

УДК53.06:621.319.4

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ САМОВІДНОВЛЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

Черних В.Д.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.

Фізики,

м. Харків, Україна

e-mail: viacheslav.chernykh1@nure.ua

The principle of operation of self-healing capacitors is shown. Examples of situations in which this ability can be realized are given. The advantages and disadvantages of self-healing capacitors are named. The characteristics and features of the capacitors self-healing process are considered.

Конденсатори мають широке використання у радіотехніці. Їхній принцип роботи відомий ще зі шкільної фізики. Однак у деяких конденсаторів є цікава характеристика – вони можуть самовідновлюватися. Така характеристика заощаджує гроші на ремонт техніки, однак це не завжди так. Річ у тім, що самовідновлення конденсаторів діє у деяких випадках, наприклад після навантаження чи тривалого зберігання.

Принцип процесу самовідновлення у конденсаторів з такою властивістю полягає у наступному. У разі локального пробоя діелектрика в місцях зниженого значення електричної міцності (що неминуче пов'язано з неоднорідною структурою діелектрика та великою площею електродів) виникає значна величина щільності струму пробоя. У зоні пробоя діелектрика виділяється енергія, достатня для часткового знищення певної області тонкого металізованого електрода (товщиною 10-20 нм) поблизу каналу пробоя за рахунок електричного вибуху металізованого електрода з подальшим розвитком мікродугового розряду [1].

Зона деметалізації, що утворюється таким чином, ізолює місце пробоя від решти електрода і конденсатор відновлює свою працездатність. Якість самовідновлення залежить від конструкції конденсатора та енергії, що виділилася в зоні пробоя (що має характерні значення десятків-сотень мДж). Площа зони деметалізації може становити одиниці квадратних міліметрів, що відповідає значенню її середнього радіуса на рівні десятих – одиниць міліметрів. Тривалість процесу, що протікає, зазвичай становить одиниці-десятки мікросекунд. Під час охолодження плазми дугового розряду на ділянках деметалізації та в каналі пробоя осідають продукти розкладання діелектрика, передусім - вільний вуглець, який може забезпечити досить високу провідність ушкодженого місця і погіршити характеристики конденсатора загалом. На практиці зазвичай критерієм параметричної відмови конденсатора слугує

величина зниження ємності на рівні 5-10 %, тоді як інші параметри зазвичай не розглядаються[1].

Водночас з фізичними процесами самовідновлення конденсатора відбуваються й хімічні процеси. На прикладі танталового полімерного електролітичного конденсатора хімічне самовідновлення полягає в пропусканні великого струму через дефекти плівки п'ятиокису танталу для генерування значної кількості теплоти, що змушує діоксид марганцю, який використовується як негативний електрод, розкладатися на триоксид марганцю з високим опором і «блокувати» дефекти[2].

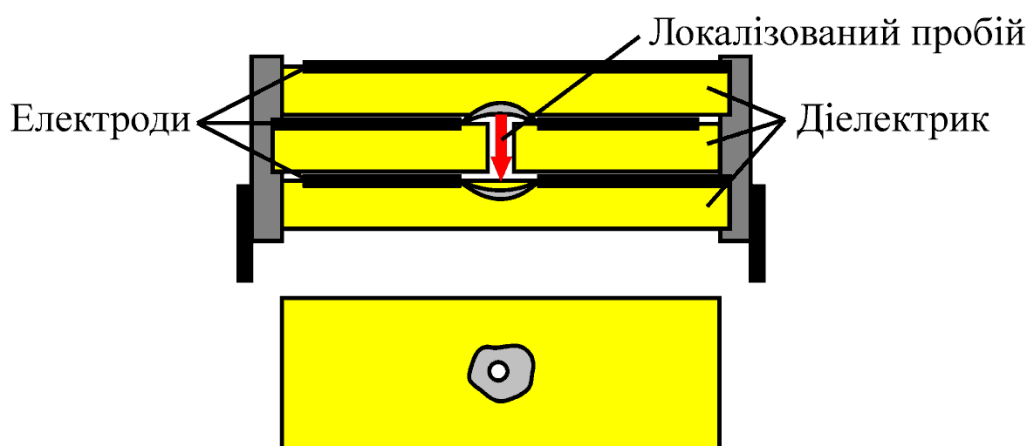


Рис.1 –Спрощена схема процесу самовідновлення

У нижній схемі рисунку 1 показано вид зверху фольги після вигорання точкового дефекту. Здатність металізованих плівок до самовідновлення неодноразово використовується в процесі виробництва плівкових конденсаторів. Як правило, після розрізання металізованої плівки на потрібну ширину будь-які утворені дефекти можна випалити (залікувати), застосувавши відповідну напругу перед намотуванням. Цей же метод також використовується після металізації контактних поверхонь («шупаж») для усунення будь-яких дефектів конденсатора, викликаних процесом вторинної металізації[3].

Самовідновлення конденсаторів має як і переваги, так і недоліки. Як було сказано у вступі вище, ця властивість має економічну вигоду. Самовідновлення може відбуватися багато разів, що може зменшити вартість заміни конденсатора, зменшити вартість обслуговування, скоротити пошук несправностей. Також процес самовідновлення може займати не багато часу, і ця характеристика залежить від типу конденсатора. Конденсатори, що самовідновлюються, здатні запобігати накопиченню пошкоджень і знижувати ризик виникнення пожеж або інших аварійних ситуацій, пов'язаних з електричними несправностями.

Спроможність самовідновлення конденсаторів має три недоліки. Перший недолік – це зменшення площі металізованого електрода з часом, яке призводить до зменшення загальної ємності конденсатора, однак дуже

незначно. Навіть після «спалювання» декілька тисяч дефектів, зменшення набагато менше, ніж 1% від загальної ємності конденсатора. Другий – є те, що відновлення викликає імпульси струму під час його проявлення. Вони створюють перешкоду сигналу в ланцюзі та зменшують відношення сигнал-шум у схемі[4]. Третім недоліком є висока ймовірність відмови роботи конденсатора після частих випадків самовідновлення конденсатору.

Самовідновлення конденсаторів відбувається у наступних випадках:

- після саморозряду конденсатора;
- після тимчасового пошкодження;
- після тривалого зберігання;
- після перенапруги або КЗ.

Самовідновлення конденсаторів є активною областю досліджень, і в даний час проводяться роботи над різними методами та матеріалами для покращення їх здатності до самовідновлення. Конденсатори з функцією самовідновлення можуть використовуватись у різних електронних пристроях та системах. Хоча самовідновлення конденсаторів все ще перебуває в стадії досліджень, перспективи для його розвитку дуже обнадійливі. Більш ефективні і надійні конденсатори, що самовідновлюються, можуть мати широкий спектр застосувань у багатьох галузях, що вимагають високої надійності і довговічності електронних систем і пристроїв.

Список використаних джерел:

1. Belko V.O., Emelyanov O.A., Ivanov I.O. Processes of Self-Healing in Film Capacitors in Overload Modes. URL: https://journal.ie.asm.md/assets/files/02_02_34_2017.pdf
2. Xuansn. Self-Healing of Electrolytic Capacitors. URL: <https://www.xuanxcapacitors.com/self-healing-of-electrolytic-capacitors.html>
3. Self-healing Process in Metallized Capacitors. Wima.de, Archived from the original on 2016-11-04. URL: <http://www.wima.de/EN/selfhealing.htm>
4. The pros and cons of self-healing film capacitors. URL: <https://www.film-capacitor.com/The-pros-and-cons-of-self-healing-film-capacitors-id3119840.html>