

УДК 621.315

**О. І. Ганус, канд. техн. наук; В. В. Волохін, канд. техн. наук;
А. А. Костян, асп.**

АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СКЛАДОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА ЛІНІЯХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

Розглянуто джерела виникнення високочастотних складових електричних полів на лініях надвисокої напруги. Наведено стислі відомості про найчастіші причини виникнення високочастотних електричних коливань. Описано способи зменшення електромагнітних полів.

Вступ

Лінії надвисокої напруги є джерелом електромагнітних коливань високої частоти, які значно впливають на людину і екологічну обстановку. У зв'язку з цим виникла проблема дослідження, розрахунку і обмеження високочастотних електромагнітних коливань на лініях електропередачі.

Повітряна лінія (ПЛ) електропередачі надвисокої напруги є джерелом електромагнітних коливань в нормальному режимі. Джерелами електромагнітних коливань на ПЛ є: коронний розряд на проводах, часткові розряди і корона на ізоляторах, пробій або перекриття дефектних ізоляторів, корона на лінійній арматурі і розпірках розщепленої фази, іскріння в поганих контактах лінійної арматури, розпірках та між ізоляторами. Іскріння в поганих контактах створює електромагнітні коливання, в основному, в діапазоні частот телебачення. Корона на лінійній арматурі і на розпірках може виникнути в точках з великою напруженістю поля. Сучасні конструкції арматури і розпірок виконуються обтічними з великими радіусами закруглення для виключення виникнення корони.

Матеріали дослідження

Часткові розряди і корона виникають на тих ізоляторах, падіння напруги на яких досить велике. Відомо, що розподіл напруги на довгій гірлянді ізоляторів дуже нерівномірний. На ближніх до проводу ізоляторах ліній 500 і 750 кВ падіння напруги досягає 30...40 кВ на один елемент. Застосування захисних екранів і наближення нижніх ізоляторів до проводів розщепленої фази знижує напругу на цих ізоляторах до такої величини, з якою рівень перешкод від ізоляторів стає відносно невеликим.

Дефектні ізолятори, що перекриваються або пробиваються, можуть бути джерелами дуже сильних перешкод, оскільки під час розряду ємності одного ізолятора (50...80 пФ з напругою до 10...25 кВ), який відбувається 2 рази за період промислової частоти, виділяється велика енергія в спектрі високих частот.

Коронний розряд на дротах ПЛ виникає внаслідок високої напруженості поля на їх поверхні. Джерелами корони зазвичай є місцеві забруднення дротів, пошкодження зовнішнього повиву дроту (задирки, подряпини та ін.), опади (краплі дощу, сніг, паморозь і ожеледь). Рівні радіозавад змінюються в широкому діапазоні залежно від пори року і метеорологічних умов на трасі лінії електропередачі, що пояснюється безпосередньою залежністю завад від початкової напруги корони. У гарну погоду підвищена інтенсивність завад частіше спостерігається в літній час, коли щільність повітря нижча, ніж взимку. Результати вимірів показали, що величина завад пропорційна інтенсивності опадів. Під час сильного дощу і вітру завади різко зростають. Найвищі рівні перешкод реєструються на початку випадіння дощу або мокрого снігу. Потім, коли провід повністю зволожився, рівень завад змінюється слабо, а коефіцієнти загасання мало відрізняються один від одного. Після припинення опадів рівень завад знижується унаслідок очищення дроту від пилу. Завади при сухому снігу і паморозі приблизно однакові і менше, ніж під час дощу. Густий і вологий туман з точки зору завад еквівалентний слабкому дощу. Під час слабого туману і гарної погоди рівні завад збігаються. Підвище-

ні рівні радіозавад також характерні для ділянок траси ліній електропередачі, що проходять в промислових районах з інтенсивними забрудненнями.

Понижені рівні радіозавад характерні для районів з чистою атмосферою і підвищеною щільністю повітря.

Експериментальні дослідження також показали, що в тих випадках, коли траса лінії проходить у високогірних районах на відмітках від 1000 до 2000 м, при напруженості електричного поля на поверхні проводу $(15...17) \cdot 10^2$ кВ/м створюються завади, співмірні за рівнями з завадами від ліній, що експлуатуються за амплітудних значень напруженості електричного поля $(20...22) \cdot 10^2$ кВ/м, але проходять на відмітках до 500 м.

