

УДК 621.315.616:621.319.48

Малюшевська А. П.¹, Топоров С. О.²¹К.т.н., доцент, старший науковий співробітник, Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Миколаїв, E-mail: dphc@ijpt.com.ua²Провідний інженер, Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Миколаїв

ВПЛИВ СКЛАДУ І МОРФОЛОГІЇ КОНДЕНСАТОРНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК НА ТЕРМОСТАБІЛЬНІСТЬ ЇХ КОРОТКОЧАСНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МІЦНОСТІ

Здійснення сукупності цілеспрямованих дій щодо підвищення рівня розвитку сучасної електротехніки та електроізоляційних матеріалів потребує чітких уявлень про природу й характер деструктивних процесів у діелектрику. В роботі вперше вивчено термостабільність компонентів поліпропіленово-поліетилентерефталатного просоченого діелектрика в ході їх термостимульованої взаємодії. Запропоновано і обґрунтовано критеріальні параметри, що дозволяють достовірно оцінювати термостабільність експлуатаційних властивостей конденсаторних полімерних плівок. Проаналізовано зміну короткочасної електричної міцності поліпропіленової і поліетилентерефталатної плівок в результаті термостаріння в середовищі трансформаторного масла. Виявлено вплив морфологічних особливостей поверхні плівки на термостабільність плівкового просоченого діелектрика. Отримані результати є засадами для розробки комплексних заходів, що спрямовані на підвищення працездатності маслонаповненого електротехнічного обладнання з полімерним діелектриком, а саме методики вхідного контролю полімерного плівкового матеріалу, наприклад, для виробництва силових конденсаторів.

Ключові слова: полімерні плівки, короткочасна електрична міцність, пробій, плівкова просочена діелектрична система

ВСТУП

Сучасні уявлення про електроізоляційні компоненти діелектричної системи, що відповідають вимогам силового конденсаторобудування, дозволяють затверджувати, що це – плівковий діелектрик, просочений (з метою підвищення експлуатаційних характеристик) екологічно безпечними газостійкими неполярними діелектричними рідинами [1–3]. Плівкова просочена діелектрична система піддається багатofакторному впливу насамперед електричного, теплового й механічного навантаження в ході роботи пристроїв. За цих умов саме діелектрик багато в чому визначає не тільки конструкцію, техніко-економічні показники та режим експлуатації, але й працездатність конденсатора в цілому. Однак, на сьогоднішній день рівень розвитку електроматеріалознавства не забезпечує реалізацію всього комплексу вимог (найчастіше суперечливих і жорстких) до твердих і рідких компонентів діелектричної системи. Тому світові тенденції, спрямовані на підвищення надійності й енергоємності силових конденсаторів, тісним образом пов'язані із завданням вибору, удосконалення властивостей, діагностики й створення нових електроізоляційних матеріалів та їх композицій. Створення плівкових просочених силових конденсаторів потребує усвідомленого вибору твердих і рідких ізоляційних матеріалів, який передбачає поєднання їхніх електрофізичних характеристик. Найбільш вдалою комбінацією полімерних плівок і просочуючих рідин для виробництва конденсаторів згідно з роботами [4, 5] є поліпропіленова і поліетилентерефталатні плівки та трансформаторне масло.

Однак практика показала, що сукупність переваг компонентів плівкового поліпропіленово-поліетилентерефталатного просоченого трансформаторним маслом діелектрика високовольних імпульсних конденсаторів не є достатньою умовою забезпечення їхньої надійності при експлуатації. Необхідна розробка комплексних заходів, що спрямовані на підвищення працездатності плівкових силових конденсаторів із просоченням, які повинні базуватися на чітких уявленнях про природу й характер деструктивних процесів у діелектрику. Встановлено [6, 7], що в силових плівкових конденсаторах із просоченням синтетичними рідинами процес руйнування просочуючого діелектрика іде як за рахунок термоокислювальної деструкції, так і внаслідок термостимульованої взаємодії твердих і рідких компонентів. Інтенсивність такої взаємодії визначається не тільки хімічним складом і будовою компонентів діелектричної системи, але й морфологічними особливостями плівки.

