

## АНАЛІЗ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВОГО РОЗПОДІЛЕННЯ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ У ВИСОКОВОЛЬТНІЙ ІЗОЛЯЦІЇ

**Лободзинський В.Ю., асистент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки*

**Мудрик В.І., Довгаль М.О., студенти**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** В процесі проведення замірів параметрів ізоляції кабелю, діагностичний персонал набирає практичну інформацію про зв'язок амплітудно-фазового розподілу імпульсів частотних розрядів з типом дефекту. Однак, такий процес може зайняти дуже великий проміжок часу.

Частковий розряд (ЧР) – це іскровий розряд дуже маленької потужності, який утворюється усередині ізоляції, або на її поверхні, в кабельній лінії. З часом, часткові розряди, що періодично повторюються, руйнують ізоляцію, приводячи до її пробою. Звичайне руйнування ізоляції під дією часткових розрядів відбувається протягом багатьох місяців, і навіть років. Таким чином, реєстрація часткових розрядів, оцінка їх потужності і повторюваності, а також локалізація місця їх виникнення дозволяє своєчасно виявити пошкодження ізоляції, що розвиваються, і прийняти необхідні заходи для їх усунення.

Всі світові стандарти по ЧР визначають деякий набір «інтегральних» величин, які можуть розраховуватися або безпосередньо вимірюватися при тесті стану ізоляції [1, 2].

Оптимальним варіантом, для проведення оперативної діагностики різних дефектів, є порівняння інформації, яку отримали на моделях різних дефектів ізоляції кабелю. Для цього було розроблено імітатор часткових розрядів (ІЧР), який імітує три найбільш поширених дефектів ізоляції кабельної лінії [3].

**Мета роботи.** Моделювання найбільш поширених дефектів ізоляції в кабелі та аналіз амплітудно-фазового розподілення частотних розрядів, які були виміряні на натурних моделях дефектів ізоляції.

**Матеріали та результати досліджень.** За допомогою імітатора, електрична схема якого показана на рис. 1 можна оцінити амплітудно-фазове розподілення імпульсів часткових розрядів, які виникають при трьох різних дефектах високовольтної ізоляції. Усі дефекти виконані у вигляді окремих моделюючих комірок, до кожної із яких підключається свій датчик.

Імітатор живиться від промислової напруги 220 вольт. В якості джерела струму підвищеної напруги використовується трансформатор невеликої потужності, у первинному колі якого стоїть автотрансформатор, що регулюється ЛАТР. Підвищена напруга подається на три комірки, які імітують різні, найбільш розповсюджені, дефекти у високовольтній ізоляції:

- імітація дефекту «ЧР між шарами ізоляції»;
- імітація дефекту «Провідник під плаваючим потенціалом»;
- імітація дефекту поверхневих розрядів з «заземленого електроду»;

