

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Бойка Антона Миколайовича
"Діагностика полімерної ізоляції в процесі старіння кабелів під дією сильного електричного поля за трибоелектричним потенціалом", представлену на здобуття наукового ступеня кандидататехнічних наук за спеціальністю 05.09.13 – техніка сильних електричних та магнітних полів

Актуальність теми та її зв'язок з науковими програмами. Діагностика технічного стану твердої полімерної ізоляції електричних кабелів та ізольованих проводів багато в чому базується на оцінці об'ємних зарядів, які виникають в ній в результаті інжекції електронів з металевих поверхонь, розриву ковалентних зв'язків макромолекул, люмінесценції, часткових розрядів та інших порогових електрофізичних процесів. Такі заряди локалізуються в місцях нано- та мікроструктурних дефектів (так званих "пасток") в об'ємі ізоляції. При використанні кабелів в місцях інтенсивної дії механічних, температурних, електромагнітних та радіаційно-променевих впливів найбільш інтенсивно деградують приповерхневі шари ізоляції, тому вказані пастки для зарядів в них виникають в першу чергу. Якщо припустити, що в кабелях і ізольованих проводах, які використовуються при інтенсивних вібраціях та інших механічних впливах, більшість виникаючих зарядів є трибозарядами і вони знаходяться у приповерхневих шарах ізоляції, то оцінка змінення величини таких зарядів з часом може бути основою для удосконалення методів діагностики стану ізоляції. Оскільки тема дисертації присвячена саме такому підходу, то вона *є актуальною*.

Актуальність роботи підтверджується її виконанням за темами договірних робіт кафедри електроізоляційної та кабельної техніки НТУ "Харківський політехнічний інститут", в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

Оцінка структури та змісту дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і двох додатків. Її загальний обсяг становить 180 сторінок, 94 рисунки, 12 таблиць та 135 найменувань використаних джерел.

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації.

У вступі наведено всі необхідні для кандидатської дисертації положення: обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну отриманих результатів і їх практичну значимість, наведено дані про апробацію та публікації результатів досліджень, викладено відомості про особистий внесок здобувача.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу наукової літератури щодо виявлення та розрахунку об'ємних зарядів, виникаючих в полімерній ізоляції силових кабелів на середні та високі напруги, як одного з основних порогових електрофізичних механізмів деградації твердої полімерної ізоляції. Проводився аналіз сучасних методів виявлення об'ємних зарядів: акустичної емісії (стимульованої електричним полем), термостимульованої провідності, термостимульованої поляризації, та вимірювання змінення струму провідності.

У вступі обґрунтовано, що більша частина об'ємного заряду накопичується у приповерхневих найбільш деградованих шарах ізоляції біля границь прові-

дник- діелектрик і діелектрик-діелектрик. Виникнення такого заряду збурює зовнішнє електричне поля в ізоляції, підсилюючи його в локальних мікрообластях, що може призводити до виникнення порогових електрофізичних явищ деградації ізоляції. Зроблено припущення, що об'ємний заряд у цих приповерхневих шарах має трибоелектричну природу. На основі його змінення запропоновано удосконалювати методи діагностики стану поверхні полімерної ізоляції.

У другому розділі з використанням математичного апарату теорії електромагнітного поля та ланцюгової схеми заміщення виконано математичне моделювання накопичення поверхневого заряду на границі двох діелектриків. Визначено вплив напруги на змінення з часом густини поверхневого заряду зістареної і незістареної ізоляцій. Для двохпровідної кабельної лінії з використанням методу інтегральних рівнянь аналітично визначено змінення густини поверхневого заряду та падіння напруги по довжині симетричних ізольованих провідників з урахуванням властивостей тонких дефектних шарів на поверхні їх ізоляції та повітряного зазору між ними. Наведено експериментальні залежності стуму електропровідності у паперово-просиченій ізоляції від величини постійної напруги. Обґрунтовано, що при досягненні певного порогового значення напруги виникає злам прямо пропорційної залежності від неї струму.