МЕТА

Визначення умов термостабільності короткочасної електричної міцності полімерних діелектричних плівок різного складу і морфології, підданих дії підвищених температур в середовищі трансформаторного масла.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Короткочасна електрична міцність (E_{np}) є однією з основних електрофізичних характеристик конденсаторної плівки, величина якої може істотно мінятися під час взаємодії полімерної плівки з просочуючою рідиною і, особливо, при одночасному впливі на систему «рідина

– полімерна плівка» теплового поля. Формування «ниткоподібних» або «дендритоподібних» розрядних каналів у діелектриках (які відрізняються за опором на порядок [8]) має імовірнісний характер, обумовлений насамперед локальною напруженістю електричного поля та морфологічними особливостями матеріалу. Тому зміна структури полімеру, яка обумовлена одночасним впливом підвищеної температури і хімічно активної рідини, безсумнівно позначиться на величині E_{np} плівки. Відмінною рисою взаємодії плівкових матеріалів на основі високомолекулярних сполук і рідких розчинників є існування стадії набрякання, що передує саме розчиненню. Згодом часткове набрякання полімерного матеріалу переходить у необмежене, тобто в розчинення. Розрізняють чотири основних енергетичних етапи процесу взаємодії плівок з рідкими розчинниками [9], на другому етапі система «рідина-полімерна плівка» гетерогенна, існують дві фази (набряклий полімер і рідина). Такий стан полімерної плівки повинен відповідати деякому підвищенню її короткочасної електричної міцності за рахунок «заліковування» дефектів та вирівнювання неоднорідностей в результаті проникнення рідини в полімер. Наступні етапи, що характеризуються збільшенням ступеню розчинення матеріалу плівки в рідині, повинні проявлятися в зниженні її E_{np} через необоротні структурні зміни матеріалу, які викликані переходом аморфної фази полімеру в розчинник. Якщо розглядати полімерну плівку, як складну систему мікрооб'ємів різної морфології, то розподіл аморфних і кристалічних ділянок, а також різноманітних неоднорідностей і мікротріщин має випадковий характер. Можна припустити, що дифузія рідини в щільні кристалічні об'єми і часткове розчинення пухких аморфних об'ємів полімеру в рідині можуть розвиватися одночасно і мати локальний характер. Тобто, кінетика E_{np} визначається двома протилежно спрямованими процесами, а перевага одного з них залежить від ряду факторів, серед яких: температура, час взаємодії компонентів і морфологія конкретного електроізоляційного матеріалу. Зафіксувати руйнування структури полімеру, вивчаючи тільки зміну його E_{np} , можливо після суттєвого зниження його електричної міцності, хоча розчинення може починатися раніше. В той же час авторами [7] показано, що присутність розчиненого полімеру в рідині може бути виявлена вже на початковій стадії термостаріння композиції оптичними методами. Таким чином, одночасно з вивченням кінетики E_{np} плівки необхідно аналізувати стан просочуючої рідини зі зразків для отримання вірогідної інформації про кінетику процесу термостимульованої взаємодії компонент.

Для порівняльного аналізу термостабільності короткочасної електричної міцності плівкових компонентів діелектричної системи силових конденсаторів проводилося вивчення кінетики E_{np} таких плівок: № 1 – слабкошорстка поліетилентерефталатна товщиною 8 мкм; № 2 – гладка поліетилентерефталатна товщиною 10 мкм; № 3 – гладка поліпропіленова товщиною 10 мкм; № 4 – двобічно двовісноорієнтована шорстка поліпропіленова товщиною 10 мкм. Відомості про структуру об'єму плівок відсутні. Зразки плівки розташовували в скляних ємнос-