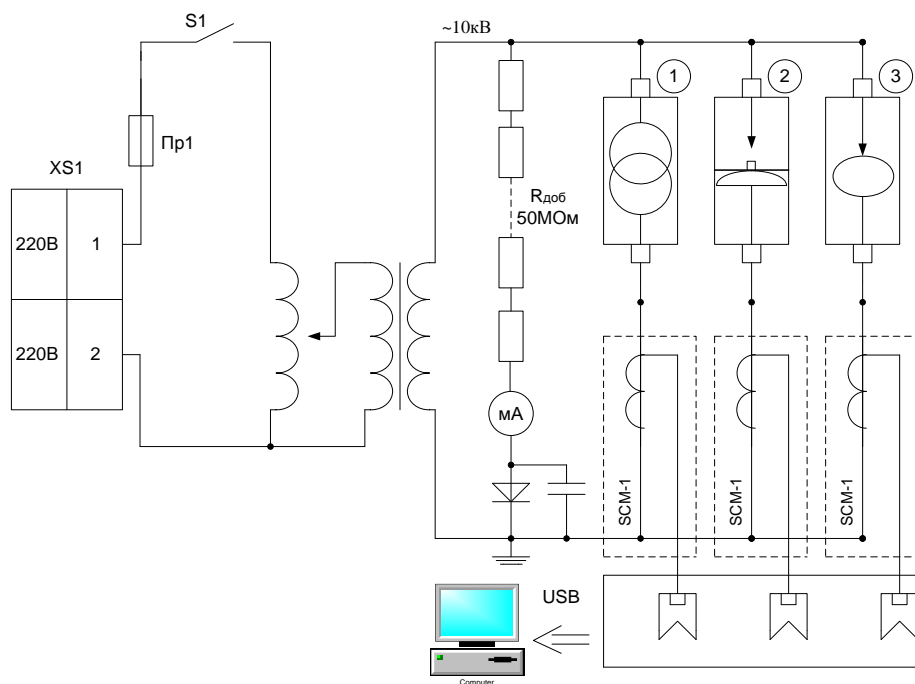


Рисунок 1 – Електрична схема ІЧР

Нижче приведений опис кожної комірки та приводиться амплітудно-фазове розподілення часткових розрядів. Оскільки дефекти в комірках змодельовані достатньо умовно, в реальних випадках, при виникненні різних дефектів у високовольтній ізоляції, можливі відмінності.

*Дефект №1.* Частковий розряд між двома шарами високовольтної ізоляції, «внутрішній розряд». Дефект моделюється за допомогою двох ізольованих провідників, підключених до різних виводів високовольтного трансформатора. Частковий розряд виникає між ізоляціями провідників, це еквівалентно розряду усередині ізоляції.

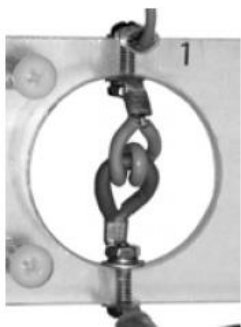


Рисунок 2– Імітація дефекту «частковий розряд між шарами ізоляції»

На рис. 2 показана комірка з імітатором даного дефекту. У пластині матеріалу, що ізолює зроблений отвір. На протилежних кінцях отвору встановлені болти, які проводять струм, підключаються до джерела напруги, що регулюється.

До болтів підключені два ізольовані провідники, які для більш характерної картини переплетені між собою, з метою збільшення площі взаємного контакту.

Ізоляція провідників вибрана із умови обов'язкового виникнення ЧР при підключенні до джерела підвищеної напруги.

На рис. 3 приведена амплітудно-фазове розподілення ЧР, які зареєстровані на даній комірці.

На основі аналізу приведенного розподілення має місце симетрія амплітуди і кількості ЧР в ізоляції відносно нульової лінії. Інтенсивність ЧР однакова в двох напівперіодах напруги мережі живлення.