Для зниження поверхневої напруженості поля лінії проєктують з розщепленими фазами і збільшують діаметри дротів. Що приводить до збільшення сумарної поверхні проводу і, відповідно, числа джерел стримерної корони. Це явище мало б визвати збільшення рівня радіозавад. Проте наявність сусідніх складових приводить до придушення радіозавад від кожного з проводів унаслідок індукції в сусідніх дротах струмів, направлених проти струму виниклого збурення електромагнітного поля (електромагнітне екранування). Сумарний ефект цих двох явищ і визначає незалежність рівня радіозавад від числа складових дротів у фазі. Збільшення числа однакових складових дротів у фазі пов'язані з дуже великими витратами. Тому обмеження поверхневої напруженості поля і рівня завад від лінії зазвичай виконується до деякої межі, з якою радіозавади від лінії не перевищують нормованого рівня. Необхідність подальшого зниження напруженості поля визначається економічним розрахунком, що враховує втрати енергії, які виникають при коронному розряді.

Лінії електропередачі надвисокої напруги 330–750 кВ і вище зазвичай проєктуються з вельми великими напруженостями поля на дротах, які близькі до початкових напруженостей поля загальної корони на дроті. На дротах таких ліній виникає багато джерел місцевої корони в тих точках, де неоднорідності і забруднення на дроті підвищують напруженості поля до початкової напруженості корони. Таким чином, на сучасних лініях надвисокої напруги основним джерелом завад є коронний розряд на проводах.

Коронний розряд вельми різноманітний за формою. На дротах ПЛ корона може виникнути або у вигляді безперервного розряду, або у вигляді дуже коротких імпульсів, які є джерелами завад. Форма і амплітуда імпульсів корони залежать від полярності напруги на дроті. Імпульси позитивної корони називаються стримерами, вони значно потужніші імпульсів негативної корони. У зв'язку з цим стримерна корона, яка з'являється в позитивний півперіод при змінній нарузі і на позитивному полюсі при постійній нарузі, визначає, в основному, рівень завад на ПЛ.

Під час стримерного розряду в повітрі виникає багато вільних електронів, які розганяються електричним полем до дуже великої швидкості. Рух цих зарядів наводить в дроті короткий імпульс струму, довжина його дорівнює часу розвитку стримера (0,2...0,4 мкс), а амплітуда може досягати декількох сотень міліампер. З поширенням уздовж дротів ПЛ імпульси струму корони створюють електромагнітне поле радіозавад. Дослідження показали, що на дроті в реальних умовах виникають імпульси струму стримерної корони з дуже різними амплітудами, проте форма і ширина більшості імпульсів приблизно однакова як у разі змінної, так і постійної напруги. Якщо напруга змінна, то стримерна корона на дроті виникає в позитивний півперіод, зазвичай при кутах $30...105^\circ$, причому найчастіше стримери виникають при $60...80^\circ$.

Дослідження джерел місцевої стримерної корони показало, що кожне джерело може створювати інколи різні, а інколи і приблизно однакові по амплітуді імпульси струму. Число імпульсів одного джерела корони за постійної напруги змінюється в дуже широких межах від десятків до декількох сотень в секунду. При змінній нарузі одне джерело корони зазвичай дає 1–2 імпульси в період, але інколи і до 10 в період.

На трифазній лінії коронують всі фази. Кожне джерело корони збуджує високочастотний струм, який відповідно до теорії хвильових каналів поширюється по всіх проводах лінії. Частотний спектр імпульсу корони дає частотну характеристику завад в місцях їх виникнення практично у всій області частот. Це пояснюється вельми малою тривалістю імпульсу корони.

Висновки

Основним джерелом високочастотних електричних коливань на лініях надвисокої напруги є коронний розряд. Дати кількісну теоретичну оцінку величини напруженості електромагнітних полів, що викликаються коронним розрядом, важко, зважаючи на труднощі аналізу джерел розряду. Необхідно створити математичну модель, що дозволяє розраховувати електричні поля, створювані джерелами високочастотних коливань на лініях надвисокої напруги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поспелов Г. Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях / Г. Е. Поспелов, Н. М. Сыч. — М. : Энергоиздат, 1981. — 216 с., ил.
2. Александров Г. Н. Сверхвысокие напряжения / Г. Н. Александров. — Л. : Энергия, 1973. — 184 с.
3. Костенко М. В. Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения / М. В. Костенко, Л. С. Перельман, Ю. П. Шкарин. — М. : Энергия, 1973. — 272 с., ил.
4. Базуткин В. В. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах : [учеб. для вузов] / В. В. Базуткин, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь ; под ред. В. П. Ларионова. — [3-е изд., перераб. и доп.]. — М. : Энергоатомиздат, 1986.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 14.10.11
Рекомендована до друку 4.01.12

Ганус Олексій Іванович — технічний директор АТ «Харківобленерго», Харків;
Волохін Віталій Васильович — старший викладач кафедри електроенергетики,
Сумський державний університет, Суми;
Костян Андрій Андрійович — аспірант кафедри передачі електричної енергії,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків