

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОБООЮ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПРОМІЖКУ ІЗ ЗАДАНОЮ ВОЛЬТ-СЕКУНДНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

Бабічева А.А., магістрант, Проценко О.Р., к.т.н., доц., Троценко Є.О., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра техніки і електрофізики високих напруг

Вступ. В техніці високих напруг комп'ютерне моделювання відіграє важливу роль при визначенні основних параметрів явищ, які відбуваються у реальних електричних мережах та обладнанні високої напруги. Поряд з традиційним моделюванням усталених або перехідних режимів [1], велике значення має моделювання відмов, наприклад, пробую або перекриття ізоляційної конструкції [2, 3]. Розробка моделей, які дають можливість визначати напругу пробую чи перекриття ізоляції та час розвитку цього процесу при грозових або комутаційних перенапругах є важливою та актуальною задачею.

Мета роботи. Моделювання у програмі схемотехнічного моделювання Micro-Cap [4] пробую ізоляційного проміжку із заданою вольт-секундною характеристикою при впливі стандартної грозової хвилі для подальшого використання в науково-дослідній та навчальній роботі.

Матеріали і результати досліджень. Основна схема дослідження показана на рис. 1.

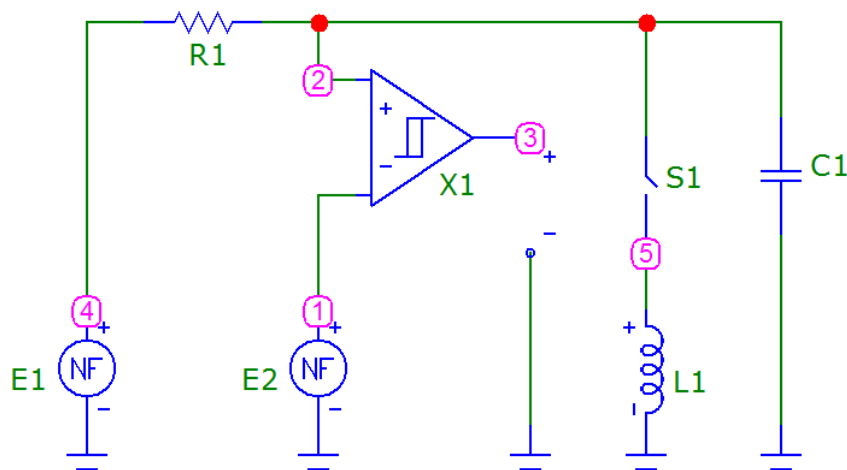


Рисунок 1 – Моделювання в програмі Micro-Cap пробую ізоляційного проміжку із заданою вольт-секундною характеристикою

В роботі проведено моделювання пробую проміжку "стрижень-стрижень" з міжелектродною відстанню 1 м. Вольт-секундна характеристика цього проміжку представлена в схемі на рис. 1 функціональним джерелом напруги E_2 , що описується виразом $4.765e5 * \sqrt{1 + 9.169e-6 / (t + 1e-15)}$. В свою чергу функціональне джерело напруги E_1 моделює стандартний грозовий імпульс, що прикладений до проміжку і описується, відповідно, виразом $1.044 * 1.5e6 * (\exp(-1.4e4 * t) - \exp(-1.917e6 * t))$. Демпферний резистор R_1 має опір

1000 Ом. У схемі використовується компаратор напруги X_1 . Конденсатор C_1 має ємність 100 пФ і моделює ємність проміжку "стрижень-стрижень". Також це може бути ємність об'єкта, що підлягає імпульсним випробуванням і т.п. Котушка L_1 має індуктивність 20 нГн та використовується для моделювання індуктивності каналу розряду. Ключ S_1 застосовується в якості моделі каналу розряду. Ключ керується напругою і працює в гістерезисному режимі. В розімкненому стані опір ключа дорівнює 100 МОм, а в замкненому 10 Ом, що визначає опір каналу розряду для даної моделі. В нормальному стані ключ S_1 розімкнений. Момент спрацювання ключа визначає пробій ізоляційного проміжку. Ключ S_1 замикається, коли на виході компаратора, тобто між точками 3 і 0, з'являється напруга (в Micro-Cap заземлені точки мають номер 0). В свою чергу це може відбутися тільки тоді, коли напруга між точками 2 і 0 стане більшою ніж напруга між точками 1 і 0, тобто, коли крива імпульсу напруги перетнеться з кривою вольт-секундної характеристики проміжку, що видно на рис. 2.