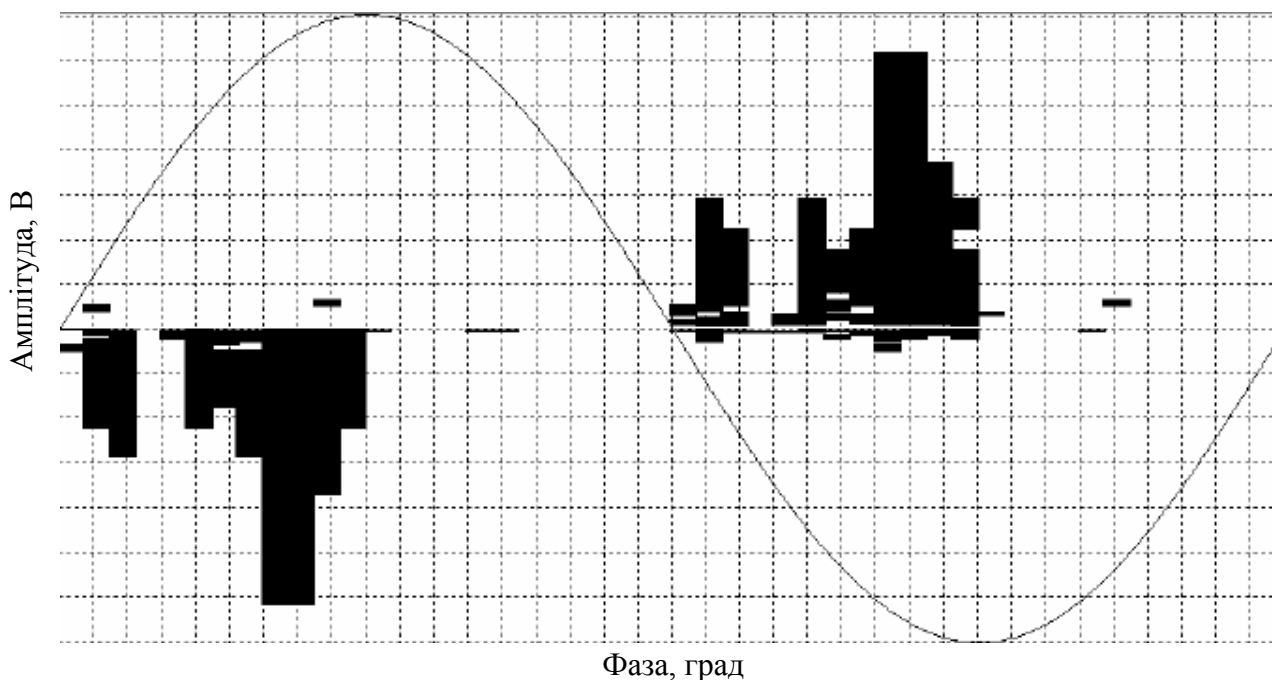


Рисунок 3 – Амплітудно-фазне розподілення імпульсів часткових розрядів при дефекті типу «частковий розряд між шарами ізоляції»

*Дефект №2.* Частковий розряд між провідником, який знаходиться під «плаваючим потенціалом». Дефект моделюється за допомогою металевого елемента, не підключеного ні до одного електроду випробувальної установки.

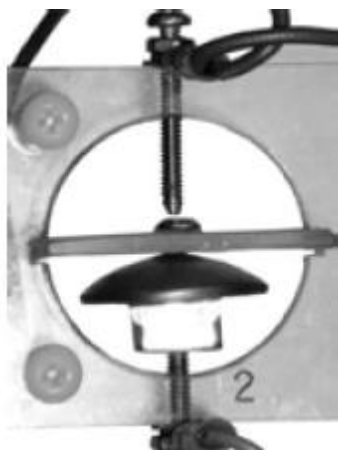


Рисунок 4 – Імітація дефекту «провідник під плаваючим потенціалом»

На рис. 4 показаний зовнішній вигляд випробувальної комірки. В середині комірки знаходиться ізолююча пластинка, на верхній поверхні якої встановлений металевий елемент. Верхній електрод, до якого підключена висока напруга змонтований з невеликим зазором, який вибирається із умов обов'язкового виникнення часткових розрядів при вибраній напрузі.

Таким чином, в комірці змодельований дефект, який зустрічається достатньо часто. В реальних умовах це може бути провідне включення, яке знаходиться усередині обладнання. Це може бути напівпровідний шар ізоляції, призначений для вирівнювання потенціалів, але вибраний не зовсім коректно.

В залежності від місця виникнення дефекту типу «провідник з плаваючим потенціалом» його небезпека для стану ізоляції дуже відрізняється. У більшості випадків, навіть не дивлячись на високий рівень часткових розрядів, обладнання з таким типом дефекту може працювати довго та надійно.

Амплітудно-фазове розподілення імпульсів часткових розрядів, зареєстрованих на імітаторі дефекту «провідник під плаваючим потенціалом», показаний на рис. 5.