тях, заливали відфільтрованим і дегазованим трансформаторним маслом марки Т-1500, після чого ємності встановлювали в термостат. Витримувалось наступне співвідношення компонентів: 15 масових частин рідини на одну масову частину полімерної плівки. Температура старіння зразків у рідині витримувалася постійною – 100 °С (такий рівень термовпливу зумовлений прагненням забезпечити високий рівень надійності плівкових просочених високовольтних імпульсних конденсаторів, що працюють в заглиблених свердловинних пристроях при зазначеній температурі), загальний час старіння – 300 годин. Визначення короткочасної електричної міцності здійснювали для плівок у вихідному стані та для плівок, підданих термостарінню в середовищі електроізоляційної рідини, кожні 50 годин згідно ГОСТ 6433.3-71 «Матеріали електроізоляционные твердые. Методы определения электрической прочности» за допомогою апарату АИИ-70, реєстрація значення напруги пробою (U_{np}) здійснювалася за допомогою кіловольтметра електростатичного С196. При розрахунку E_{np} за формулою $E_{np} = U_{np} / h_{cp}$ використовувалося середнє значення товщини діелектрика (h_{cp}) у сухому стані. Товщина сухих зразків діелектрика у вихідному стані визначалася згідно ГОСТ 17035-86 «Пластмассы. Методы определения толщины пленок и листов» за вибіркою 10 зразків зі 100. Величина відносного світлопропускання просочуючої рідини визначалася за допомогою колориметра фотоелектричного концентраційного КФК-2 за методикою, докладно описаною в [7].

При вивченні короткочасної електричної міцності полімерних плівкових матеріалів необхідним є залучення методів статистичної обробки експериментальних результатів у зв'язку зі стохастичним характером явища пробою твердих діелектриків. Дані аналізувалися стандартними методами статистичної обробки за допомогою повнофункціональної демонстраційної версії програми «Weibull++10.0» (розробник – ReliaSoft Corporation, Tucson, AZ, USA.)

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

Отримані експериментальні результати з визначення короткочасної електричної міцності були представлені у вигляді емпіричних функцій сумарної частоти значень E_{np} . Такі емпіричні функції можуть бути апроксимовані теоретичною функцією розподілу. Апроксимація емпіричних даних складається з оцінки параметрів, зображення функції розподілу на імовірнісній сітці й розрахунковому дослідженні розподілу. Попередня обробка показала, що отримані емпіричні дані найкращим чином описуються функцією вейбуловського розподілу. Функції вейбуловського розподілу пробивної напруженості досліджуваних полімерних плівок наведено на рисунках 1–4.

Порівнюючи короткочасну електричну міцність слабкошорсткої (№1) та гладкої (№2) плівок з поліетилентерефталату у вихідному стані, можна стверджувати, що

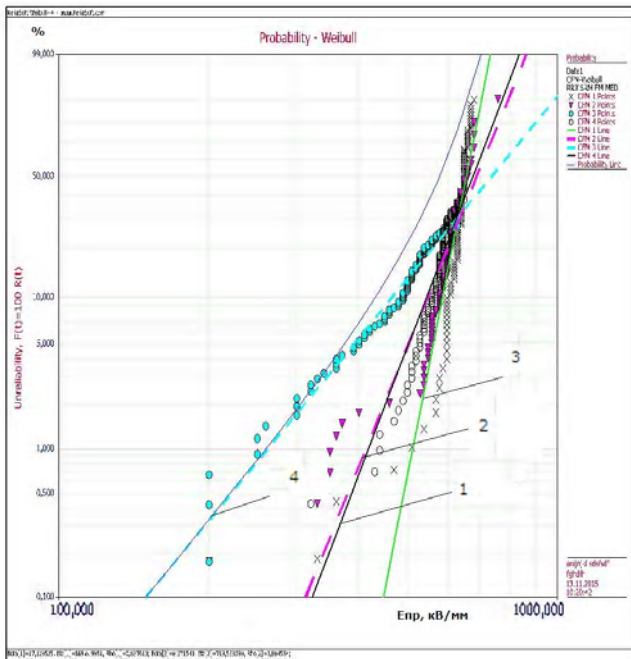


Рисунок 1 – Функції вейбульовського розподілу E_{np} плівки №1 у ході термостаріння в середовищі трансформаторного масла Т-1500

1 – без нагрівання; 2 – 100 год термостаріння; 3 – 200 год термостаріння; 4 – 300 год термостаріння

