



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47451

(13) C2

(51) 6 G01R31/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТАНГЕНСА КУТА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВТРАТ ІЗОЛЯЦІЇ ТРИФАЗНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК

1

2

(21) 98073585

(22) 07 07 1998

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р

(72) Шинкаренко Гліб Васильович

(73) Донбаська електроенергетична система

(56) Шваб А. Измерения на высоком напряжении - М. Энергоатомиздат, 1983. Локшин М. В., Сви П. М. Измерение диэлектрических потерь высоковольтной изоляции - М. "Энергия", 1973.

(57) Спосіб вимірювання тангенса кута діелектричних втрат ізоляції трифазних електричних установок, при якому тангенс кута діелектричних втрат

однієї фази розраховують за результатами вимірювань при подачі на схему вимірювання, наприклад на міст Шерінга, різних напруг, який відрізняється тим, що на схему вимірювання подають послідовно три синусоїдальні напруги, однакові за амплітудою та зсунуті по фазі на  $120^\circ$ , наприклад три фази робочої напруги електричної установки, вимірюють при цьому три значення тангенса кута діелектричних втрат ізоляції та визначають реальне значення тангенса кута діелектричних втрат фази електричної установки шляхом підсумовування трьох вимірних значень та ділення отриманої суми на три

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для діагностики ізоляції трифазних електричних установок безпосередньо на місці їх монтажу при наявності великих струмів впливу

Відомий спосіб вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат за допомогою мостових схем, наприклад, за допомогою мосту Шерінга (див. Шваб А. Измерения на высоком напряжении - М. Энергоатомиздат, 1983). На міст Шерінга подається змінна напруга та здійснюється врівноваження нуль-індикатора, що входить до складу мосту. Після врівноваження визначається тангенс кута діелектричних втрат.

Схожими суттєвими ознаками цього аналогу та винаходу, що заявляється є використання для вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат мосту Шерінга.

Недоліком способу є залежність результатів вимірювань від струмів впливу, що створюються сусідніми працюючими електричними установками.

Відомий спосіб вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат, при якому на міст Шерінга змінна напруга подається два рази, причому в друге вона вмикається у протифазі (спосіб двох відліків). Тангенс кута діелектричних втрат розраховується шляхом підсумовування та поділення навіпл результатів двох вимірювань, у результаті чого

компенсується дія струмів впливу (див. Локшин М. В., Сви П. М. Измерение диэлектрических потерь высоковольтной изоляции - М. "Энергия", 1973).

Схожими суттєвими ознаками цього аналогу та винаходу, що заявляється є використання для вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат мосту Шерінга з компенсацією струмів впливу.

Недоліком способу є неможливість його застосування при вимірюванні тангенсу кута діелектричних втрат з використанням робочої напруги електричної установки, вмикання якої у протифазі можливо тільки при наявності спеціального розділюючого трансформатора, що не має практичного сенсу.

Найбільш близьким по технічній сутності є спосіб вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат, при якому на міст Шерінга від стороннього джерела (мобільного або стаціонарного) подається змінна напруга, що створює струм у ізоляції електричної установки, який збігається по фазі або що знаходиться у протифазі з струмом впливу (див. Локшин М. В., Сви П. М. Измерение диэлектрических потерь высоковольтной изоляции - М. "Энергия", 1973). Цей спосіб, який називається способом суміщення фаз, дозволяє компенсувати дію струмів впливу.

Схожими суттєвими ознаками цього аналогу та винаходу, що заявляється є компенсація струму