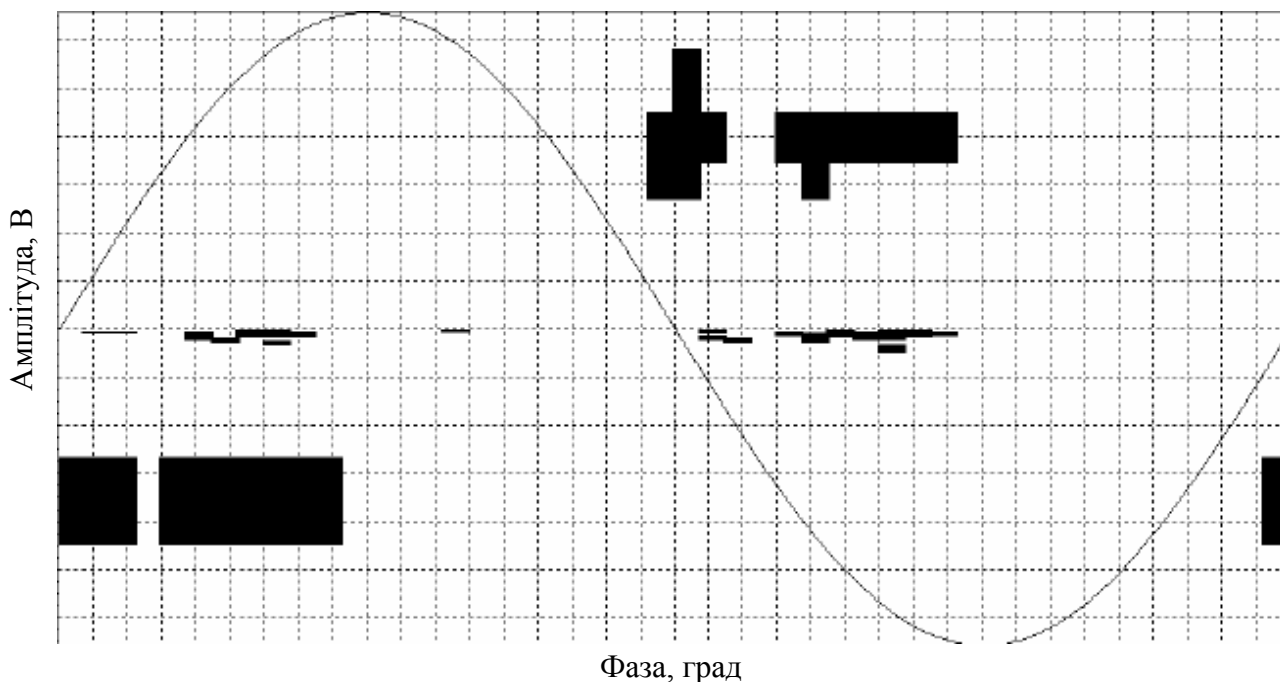


Рисунок 5 – Амплітудно-фазове розподілення імпульсів часткових розрядів при дефекті типу «провідник під плаваючим потенціалом»

На основі аналізу розподілення видно, що як тільки напруга на малому інтервалі між металевим елементом і електродом досягає пробивного значення, відбувається ЧР. Розряди виникають як при позитивній, так і при негативній напрузі.



Рисунок 6 – Імітація дефекту поверхневий розряд з «заземленого електроду»

*Дефект №3.* Поверхневий розряд з «заземленого електроду». Комірка, в якій моделюється такий дефект, зображена на рис. 6. Висока напруга підключена до ізолюваного провідника, змонтованому у вигляді петлі. До «заземленого електроду» припаяний неізолюваний провідник, який декілька разів, для збільшення зони контакту, обмотаний довкола ізолюваного високовольтного провідника.

Дефект такого типу достатньо часто зустрічається у практиці. Він може мати місце в кінцевих частинах кабельних ліній, при неправильному розділенні захисного екрану.

Розподіл імпульсів часткових розрядів, зареєстрованих на комірці імітації даного дефекту, приведено на рис. 7.

Основною особливістю наявності такого дефекту є більший рівень часткових розрядів при негативній напрузі мережі живлення. Коротко, фізичну природу цього процесу можна описати наступним чином. При двох можливих

полярностях живлячої напруги, прикладеної до зони дефекту, інтенсивність часткових розрядів буде більшою у тому випадку, коли потоки електронів будуть «стікатися з більшого обсягу, від більшої поверхні» до меншої зони, в ідеалі до точкового вістря. Це відповідає такому розподілу потенціалів, коли вістря (менша зона) заряджена позитивно, а більша поверхня заряджена негативно.