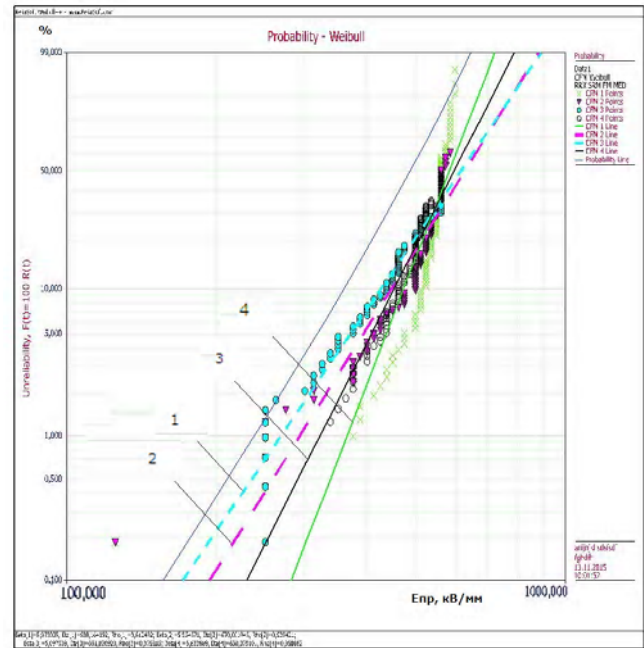


Рисунок 2 – Функції вейбульовського розподілу E_{np} плівки №2 у ході термостаріння в середовищі трансформаторного масла Т-1500

1 – без нагрівання; 2 – 100 год термостаріння; 3 – 200 год термостаріння; 4 – 300 год термостаріння

середнє значення E_{np} гладкої плівки, визначене за функцією вейбульовського розподілу, трохи вище, ніж шорсткуватої: 510 проти 500 кВ/мм. Аналогічне співвідношення, у цілому, зберігається у ході термостаріння просочених поліетилентерефталатних плівок. Це, очевидно, пов'язано з наявністю на поверхні плівки № 1 мікрокапілярної системи, що складається з мікропіків і мікрозападин. За рахунок останніх відбувається більш інтенсивне проникнення рідини в товщу плівки, однак, з іншої сторони, деформована поверхня матеріалу, збільшуючи неоднорідність електричного поля в діелектрику, полегшує стадію формування пробою. Термостаріння плівок №1 і №2 викликає зменшення $E_{np\text{ ср}}$ після 100 годин (до 480 та 500 кВ/мм відповідно) та 200 годин (до 450 та 480 кВ/мм відповідно) і це явище пояснюється, очевидно, впливом підвищеної температури на саму плівку, без суттєвої термостимульованої взаємодії системи «плівка-рідина». Нахил функції розподілу у порівнянні з функцією розподілу для вихідної плівки істотно змінюється для плівки № 1 тільки після 300 годин термостаріння в просочуючому середовищі, на цьому ж етапі відбувається збільшення у порівнянні з попередніми стадіями взаємодії плівки й просочуючої рідини (до 480 кВ/мм). Це є свідченням початку хімічної взаємодії плівки й просочуючої рідини, наслідком якої є заліковування дефектів і

згладжування неоднорідностей плівки. Процес набрякання, а тим більше розчинення поліетилентерефталатної плівки в трансформаторному маслі не відрізняється високою швидкістю навіть при нагріванні через низьку хімічну спорідненість розчинника та матеріалу плівки [10].

Співвідношення короточасних електричних міцностей гладкої (№3) і шорсткої (№4) поліпропіленових плівок у вихідному стані аналогічно співвідношенню між E_{np} поліетилентерефталатних плівок з відповідною морфологією поверхні. $E_{np\text{ ср}}$ шорсткої плівки №4 (585 кВ/мм) в первинному стані нижче $E_{np\text{ ср}}$ гладкої плівки №3 (625 кВ/мм). Це розходження також відноситься на рахунок особливостей морфології поверхонь досліджуваних плівок. Подальше термостаріння поліпропіленових плівок у трансформаторній олії показало, що для плівки № 4 уже після 100 годин відбувається зниження (до 565 кВ/мм) короточасної електричної міцності. Рідина досить активно проникає в плівку №4 через мікрозападини та мікростави поверхні, можливі дефекти кристалічних утворень і порожнечі менш щільної аморфної фази полімеру. Активна взаємодія матеріалу плівки з просочуючою рідиною призводить по закінченню 300 годин термостаріння до значного зниження E_{np} (до 430 кВ/мм). Привертає увагу той факт, що нахил функції розподілу E_{np} змінюється для плівки №4 вже після 200 годин термостаріння в середовищі просочуючої рідини. Разом зі зни-

