного и электротехнического оборудования с резкопеременным характером нагрузки. //Техн. электродинамика. - Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Ч.5. Київ-2000, с.13-16.*
3. В.Е. Кизеветтер, В.Ф. Рыбаков, А.В. Фирсов. *Исследования старения варисторов с учётом влияния увлажнения и загрязнения. Теоретические и электрофизические проблемы повышенной надёжности и долговечности изоляции сетей с изолированной и резонансно заземленной нейтралью. Тезисы докладов симпозиума 18-19 апреля 1989 г. Таллин 1989, с.56.*
4. С.И. Герарасим, В.В. Иванов, А.В. Якобсон. *Сравнительные испытания ограничителей перенапряжения с разной длиной пути тока утечки внешней изоляции в условиях загрязнения и увлажнения. Эффективность и надёжность нелинейных ограничителей перенапряжений. Сборник научных трудов. Ленинград. Энергоатомиздат, Ленинградское отделение. 1987, с. 88.*
5. А.с. №1534624 СССР *Грязестойкий ограничитель перенапряжений. С.И. Гарасим, Б.Б. Усов, З.К. Шеремета, В.И. Качалин // Открытия. Изобретения. 1987, № 1.*

УДК 674.047

*Р.М.Василів (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),  
П.В.Білей, д.т.н., професор (Національний лісотехнічний університет України)*

### ОГЛЯД МЕТОДІВ ПРОСОЧУВАННЯ ДЕРЕВИНИ АНТИПІРЕНАМИ

В роботі дано характеристику деревини як конструкційного матеріалу, описано основні методи просочування деревини антипіренами та розглянуто процес піролізу просоченої деревини.