У третьому розділі досліджено величину контактної різниці потенціалу, як показника ступеню деградації полімерної ізоляції кабелів. Розглянуто контакт двох металевих і двох діелектричних поверхонь. Виконано експериментальні дослідження змінення контактної різниці потенціалів з часом в неекранованих та екранованих мережевих кабелях, багатопарних телефонних кабелях (які знаходяться в загальному екрані) і кабелях на напруги 1 та 6 кВ. Визначались величини вимірних напруг (які склали сотні мілівольт), тангенс кута діелектричних втрат та ємність кабелів. Проаналізовано характер змінення контактної різниці потенціалів полімерної ізоляції кабелів в процесі її старіння.

У четвертому розділі представлено нову систему діагностики стану полімерної ізоляції силових кабелів за зміненням контактної різниці потенціалів. Запропоновано проводити діагностичні обстеження з попереднім заземленням всіх металевих частин кабелів і при сталій температурі. Виконано вимірювання контактної різниці потенціалів між провідниками однієї з чотирьох витих пар мережевого екранованого і неекранованого кабелю всередині та зовні екранованої камери з урахуванням стікання поверхневого заряду і полярності підключення кабелю. Запропоновано апаратне забезпечення для системи діагностики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

1. На основі моніторингу контактної різниці потенціалів і трибозаряду вдосконалено систему діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції силових, контрольних та інформаційних кабелів при її деградації в результаті дії сильного електричного поля та інших електрофізичних чинників.

2. Вперше отримано узагальнюючий аналітичний вираз для визначення змінення густини поверхневого заряду та падіння напруги по довжині симетричних ізольованих провідників з урахуванням властивостей тонких дефектних шарів на поверхні їх ізоляції та повітряного зазору між ними.

3. Вперше встановлено, що контактна різниця потенціалів між елементами силових кабелів є чутливим параметром для діагностики стану поверхні їх полімерної ізоляції та аналізу умов збільшення діелектричних втрат у кабелях.

Цінність дисертаційної роботи для науки полягає у розробці наукових основ для вдосконалення систем діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції електричних кабелів різного призначення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректністю вибраних положень теорії електромагнітного поля, збіжністю рішень у межах заданої похибки, співпаданням результатів дисертації з результатами відомих теоретичних і експериментальних досліджень, апробацією основних положень роботи на наукових конференціях та семінарах.

Зміст автореферату відображає зміст дисертаційної роботи, її принципові результати та положення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці конкретних практичних рекомендацій щодо підвищення чутливості систем діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції силових, контрольних та інформаційних кабелів при деградації такої ізоляції під час дії сильного електричного поля, вдосконалено систему діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції силових, контрольних та інформаційних кабелів під час її старіння при дії сильного електричного поля, механічних, температурних, електромагнітних та радіаційно-променевих впливів. Зокрема рекомендовано урахувати вплив механічних завод на результати вимірювання ємності та тангенсу кута діелектричних втрат при діагностиці технічного стану силових кабелів за інтенсивністю абсорбційних процесів в їх ізоляції.

Результати дисертації впроваджено при діагностиці кабелів АЕС в рамках договірних робіт з Харківською філією Інженерно-технічного центру "Коро" та в навчальному процесі електроізоляційної та кабельної техніки НТУ "Харківський політехнічний університет".

Апробація результатів дисертації – вони доповідались і були схвалені на чотирьох міжнародних науково-практичних конференціях, двох міжнародних симпозіумах і науково-практичному семінарі.

Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Основні положення й результати дисертаційної роботи відображено в 17 наукових публікаціях, з яких 9 у фахових виданнях України, з них 6 у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз та отримано 1 патент України на корисну модель.

Зауваження по роботі.

1. Згідно спеціальності, за якою захищається дисертація, в роботі мають досліджуватись електрофізичні процеси, виникаючі в сильних електричних та магнітних полях. За якими показниками електричне поле в дисертаційних дослідженнях вважалось сильним – за величиною напруженості, чи виникненням нелінійних властивостей і порогових процесів у твердій полімерній ізоляції?

