

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

УДК 621.3.048:621.317.333

ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЬОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Л.Р. Сабарно, інж. (Інститут електродинаміки НАН України)

Рассмотрены факторы, влияющие на состояние изоляции, и обоснован выбор $t_{гб}$ как определяющего параметра при контроле состояния изоляции кабельных линий распределительных электрических сетей. Определены характер изменения $t_{гб}$ в зависимости от срока эксплуатации, температуры и влажности изоляции. Выбраны критерии работоспособности изоляции.

Вступ

Однофазні замикання на землю в кабельних лініях розподільних мереж (КЛ) напругою 6 і 10 кВ поверхневих комплексів шахт і рудників, кар'єрів і розривів, а також міст залишаються найчастішим видом пошкоджень КЛ і наступних аварій. Однією з головних причин таких замикань є погіршення стану ізоляції внаслідок тривалої експлуатації та впливу факторів навколишнього середовища [1].

Для забезпечення безаварійної і надійної роботи КЛ необхідні якісний контроль і діагностика стану їхньої ізоляції. На сьогодні існує багато методів контролю ізоляції КЛ. В основному ці методи були розроблені в 70–80-і рр. на технічному рівні того часу [2]. Зараз, у зв'язку з широким впровадженням мікропроцесорної техніки, з'явилась можливість вимірювання широкого комплексу електричних величин, у т.ч. і для вимірювання параметрів ізоляції. Це дозволяє розробити систему діагностики стану ізоляції КЛ на сучасному технічному рівні.

Для розроблення такої системи необхідно визначити контрольовані параметри, які адекватно відображали б стан ізоляції КЛ і які можна було б вимірювати під робочою напругою постійно або з необхідним інтервалом часу і достатньо високим ступенем точності та достовірності.

1 Вибір контрольованих параметрів

Факторами, що впливають на стан ізоляції КЛ, є ступінь старіння, температура та вологість ізоляції, характеристики ізоляційного масла та ін., наслідки дії яких часто не можна розрізнити. На сьогодні відсутні методи кількі-

сної оцінки цих факторів у процесі експлуатації КЛ. Тому застосовуються методи контролю ізоляції за її електричними показниками, до яких належать опір ізоляції відносно землі R (повний, активний, омичний), ємність мережі відносно землі C , тангенс кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$, коефіцієнт абсорбції.

Питомий опір ізоляції відносно землі нового кабелю напругою 6 кВ і вище становить не менше 200 МОм·км, ємність відносно землі – 0,25...1,8 мкФ/км (ємнісний опір – 12,7...1,8 кОм·км відповідно), $\text{tg}\delta$ – 0,1...0,8 %. При погіршенні якості ізоляції основних змін (у напрямі зменшення) зазнає її активний опір, а ємність КЛ відносно землі змінюється незначно. Тому й $\text{tg}\delta$ ізоляції буде визначатися, в основному, величиною її активного опору.

Питома ємність КЛ відносно землі залежить від номінальної напруги і площі перерізу жил кабелю, тому й $\text{tg}\delta$ залежить від цих же величин. На рис. 1 наведено отриману шляхом розрахунків область залежності $\text{tg}\delta$ ізоляції КЛ від її активного опору R для стандартних площ перерізу жил 10...500 мм² при номінальних напругах 6 і 10 кВ та виділено область для найпоширеніших КЛ з площами перерізу жил 95...300 мм². З рис. 1 видно, що один тільки параметр $\text{tg}\delta$ не може однозначно характеризувати стан ізоляції кабелів з різною площею перерізу жил. Тому основним визначальним параметром для контролю стану ізоляції приймасмо $\text{tg}\delta$, а додатковим – активний питомий опір ізоляції відносно землі $R_{\text{пит}}$.

Закордонні електроенергетичні компанії в автоматичних системах контролю стану кабелів вимірюють і аналізують величини опору жили, опору ізоляції постійному струмові, повного опору ізоляції, ємності відносно землі, струмів витоку і $\text{tg}\delta$ [3, 4].