(13) C2

(11) 47451

(19) UA

впливу при вимірюванні тангенсу кута діелектричних втрат містом Шерінга

Недоліком способу є неможливість його застосування при вимірюванні тангенсу кута діелектричних втрат з використанням робочої напруги електричної установки, фаза якої жорстко визначена параметрами електричної мережі. Мобільні ж сторонні джерела з напругою яка дорівнює робочій напрузі електричної установки, що перевіряється, мають великі розміри і з-за цього практично не використовуються.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу визначення тангенсу кута діелектричних втрат ізоляції електричної установки шляхом використання робочої напруги електричної установки, що перевіряється. Це дозволить знаходити дефекти в ізоляції електричної установки на місці її монтажу на більш ранній стадії їх розвитку, ніж при використанні стороннього джерела. При використанні цього способу забезпечується компенсація дії струмів впливу шляхом подачі на схему вимірювання послідовно трьох синусоїдальних напруг, однакових по амплітуді та зсунутих по фазі на  $120^\circ$ , наприклад трьох фаз робочої напруги електричної установки. При цьому вимірюють три

значення тангенсу кута діелектричних втрат ізоляції та визначають реальне значення тангенсу кута діелектричних втрат фази електричної установки шляхом підсумовування трьох виміряних значень та поділення отриманої суми на три.

Винахід, що пропонується, пояснюється за допомогою малюнків фіг 1, 2, 3, 4.

На фіг 1 три джерела напруги 1, 2, 3

$\dot{E}_{робА}, \dot{E}_{робВ}, \dot{E}_{робС}$ , які мають однакову амплітуду та зсунуті по фазі відносно один одного на  $120^\circ$ , під'єднані через вимикачі 4, 5, 6 до мосту Шерінга 7, що включає в себе опір ізоляції перевіряємої електричної установки 8, еталонний конденсатор 9, нуль-індикатор 10, магазин прецезійних резисторів "R3" – 11, резистор "R4" – 12 та магазин ємностей "C4" – 13. В процесі вимірювань спочатку вмикається та вимикається вимикач 4, потім 5 та 6. При включеному положенні кожного вимикача, містом Шерінга здійснюють вимірювання тангенсу

кута діелектричних втрат  $\text{tg} \delta_{Хв\text{им}(А)}, \text{tg} \delta_{Хв\text{им}(В)}, \text{tg} \delta_{Хв\text{им}(С)}$ . Тангенс кута діелектричних втрат опору 8 визначається по формулі

$$\text{tg} \delta_{Х\text{Уроб вим}} = \frac{1}{3} (\text{tg} \delta_{Х\text{в\text{им}(А)}} + \text{tg} \delta_{Х\text{в\text{им}(В)}} + \text{tg} \delta_{Х\text{в\text{им}(С)}}) \quad (1)$$

На фіг 2, а, б, в представлені векторні діаграми струмів для випадків вмикання вимикачів 4, 5, 6.

Струм витікання  $\dot{I}_{\text{витX}(j)}, j = A, B, C$ , який тече по резистору "R3" – 11 (струм у колі виводу вимірювальної обкладинки ізоляції фази трифазної електричної установки), вміщує в себе струм в опори

ізоляції 8  $\dot{I}_X$ , струм, що створюється прикладеною

напругою  $\dot{U}_{роб}$ , яка приймає послідовно значення

$\dot{E}_{робА}, \dot{E}_{робВ}, \dot{E}_{робС}$  струм впливу  $\dot{I}_{\text{вплX1}(j)}$ , виникаючий від впливу електричних полів сусідніх (впливаючих) електричних установок, струм впливу

$\dot{I}_{\text{вплX2}}$  викликаний електричним полем ошиновки електричної установки, що перевіряється.

$$\dot{I}_{\text{витX}(j)} = \dot{I}_{\text{вплX1}(j)} + \dot{I}_{\text{вплX2}} + \dot{I}_X$$

За початок відліку прийнятий напрямок реак-

тивного складової струму опору ізоляції 8  $\dot{I}_X$ , яка випереджає на  $90^\circ$  напругу  $\dot{U}_{роб}$ . Позитивний

напрямок відліку збігається з відліком кута діелектричних втрат і відбувається по годинній стрільці.