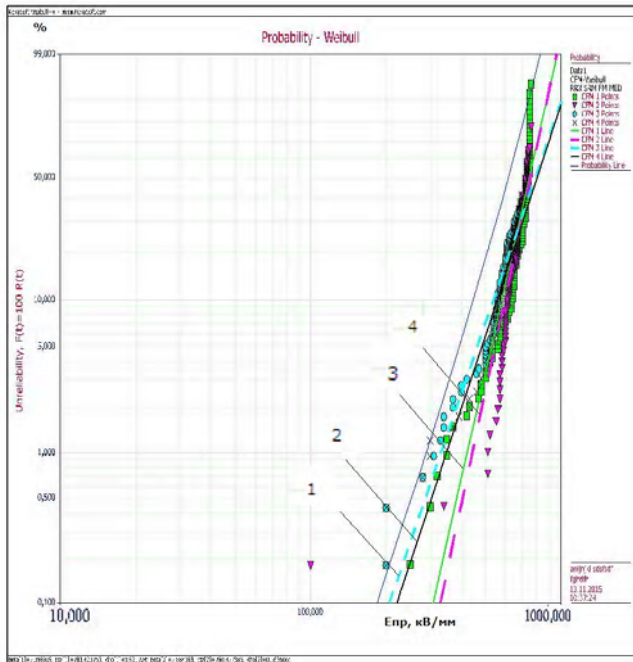


Рисунок 3 – Функції вейбульовського розподілу E_{np} плівки №3 у ході термостаріння в середовищі трансформаторного масла Т-1500

1 – без нагрівання; 2 – 100 год термостаріння; 3 – 200 год термостаріння; 4 – 300 год термостаріння

женням середньої короткочасної електричної міцності це є свідченням початку хімічної взаємодії матеріалу плівки та просочуючої рідини у вигляді розчинення аморфної складової полімеру.

Залежності E_{np} поліпропіленової плівки №3 від часу термостаріння в середовищі трансформаторної олії свідчать про більш високу термостабільність зазначеної плівки в порівнянні із плівкою №4: за 300 годин термостимульованої взаємодії відзначено відносно невелике зниження E_{np} – до 560 кВ/мм. Важливо, що для цієї плівки не відзначається зростання короткочасної електричної міцності в порівнянні з попередньою стадією термостаріння на жодному часовому відрізку. Деякий спад E_{np} (до 580 кВ/мм) фіксується після 200 годин термостаріння, а потім середнє значення короткочасної електричної міцності цієї плівки змінюється несуттєво, однак нахил функцій розподілу E_{np} для всіх етапів залишається практично однаковим. Відсутність помітної зміни нахилу функції розподілу E_{np} та відносно невелике зменшення E_{np} дозволяють зробити припущення про відсутність хімічної взаємодії плівки №3 і просочуючої рідини, і, як наслідок, відсутності навіть набухання поверхні плівки. Проте дані про зміну коефіцієнта відносного світлопропускання (K_{ec}) просочуючої рідини на 18% за 300 годин термостаріння (таблиця) системи «плівка №3 – рідина» спростовують таку гіпотезу. В роботі [7] встановлено,

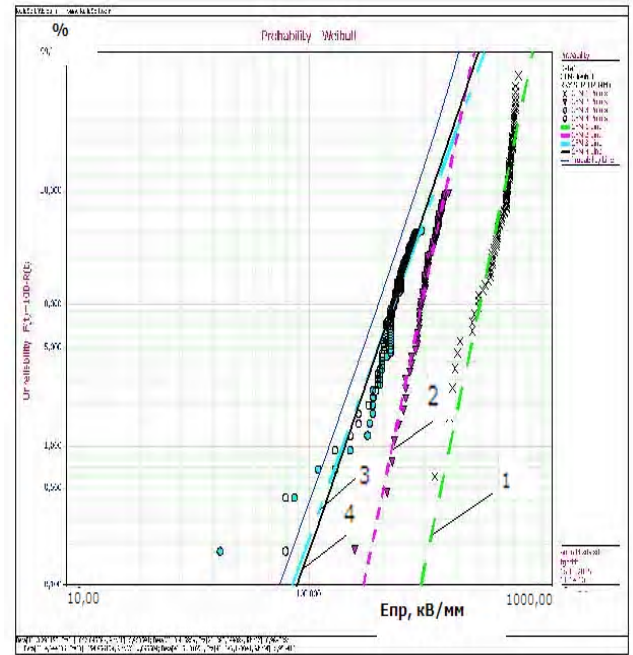


Рисунок 4 – Функції вейбульовського розподілу E_{np} плівки №4 у ході термостаріння в середовищі трансформаторного масла Т-1500