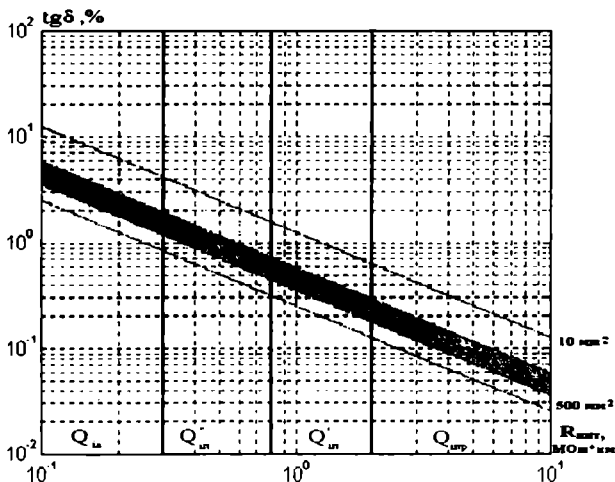


Рис. 1

2 Характеристики tgδ як контрольованого параметра

Зміни параметра tgδ адекватно відображають міру впливу процесу старіння, ступеня зволоження і температури на стан ізоляції КЛ. Таким чином, tgδ є функцією трьох аргументів: часу T , вологості w і температури t , тобто $\text{tg}\delta = f(T, w, t)$.

Строк старіння ізоляції КЛ становить 20–30 років, при цьому опір ізоляції знижується рівномірно і наприкінці зазначеного строку досягає 40...50 % початкового значення. При цьому збільшення tgδ відбувається повільно і необоротно з швидкістю 0,01...0,04 % на рік.

Розглянемо спільний вплив зміни температури і вологості на величину tgδ КЛ із паперово-масляною ізоляцією. Шляхом аналізу і математичної обробки даних, наведених у праці [5], складено двокритеріальну функцію залежності tgδ від вологості і температури ізоляції, наведену у вигляді таблиці, та побудовано графіки залежності tgδ КЛ від температури при різних значеннях вологості ізоляції (рис. 2).

Аналіз даних таблиці і залежностей, наведених на рис. 2, дає змогу зробити такі висновки.

$t, ^\circ\text{C}$	Значення tgδ, %, ізоляції КЛ при вологості ізоляції $w, \%$									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
5	0,49	0,53	0,57	0,62	0,69	0,80	1,00	1,25	1,60	2,00
10	0,45	0,48	0,51	0,56	0,68	0,85	1,10	1,50	2,00	2,50
20	0,38	0,41	0,44	0,49	0,67	1,00	1,50	2,10	3,00	4,00
30	0,32	0,35	0,38	0,43	0,70	1,30	2,10	3,30	4,70	6,10
40	0,29	0,32	0,35	0,40	0,88	1,80	3,70	5,70	7,70	9,70
50	0,28	0,31	0,35	0,42	1,15	2,80	5,70	9,00	12,3	15,6
60	0,28	0,33	0,40	0,48	1,70	4,60	9,20	13,8	18,4	23,0
70	0,29	0,36	0,45	0,60	2,90	8,80	14,8	20,8	26,8	32,8
80	0,29	0,42	0,56	0,90	5,30	12,0	20,0	28,0	36,0	44,0
90	0,30	0,48	0,74	1,60	9,50	18,5	27,5	36,5	45,5	54,5

При $t = \text{const}$ і $w = \text{var}$ характер зміни значень tgδ такий: при будь-якому постійному значенні температури зі збільшенням вологості чітко простежується тенденція до збільшення значень tgδ; у діапазоні температур 5...70° С спостерігається повільне збільшення значень tgδ у діапазоні вологості 0,5...2 % (кратність досягає 2,06); у діапазоні вологості 2...2,5 % при тих же температурах tgδ різко збільшується (кратність досягає 4,8); при вологості більше 2 % спостерігається значне збільшення tgδ при підвищенні температури.

При $w = \text{const}$ і $t = \text{var}$ характер зміни tgδ такий: при будь-якому постійному значенні вологості в діапазоні 0,5...2,5 % зі збільшенням температури спостерігається зменшення tgδ. причому при вологості 0,5 і 1 % зменшення

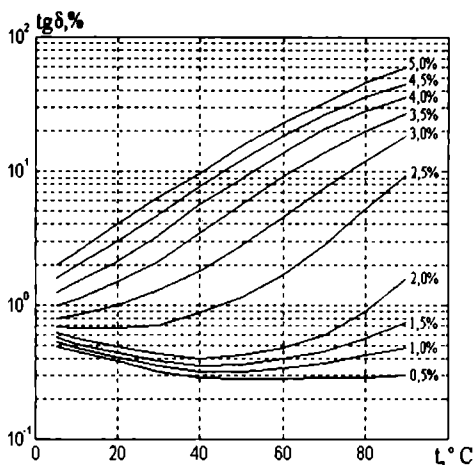


Рис. 2

$\text{tg}\delta$ спостерігається у всьому діапазоні досліджуваних температур (кратність досягає 1,75); ця тенденція зі збільшенням вологості ізоляції скорочується і при вологості 2,5 % спостерігається тільки в діапазоні температур 5...20° С; при збільшенні температури ізоляції в діапазоні вологості 2,5...5 % $\text{tg}\delta$ різко збільшується (кратність досягає 13,6...29,2).