Припустимо, що при подачі напруги  $\dot{I}_{\text{вплX2}}$

вектор  $\dot{I}_{\text{вплX1}} = \dot{I}_{\text{вплX1}(A)}$  мав кут  $\alpha_{\text{вплX1}}$ , тобто

$$\dot{I}_{\text{вплX1}(A)} = \dot{I}_{\text{вплX1}} \exp(j\alpha_{\text{вплX1}})$$

Тоді у колі виводу вимірювальної обкладинки буде існувати сума-

$$\text{ний струм } \dot{I}_{\text{витX}(A)} = \dot{I}_{\text{вплX1}(A)} + \dot{I}_{\text{вплX2}} + \dot{I}_X$$

Після подачі напруги  $\dot{E}_{робА}$  ні модуль, ні напрям-

ок вектору  $\dot{I}_{\text{вплX1}}$  відносно вектору

$\dot{U}_{роб} = \dot{E}_{робВ}$  не зміняться, оскільки стан впливаючих електричних установок залишається незмінним. Проте, якщо прийняти за початок відліку

напрямок вектору струму  $\dot{I}_X$ , що викликається

напругою  $\dot{U}_{роб} = \dot{E}_{робВ}$  то у новій системі коор-

динат вектор  $\dot{I}_{\text{вплX1}} = \dot{I}_{\text{вплX1}(B)}$  повернеться проти годинної стрілки на  $120^\circ$ , як це показано на

фіг 2, б, а вектори  $\dot{I}_{\text{вплX2}}$  та  $\dot{I}_X$  збережуться незмінними. Тоді

$$\dot{I}_{\text{вплX1}(B)} = \dot{I}_{\text{вплX1}} \exp(j(\alpha_{\text{вплX1}} - 120^\circ))$$

та  $\dot{I}_{\text{витX1}(B)} = \dot{I}_{\text{вплX1}(B)} + \dot{I}_{\text{вплX2}} + \dot{I}_X$ . При пода-

чі напруги  $\dot{U}_{роб} = \dot{E}_{робС}$  (фіг 2, в) у системі координат, що змінилася, аналогічним чином

$$\dot{I}_{\text{вплX1}} = \dot{I}_{\text{вплX1}} \exp(j(\alpha_{\text{вплX1}} - 240^\circ)) \quad \text{та}$$

$$\dot{I}_{\text{витX1}(C)} = \dot{I}_{\text{вплX1}(C)} + \dot{I}_{\text{вплX2}} + \dot{I}_X$$

З аналізу векторних діаграм фіг 2, а, б, в можна одержати

$$\operatorname{tg} \delta_{\text{Хвим(А)}} = \frac{\sin \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \sin \alpha_{\text{вплХ1}}}{\cos \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \cos \alpha_{\text{вплХ1}} + k_{\text{вплХ2}}}$$

$$\operatorname{tg} \delta_{\text{Хвим(В)}} = \frac{\sin \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \sin(\alpha_{\text{вплХ1}} - 120^\circ)}{\cos \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \cos(\alpha_{\text{вплХ1}} - 120^\circ) + k_{\text{вплХ2}}} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \delta_{\text{Хвим(С)}} = \frac{\sin \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \sin(\alpha_{\text{вплХ1}} - 240^\circ)}{\cos \delta_{\text{ХУроб}} + k_{\text{вплХ1}} \cos(\alpha_{\text{вплХ1}} - 240^\circ) + k_{\text{вплХ2}}}$$

де  $k_{\text{вплХ1}} = I_{\text{вплХ1}}/I_{\text{Х}}$  – коефіцієнт впливу від сусідніх працюючих електричних установок,

$k_{\text{вплХ2}} = I_{\text{вплХ2}}/I_{\text{Х}}$  – коефіцієнт впливу від ошинок електричної установки, що перевіряється

Похибка визначення  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  оцінюється таким чином. По формулі (1) для  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  та фіксованих  $k_{\text{вплХ1}}$  і  $k_{\text{вплХ2}}$  при різних значеннях  $\alpha_{\text{вплХ1}}$  знаходиться  $\operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}}$  та  $\operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}}$  – мінімальне та максимальне значення  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб вим}}$ . Тоді похибка

$$\xi = \begin{cases} (\operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}} - \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}}) \text{ при } \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}} > \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}} > \operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}, \\ (\operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}} - \operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}) \text{ при } \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}} > \operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}} > \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}}, \\ (\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}} - \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}}) \text{ при } \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмін}} < \operatorname{tg} \delta_{\text{Хмакс}} < \operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}} \end{cases}$$