2. В меті роботи введено поняття "трибоелектричний потенціал" поверхні полімерної ізоляції, а на стор. 85 дисертації – контактної різниці потенціалів між поверхнями діелектриків. Але ж в електричному полі різні точки поверхні діелектрика мають різні потенціали і знаходження їх розподілу – це складна польова задача. Як Ви знаходили цей потенціал і цю різницю потенціалів? Через екіпотенціальні поверхні? Чи використовуючи металеві електроди, усереднювали різницю потенціалів між поверхнями діелектриків?

3. На рис. 2 автореферату і рис. 2.11 дисертації показано збільшення з часом заряду на границі двох діелектриків, який розраховувався як "добуток миттєвого струму на час протікання".

Чи не тому, цей заряд невпинно збільшується, що його розраховували не як визначений інтеграл змінного струму накопичення заряду за часом?

При $t \rightarrow \infty$ цей струм мабуть повинен зменшуватись до нуля? І бажано уточнити про який струм йде мова: повний, витоку, міжфазної поляризації, чи поляризації локального об'єму діелектрика?

4. Для розрахунку густини заряду на границях ізоляцій з верхніми дефектними прошарками на рис. 3 автореферату і рис. 2.13 дисертації наведено модель перерізу двох ізолюваних провідників з повітряним прошарком між ними та потенціалами на їх жилах U_1 і U_2 . Поверхні перерізу жил показані у вигляді кіл, а поверхні ізоляцій та їх дефектних прошарків – паралельних ліній, а не кіл.

Представлення частин концентричних кіл прямими лініями дозволило використати декартову систему координат, але такий підхід обмежує точність розрахунків та розміри розрахункової поверхні. Чому в аналітичних розрахунках не використано полярні координати та концентричні кола, як границі поверхонь жил, ізоляцій та їх дефектних прошарків, що дозволило б проводити розрахунки без розмірних обмежень?

5. На стор. 125 дисертації зазначено, що "діагностика поверхні ізоляції за трибоелектричним потенціалом основана на ефекті накопичення трибоелектричного заряду в процесі контактної електризації ізолюваних провідників кабелю". Чим підтверджується висновок, що цей заряд має лише трибоприроду, а не інjektується зі струмопровідних поверхонь і не є результатом міжфазної поляризації різних діелектричних шарів?

6. При експериментальному дослідженні контактної різниці потенціалів в силових кабелях (зокрема в параграфі 3.3 дисертації) вимірювання проводилось між металевими поверхнями їх жили та екрану, між якими є сшита поліетилена ізоляція. Але така ізоляція знаходиться між напівпровідними полімерними шарами, тому між жилою і екраном таких кабелів є по дві контактні поверхні: провідник – напівпровідник і напівпровідник – діелектрик.

Яка саме контактна різниця потенціалів мала на увазі при вимірюванні?

Крім цього, оскільки довжина силових кабелів та електричний опір між їх жилою і екраном є занадто великими, то чи ураховувався при вимірюваннях вплив високочастотних завад на отримані результати?

Виявлені неточності не перекреслюють отримані нові наукові результати з удосконалення систем діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції кабелів при її старінні під дією сильних електрофізичних впливів.

Висновок. Дисертація А.М. Бойка є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати, що розв'язують актуальне наукове завдання з удосконалення систем діагностики поверхневих властивостей полімерної ізоляції силових, контрольних та інформаційних кабелів при її деградації в результаті дії сильного електричного поля та механічних, температурних, електромагнітних і радіаційно-променевих впливів. Отримані результати у своїй сукупності мають важливе значення для розвитку техніки сильних електричних полів у напрямку уточнення технічного стану деградуючої твердої полімерної ізоляції.

За змістом та одержаними результатами дисертаційна робота задовольняє вимогам "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" щодо кандидатських дисертацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор, заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.13 – техніка сильних електричних та магнітних полів.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, старший викладач
кафедри теоретичної електротехніки
НТУУ "Київський політехнічний інститут"

11.02.2016