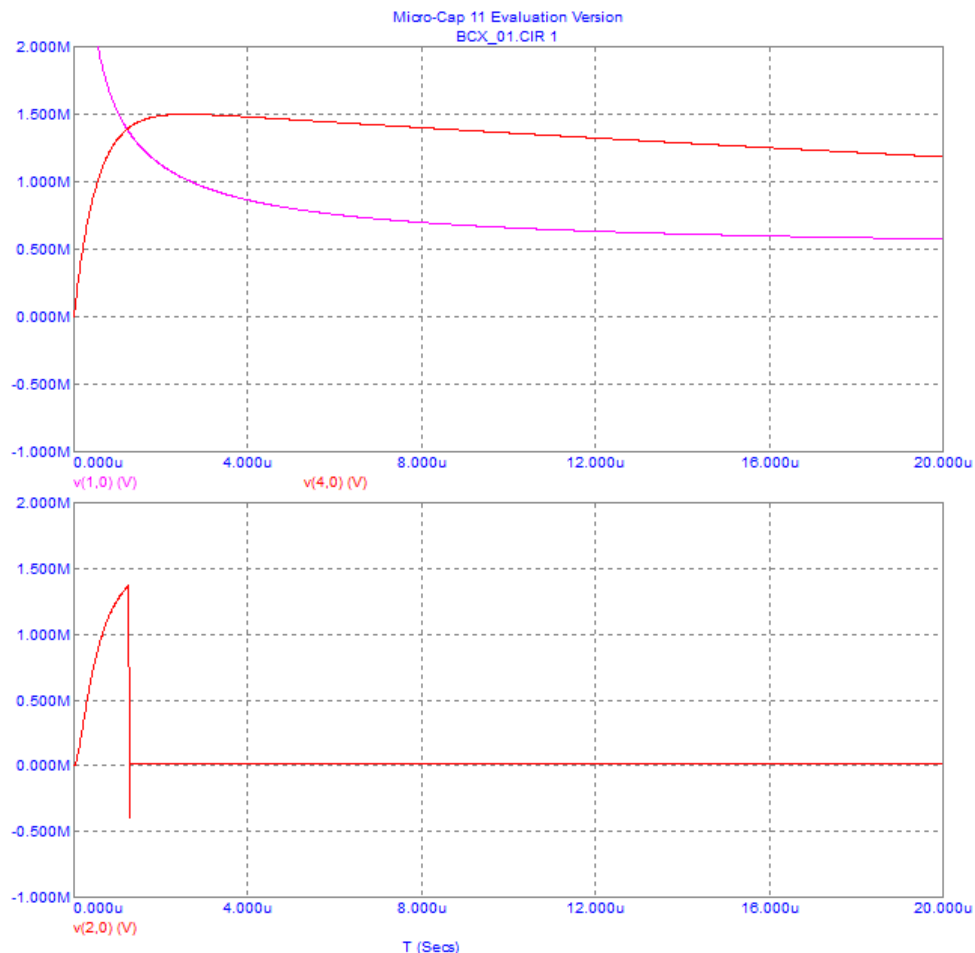


Рисунок 2 – Результати моделювання:

$v(1,0)$ – вольт-секундна характеристика проміжку; $v(4,0)$ – грозвий імпульс, що прикладений до проміжку (через демпферний резистор); $v(2,0)$ – графік напруги на ізоляційному проміжку.

На рис. 3 окремо в збільшеному масштабі показано момент пробою проміжку з коливаннями, що супроводжують процес.

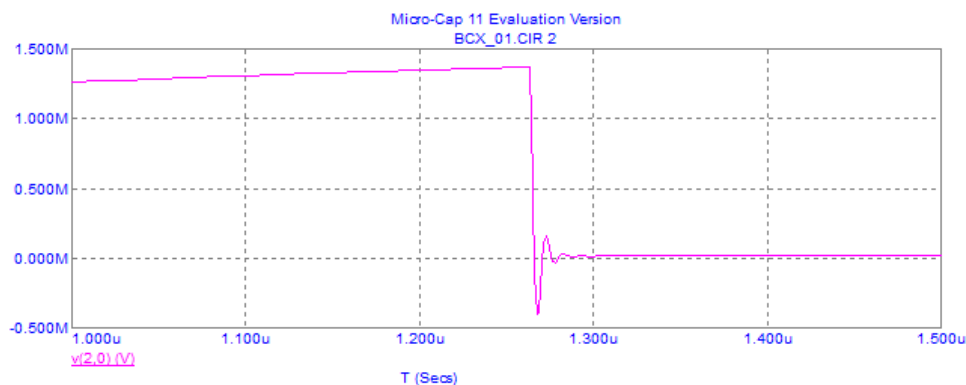


Рисунок 3 – Пробій проміжку "стрижень-стрижень"

Висновок: Лабораторні експерименти з використанням високої напруги потребують багато часу на підготовку та матеріальних витрат на їх проведення. Тому комп'ютерне моделювання дає можливість оптимізувати витрати та значно скоротити час на проведення експериментів у високовольтній лабораторії. В даній роботі проведено моделювання пробою ізоляційного проміжку "стрижень-стрижень" з відомою вольт-секундною характеристикою за допомогою демонстраційної версії Micro-Cap Evaluation/Student Version [4]. Результати показали, що запропонована комп'ютерна модель відтворює поведінку реального проміжку "стрижень-стрижень" при його фізичному пробі. Запропонована модель та методика її застосування можуть бути використані для вивчення процесів пробою лінійної ізоляції на основі фарфорових, скляних або полімерних ізоляторів [5, 6] та дослідження умов координації ізоляції у разі одночасного використання ізоляційних конструкцій різного типу.

Перелік посилань

1. Suthar J.L., Laghari J.R., Saluzzo T.J. Usefulness of SPICE in high voltage engineering education // IEEE Transactions on power systems. – 1991. – Vol. 6, No. 3. – pp. 1272-1278.
2. Chisholm W.A. New challenges in lightning impulse flashover modeling of air gaps and insulators // IEEE Electrical insulation magazine. – 2010. – Vol. 26, No. 2. – pp. 14-25.
3. Venkataraman S., Gorur R.S. Prediction of flashover voltage of non-ceramic insulators under contaminated conditions // IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation. – 2006. – Vol. 13, No. 4. – pp. 862-869.
4. <http://www.spectrum-soft.com/download.shtm>.
5. Бржезицький В. О., Щерба А. А., Подольцев О. Д., Троценко Є. О., Шевченко С. Ю., Гаран Я. О., Атарод С. Дослідження причин електричного перекриття підтримуючих ізолюючих підвісок середньої фази повітряної лінії електропередачі // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2011. – № 6 – С. 36-41.
6. Троценко Е. А., Коваль А. А. Моделирование электрического поля изолирующих подвесок воздушных линий электропередач 35 кВ // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики". – Київ: "Політехніка", 2014. – С. 329-330.