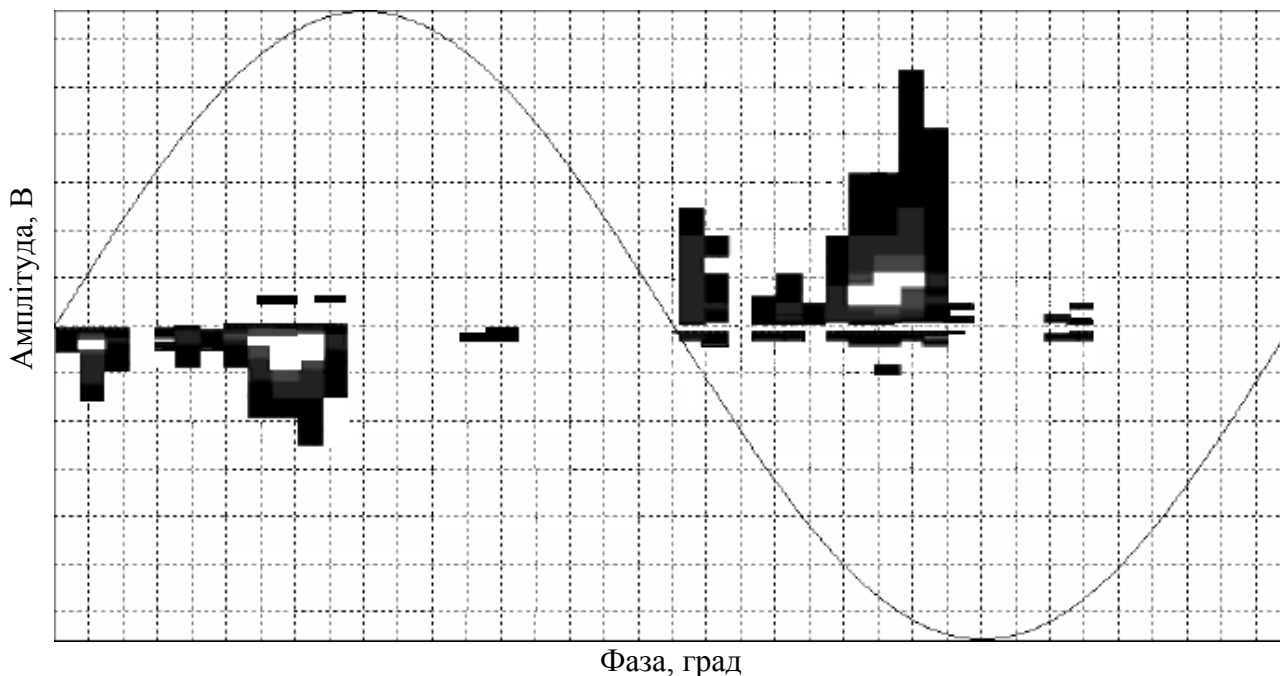


Рисунок 7 – Амплітудно-фазове розподілення імпульсів часткових розрядів при дефекті типу «поверховий розряд з заземленого електроду»

**Висновок.** В процесі проведення замірів параметрів ізоляції діагностичний персонал набирає практичну інформацію про зв'язок амплітудно-фазового розподілу імпульсів часткових розрядів з типом дефекту.

Оптимальним варіантом, для проведення оперативної діагностики різних дефектів, є порівняння інформації, яку отримали на моделях різних дефектів. Для цього було розроблено імітатор часткових розрядів, який імітує три найбільш поширених дефектів ізоляції кабельної лінії.

Проаналізовано амплітудно-фазові розподілення частотних розрядів, які були виміряні на натурних моделях дефектів ізоляції.

#### Перелік посилань

1. Руководящие технические материалы по сооружению, испытаниям и эксплуатации кабельных линий с использованием кабелей из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ. Научно-методическое издание. РТМ К28 – 005:2007. Под общей редакцией акад. НАН Украины А.К. Шидловского и к.т.н. В.М. Золотарева. Харьков: Майдан, 2007. – 62 с.

2. S.Senthil Kumar, M.N. Narayanachar, and R.S. Nema. Pulse sequence studies on PD data Annual Report on Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomenon, Cancun, Quintana Roo, Mexico, 02СН37372, pp 720–723, October 20-24 2002.

3. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. Методическое пособие – «Вибро центр», Пермь, 2016, 102 с.