Результати розрахунку  $\xi_{\text{Х}}$  наведеш на фіг. 3,а. Величина  $\xi_{\text{Х}}$  практично не залежить від  $k_{\text{вплХ1}}$  у діапазоні значень 0–0,04. Граничні рівні  $k_{\text{вплХ1}}$  на відкритих розподільних будовах 750–330кВ відповідають максимальним похибкам вимірювань  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  та становлять 0,0025–0,007 відповідно. Значення  $k_{\text{вплХ2}}$  можуть бути у 2–3 рази більше. З фіг. 3,а видно, що при таких умовах похибка вимірювання  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  у діапазоні 0–2% істотно нижче припустимого значення 0,1%.

На фіг. 3,б наведені результати розрахунку граничних похибок вимірювань  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  для  $k_{\text{вплХ2}} = 0–0,04$  у випадку невикористання пропонуємого способу. Вони показують, що при максимальних значеннях  $k_{\text{вплХ1}}$  мають місце на відкритих розподільних будовах 330–750кВ, похибки вимірювань  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  істотно вище 0,1%. Розрахунки проводились з використанням першого з трьох рівнянь (2) при  $\alpha_{\text{вплХ1}}$  близьким до  $\pm 90^\circ$  яке дає максимальні

$|\xi_{\text{Х}}|$

На фіг. 4 представлені криві  $k_{\text{вплХ1}}(\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}})$  при різних  $k_{\text{вплХ2}}$  коли  $\xi_{\text{Х}}$  при використанні методу трьох вимірювань досягає значення 0,1%. Ці криві свідчать про те, що даний метод дозволяє визначити  $\operatorname{tg} \delta_{\text{ХУроб}}$  з необхідною точністю при коефіцієнтах впливу, перевищуючих рівні, які можуть бути на відкритих розподільних будовах 330–750кВ.

Використання трьох значень тангенсу кута діелектричних втрат ізоляції електричної установки, що перевіряється, вимірюваних при послідовній подачі на міст Шерінга трьох фазних напруг електричної мережі, дозволяє при наявності струмів впливу без застосування способів двох відліків та суміщення фаз, неприйнятних при використанні робочої напруги, визначити розрахунковим шляхом реальне значення тангенсу кута діелектричних втрат.