1 – без нагрівання; 2 – 100 год термостаріння; 3 – 200 год термостаріння; 4 – 300 год термостаріння

що термостаріння трансформаторного масла за відсутності будь-яких компонентів діелектричних систем у ньому упродовж 300 годин при температурі 100°C призводить до падіння K_{ec} тільки на 10% за рахунок появи продуктів термоокислювальної деструкції рідини. Тобто можна припустити, що взаємодія трансформаторного масла і плівки №3 має місце, але в основному відбувається не з поверхні, а через зрізи плівки та поверхневі мікрodefекти.

Це є аргументом, що дозволяє висунути гіпотезу про структурну модифікацію плівки №3, наприклад, наявність на її поверхні зміцнюючого (транскристалічного) шару. Саме наявність транскристалічного шару в поверхні діелектричної плівки перешкоджає проникненню просочуючої рідини в об'єм полімерного матеріалу та відіграє роль своєрідного бар'єра, що сповільнює процес розчинення полімеру в просочуючій рідині [9], навіть за умов їх високої хімічної спорідненості, як у випадку

Таблиця – Коефіцієнт відносного світлопропускання трансформаторного масла після термостаріння упродовж 300 годин з поліпропіленовою та поліетилентерефталатними плівками

Номер плівки	№1	№2	№3	№4
Коефіцієнт відносного світлопропускання, %	76	78	82	69

взаємодії поліпропілену і ароматичних структур, що входять до складу трансформаторного та інших нафтових масел. Крім того наявністю транскристалічного утворення на поверхні плівки можна пояснити її підвищену короткочасну міцність – відомо, що збільшення ступеня кристалічності полімерних діелектриків призводить до зниження їхньої електропровідності на кілька порядків, що пов'язують зі зменшенням рухливості й концентрації іонів.

Точні відомості про надмолекулярну транскристалічну структуру волокнуотворюючих полімерів, які є сировиною для конденсаторних плівок, дають прямі методи рентгенівської й електронної дифракції, електронної мікроскопії, світлорозсіювання й ядерно-магнітного резонансу [11]. З іншого боку, загальновідомим є вплив фазового стану й структури полімеру на його механічні властивості. Тому можна очікувати, що вивчення реологічних характеристик конкретної полімерної плівки дозволить одержати важливу інформацію про морфологічні особливості діелектричного матеріалу (які впливають і на його електрофізичні властивості) без застосування проблемних (з економічної та експлуатаційної точок зору) методів. Доцільно одночасно дослідити електричні і механічні властивості полімерних плівок для підтвердження наявності надмолекулярних утворень на поверхні та задля розробки основ комплексної методики для визначення ступеня взаємодії плівкового полімеру та просочуючої рідини діелектричних систем.