3 Вибір критеріїв працездатності ізоляції КЛ

Як зазначалося вище, одне тільки значення $\text{tg}\delta$ не може однозначно характеризувати стан ізоляції кабелів з різними площами перерізу жил. Тому критерії працездатності ізоляції приймаємо з урахуванням значень питомого опору ізоляції:

працездатному стану ізоляції $Q_{\text{inр}}$ відповідають значення $\text{tg}\delta$, при яких питомий опір ізоляції становить не менше 2 МОм·км;

першому проміжному стану Q'_{in} відповідають значення $\text{tg}\delta$, при яких питомий опір ізоляції знаходиться в межах від 2 МОм·км до 800 кОм·км; у цей стан ізоляція кабелю переходить під впливом зовнішніх факторів і з достатньо високою ймовірністю її параметри можуть відновлюватись;

другому проміжному стану Q''_{in} відповідають значення $\text{tg}\delta$, при яких питомий опір ізоляції знаходиться в межах від 800 до 300 кОм·км; при цих значеннях імовірність відновлення параметрів ізоляції не перевищує 50 %;

аварійному стану Q_{ia} відповідають значення $\text{tg}\delta$, при яких питомий опір ізоляції становить менше 300 кОм·км; при цьому з високою ймовірністю виникають часткові розряди, що призводять до повного пробою ізоляції.

Області критеріїв $Q_{\text{inр}}$, Q'_{in} , Q''_{in} і Q_{ia} виділено на рис. 1.

Висновки

Як контрольований параметр стану ізоляції КЛ запропоновано вибирати t_{gd} з урахуванням значень питомого опору ізоляції відповідно до площі перерізу жил кабелю.

Описано характер зміни t_{gd} залежно від строку експлуатації, температури і вологості ізоляції.

Для системи контролю стану ізоляції запропоновано такі варіанти вибору значень t_{gd} як критеріїв працездатності:

для кожної КЛ відповідно до робочої напруги і площі перерізу жил встановлюються певні діапазони значень t_{gd} за критеріями працездатності;

те ж, але по групах КЛ однієї площі перерізу;

оскільки від шин підстанції, в основному, відходять кабелі не більше трьох типорозмірів, значення t_{gd} для яких відрізняються не більш ніж на 30 %, як критерії для діагностування працездатного $Q_{нр}$ і першого проміжного $Q'_{ін}$ станів можуть бути прийняті усереднені значення t_{gd} з наступним переходом до діагностування кожної КЛ окремо або груп КЛ з однаковою площею перерізу жил.

Для діагностування стану ізоляції КЛ і визначення строку подальшої безаварійної її роботи необхідно:

врахувати швидкість і характер зміни значень контрольованого параметра t_{gd} і зіставити поточне його значення з припустимим;

виявити особливості експлуатації контрольованої КЛ, враховуючи досвід експлуатації подібних КЛ;

провести аналіз сукупності отриманих даних з метою виявлення можливих причин зміни контрольованого параметра, визначення ступеня погіршення стану ізоляції та оцінки її небезпеки щодо працездатності КЛ.

Пропонований параметр t_{gd} та встановлені критерії працездатності ізоляції можуть бути застосовані при розробленні системи контролю і діагностики стану ізоляції кабельних ліній розподільних мереж.

1. *Сабарно Л.Р.* Особенности мониторинга изоляции кабельных линий среднего класса напряжения // Автоматизация и релейная защита в энергосистемах '98: Сб. научн. тр. – К.: Наук. думка, 1998. – С. 165–170.

2. *Электробезопасность на открытых горных работах* / В.И. Щуцкий, А.М. Маврицын, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин. – М.: Недра, 1983. – 192 с.

3. *Jancauskas J.* Can anyone measure remaining life in powerplant cable? // Elec. World. – 1988. – 202. – № 8. – P. 68–70.

4. *Miesy Nobyity.* Efficiency of diagnostic of an electrical insulation from experience of substantial failures // Puranto enjinia = Plant. Eng. – 1996. – 28. – № 3. – P. 10–15.

5. *Сви П.М.* Контроль изоляции оборудования высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 128 с.