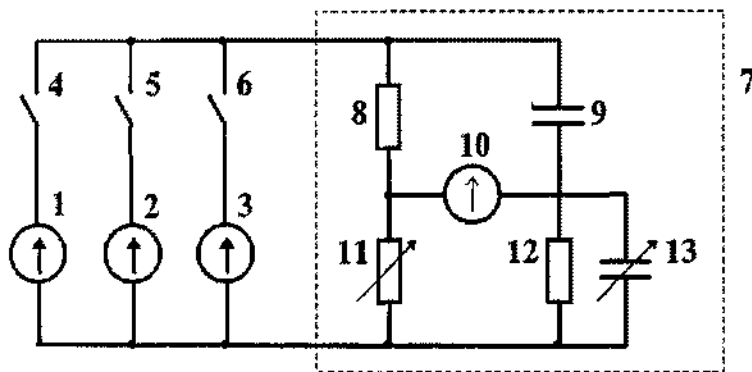
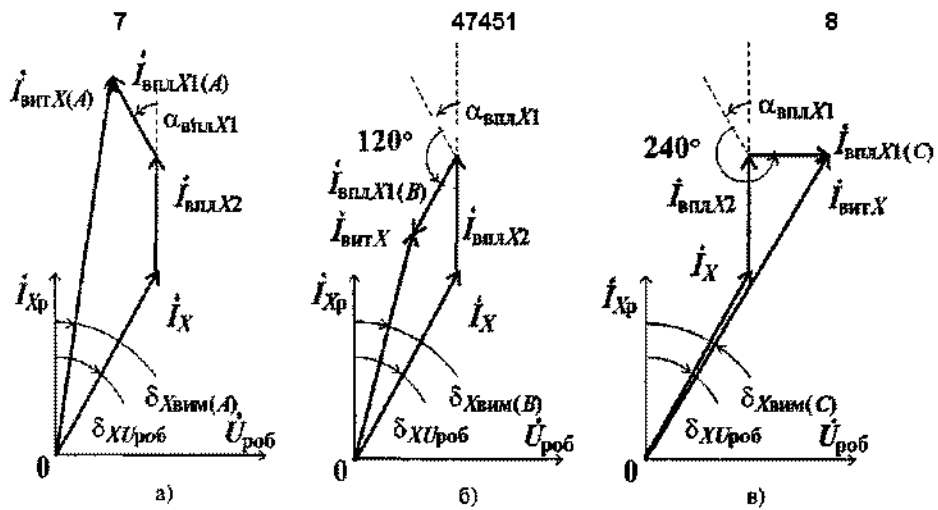
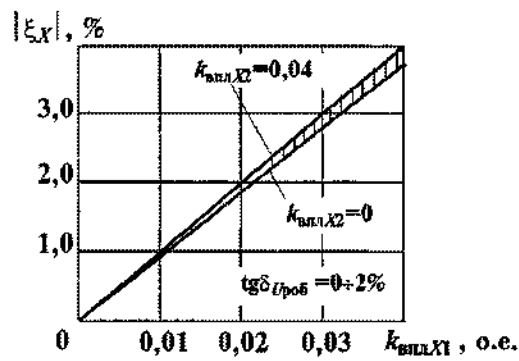
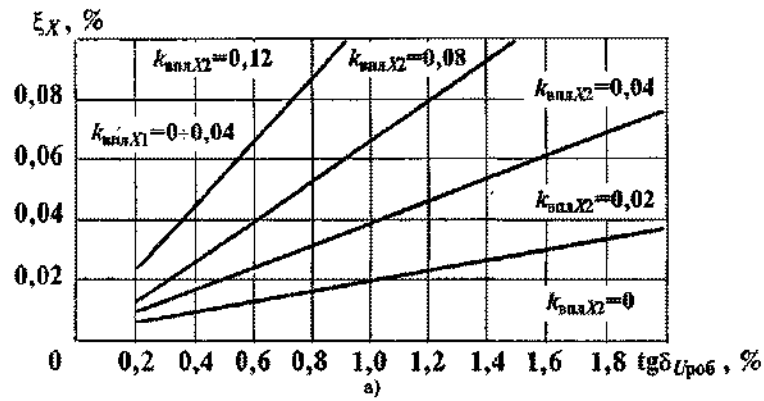


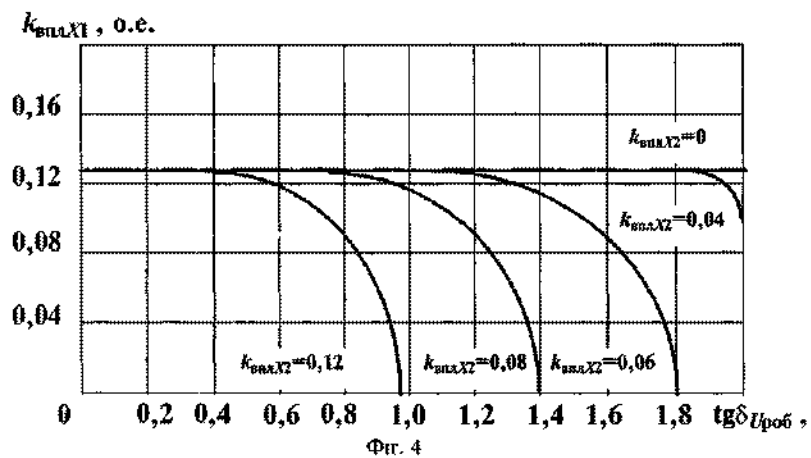
Fig 1



Фиг. 2



Фиг. 3



ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71