ВИСНОВКИ

Таким чином, наведені результати побічно свідчать про особливості структури поліпропіленової плівки № 3 і дозволяють прогнозувати більш високу термостабільність електрофізичних характеристик плівкової просоченої трансформаторним маслом діелектричної системи на основі цієї поліпропіленової плівки у порівнянні з іншими варіантами. Встановлено, що в ході термостаріння просоченої плівкової діелектричної системи при температурі 100 °С час зниження коефіцієнта відносного світлопропускання $K_{вс}$ трансформаторного масла Т-1500 на 20 % відповідає початку падіння короткочасної електричної міцності шорсткої поліпропіленової, а також слабкошорсткої й гладкої поліетилентерефталатної плівок внаслідок невідновних змін структури при частковому розчиненні в просочуючій рідині. Цей параметр разом із короткочасною електричною міцністю плівки та коефіцієнтом дестабілізації рідкого діелектрика може бути використано як критеріальний, що відображає інтенсивність термостимульованої взаємодії рідкого діелектрика з полімерною плівкою при проведенні порівняльних випробувань термостабільності плівкової просоченої ізоляції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yashida Y. Evolution of power capacitor as a result of new material development / Y. Yashida, M. Nishimatsu, S. Mukai, T. Kashiwasaki, S. Yasufuku // CIGRE. – 1980. – Report 15-01.
2. Samat, J. The development of dielectric all-film capacitors and evaluation of their endurance / J. Samat // CIGRE. – 1986. – Report 15-06.
3. Кучинский, Г. С. Изоляция установок высокого напряжения / Г. С. Кучинский, В. Е. Кизеветгер, Ю. С. Пинталь. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
4. Гунько В. И. Применение пленочного диэлектрика в высоковольтных импульсных конденсаторах / Онищенко Л. И., Дмитришин А. Я., Гунько В. И. // Электрическая изоляция-2006: Материалы IV Международной научно-технической конференции (16–19 мая 2006 г.). – С-Пб: изд-во Политехн. ун-та. – С. 134–135.
5. Топоров С. О. Исследование конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов / Гунько В. И., Дмитришин А. Я., Онищенко Л. И., Топоров С. О., Фецул Т. А. // Электронная обработка материалов. – 2012. – №2. – С. 93–96.
6. Андреев А. М. Изменение эксплуатационных характеристик пленочно-пропитанной изоляции силовых конденсаторов вследствие взаимодействия ее компонентов / А. М. Андреев, Н. М. Журавлева, Н. П. Александрова, Л. Н. Галахова // Электротехника. – 1991. – № 3. – С. 69–71.
7. Малюшевська А. П. Дослідження впливу підвищених температур на експлуатаційні властивості трансформаторного масла Т-1500 в плівкових ізоляційних системах / А. П. Малюшевська, С. О. Топоров, А. Я. Дмитрішин // Електротехніка та електроенергетика. – 2015. – №1. – С. 21–25.
8. Воробьев Г. А. Пробой тонких диэлектрических пленок / Г. А. Воробьев, В. А. Мухачев. – М.: Сов. радио, 1977. – 72 с.
9. Геллер Б. Э. Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров / Б. Э. Геллер, А. А. Геллер, В. Г. Чиртулов. – М. : Химия, 1996. – 431 с.
10. Журавлева Н. М. Термостабильность пропитанных конденсаторных диэлектриков на основе полиэтилен-терефталата / Н. М. Журавлева, С. П. Журавлев, Т. Н. Муравьева, Е. Н. Скляничук // Электрическая изоляция-2006: Материалы IV Международной научно-технической конференции (16–19 мая 2006 г.). – С-Пб: изд-во Политехн. ун-та. – С.149–150.
11. Перепелкин К. Е. Структура и свойства волокон. – М. : Химия, 1985. – 208 с.

Малюшевская А. П.¹, Топоров С. О.²

¹К.т.н., доцент, старший научный сотрудник, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

²Ведущий инженер, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ КОНДЕНСАТОРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ИХ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

Осуществление совокупности целенаправленных действий по повышению уровня развития современной электротехники и электроизоляционных материалов требует четких представлений о природе и характере деструктивных процессов в диэлектрике. В работе впервые изучена термостабильность компонентов полипропиленово-полиэтилентерефталатного пропитанного диэлектрика в ходе их термостимулированного взаимодействия. Предложены и обоснованы критериальные параметры, позволяющие достоверно оценивать термостабильность эксплуатационных свойств конденсаторных полимерных пленок. Проанализировано изменение кратковременной электрической прочности полипропиленовой и полиэтилентерефталатной пленок в ходе их термостарения в среде нефтяного масла. Установлено влияние морфологических особенностей поверхности пленки на термостабильность пленочного пропитанного диэлектрика.

Полученные результаты являются основой для разработки комплексных мероприятий, направленных на повышение работоспособности маслonaполненного электротехнического оборудования с полимерным диэлектриком, а именно, методики входного контроля полимерного пленочного материала, например, для производства силовых конденсаторов.

Ключевые слова: полимерные пленки, кратковременная электрическая прочность, пробой, пленочная пропитанная диэлектрическая система

Malyushevskaya A. P.¹, Toporov S. O.²

¹Ph.D., associate professor, senior staff scientist of Institute of Pulse Processes and Technologies of NAS of Ukraine

²Advanced engineer of Institute of Pulse Processes and Technologies of NAS of Ukraine

COMPOSITION AND MORPHOLOGY OF CAPACITOR POLYMER FILMS' INFLUENCE ON THE THERMOSTABILITY OF THEIR SHORT-TERM ELECTRIC STRENGTH

The implementation of purposeful actions set with the view of the level of modern electronics' and electrical insulating materials' development increasing requires a clear understanding of the nature and character of destructive processes in the dielectric. The thermal stability of the components of impregnated polypropylene – polyethyleneterephthalate dielectric system during their thermally stimulated interaction was studied in the work for the first time. The criterion parameters are proposed and validate, allowing to estimate reliably the stability of operational properties of capacitors' polymer films of film impregnated dielectric systems – short-term electric strength of the film and the coefficient of the relative light transmission of electrical insulating liquids. Changes of short-term electric strength of polypropylene and polyethyleneterephthalate films are analyzed during their thermoaging in the petroleum oils medium. Statistically reliable data on the form of the kinetic dependences of polymer films' short-term electric strength are obtained. The influence of morphological features of the film's surface on the thermal stability of a film, impregnated with a dielectric liquid, is established. Higher thermal stability of operational properties of the impregnated film dielectric system, based on the one of the investigated polymer films is projected reasonably.

The obtained results are the basis for the development of complex procedure aimed at the improving the operability of oil-filled electrical equipment with polymeric dielectric, namely the method of entrance control of polymer film material, for example, for the production of power capacitors.

Keywords: polymer films, short-term electric strength, breakdown, impregnated film dielectric system

REFERENCES

1. Yashida Y. Evolution of power capacitor as a result of new material development. Moscow, CIGRE, 1980, Report 15-01.
2. Samat J. The development of dielectric all-film capacitors and evaluation of their endurance. CIGRE, 1986, Report 15-06.
3. Kuchinskij G. S. Izolyaciya ustanovok vysokogo napryazheniya. Moscow, Energoatomizdat, 1987, 368 s.
4. Gun'ko V. I., Onishchenko L. I., Dmitrishin A. Ya. Primenenie plenochного dielektrika v vysokovol'tnyh impul'snyh kondensatorah. *Elektricheskaya izolyaciya-2006: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii (16–19 maya 2006 g.)*. S-Pb: izd-vo Politekhn. un-ta, pp.134–135;
5. Toporov S. O., Gun'ko V. I., Dmitrishin A. Ya., Onishchenko L. I., Toporov S. O. Feshchuk T. A. Issledovanie konstrukcij plenochного dielektrika dlya vysokovol'tnyh impul'snyh

- kondensatorov. *Elektronnaya obrabotka materialov*, 2012, No 2, pp. 93–96.
6. Andreev A. M., Zhuravleva N. M., Aleksandrova N. P., Galahova L. H. Izmenenie ehkspluatsionnyh karakteristik plenочно-propitannoj izolyacii silovyh kondensatorov vsledstvie vzaimodejstviya ee komponentov. *Elektrotehnika*, 1991, No 3, pp. 69–71.
 7. Malyushevs'ka A. P., Toporov S. O., Dmitrishin A. Ya. Doslidzhennya vplivu pidvishchenih temperatur na ehkspluatsijni vlastivosti transformatornogo masla T-1500 v plivkovih izolyacijnih sistemah. *Elektrotehnika ta elektroenergetika*, 2015, No 1, pp. 21–25.
 8. Vorob'ev G. A. Proboj tonkih dielektricheskikh plenok. Muhachev, Moscow, Sov. radio, 1977, 72 s.
 9. Geller B. E., Geller A. A., CHirtulov V. G. Prakticheskoe rukovodstvo po fiziko-himii voloknoobrazuyushchih polimerov. Moscow, Himiya, 1996, 431 s.
 10. Zhuravleva N. M., Zhuravlev S. P., Murav'eva T. N., Sklyanchuk E. N. Termostabil'nost' propitannyh kondensatornih dielektrikov na osnove poliehtilentereftalata. *Elektricheskaya izolyaciya-2006: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii (16–19 maya 2006 g.)*, S-Pb: izd-vo Politekhn. un-ta, pp. 149–150.
 11. Perepelkin K. E. Struktura i svoistva volokon. Moscow, Himiya, 1985, 208 s.