

ВПЛИВ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ТА СТРУМУ ЛІНІЇ НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Б.С. Стогній, акад. НАН України, **М.Ф. Сопель**, канд. техн. наук, **І.В. Яковлева**, канд. техн. наук, **Г.М. Варський**, канд. техн. наук, **Є.М. Танкевич**, докт. техн. наук
 Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Досліджено залежність точності визначення місця короткого замикання від точності трифазних вимірювальних каналів напруги та струму пошкодженої лінії. Одержано аналітичну залежність відносної похибки визначення місця короткого замикання від амплітудної та кутової похибок вимірювання напруги пошкодженої фази. З використанням математичної моделі трифазного вимірювального каналу напруги на конкретному прикладі оцінено похибки вимірювання напруги пошкодженої фази залежно від величини напруги і навантаження трансформатора напруги. Аналітичну залежність та оцінку відносної похибки визначення місця короткого замикання від похибок вимірювання струму пошкодженої фази виконано за умови прийнятого допущення, що цей струм значно перевищує струми інших фаз. Доведено, що вплив кутових похибок вимірювання напруги та струму на точність визначення місця замикання залежить від кута між напругою пошкодженої фази та струмом нульової послідовності. Для двох характерних значень цього кута визначено границі області значень відносної похибки визначення місця короткого замикання, зумовленої похибками вимірювання напруги та струму. Показано, що досліджувана похибка може перевищувати $\pm 2\%$ навіть за умови роботи вимірювальних трансформаторів у межах класу точності 0,5. Бібл. 4, рис. 2.

Ключові слова: місце короткого замикання, похибка, вимірювальний канал напруги, вимірювальний канал струму.

Лінії електропередачі (ЛЕП) високої напруги є елементами електроенергетичної системи, які досить часто пошкоджуються. Вихід з роботи лінії завжди супроводжується або недовідпусканням електроенергії, або зниженням надійності та якості електропостачання. Тому одним з найважливіших завдань лінійних ремонтних служб підприємств електромереж є якнайшвидший пошук місця пошкодження й організація ремонтно-відновних робіт. Оскільки ЛЕП мають значну протяжність, а місце пошкодження не завжди можна знайти візуально, то, якщо говорити про коротке замикання (КЗ) на лінії, найшвидшому пошуку місця пошкодження сприяють спеціалізовані прилади або спеціалізовані програми реєструючих пристроїв, робота яких базується на вимірюванні аварійних струмів і напруг пошкодженої лінії.

Точність визначення місця короткого замикання напряму залежить від точності визначення напруг і струмів, тобто від точності вимірювальних каналів (ВК), до складу яких входять групи високовольтних вимірювальних перетворювачів струму та напруги, які є дачачами первинної вимірювальної інформації, лінії зв'язку і засоби попередньої обробки вимірювальних сигналів та їх реєстрації. Розглянемо це питання більш детально.

Мета роботи – дослідити й оцінити вплив амплітудних та кутових похибок вимірювання напруг та струмів на точність визначення місця КЗ.

Відносна відстань до місця КЗ визначається за формулою [1]

$$\xi = \frac{U_{\phi}^c I_0^s - U_{\phi}^s I_0^c}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c}, \quad (1)$$

де U_{ϕ} – напруга пошкодженої фази; I_0 – струм нульової послідовності; індекси c та s позначають косинусну та синусну складові; Δ^c та Δ^s обчислюються за струмами трьох фаз I_{ϕ} , $I_{\phi 1}$, $I_{\phi 2}$, де I_{ϕ} – струм пошкодженої фази, активним та реактивним опорамі лінії R_{ϕ} , X_{ϕ} , опорамі взаємодукції між пошкодженою фазою та двома іншими фазами лінії $R_{\phi\phi 1}$, $X_{\phi\phi 1}$, $R_{\phi\phi 2}$, $X_{\phi\phi 2}$:

$$\Delta^c = I_{\phi}^c R_{\phi} - I_{\phi}^s X_{\phi} + I_{\phi 1}^c R_{\phi\phi 1} - I_{\phi 1}^s X_{\phi\phi 1} + I_{\phi 2}^c R_{\phi\phi 2} - I_{\phi 2}^s X_{\phi\phi 2};$$

$$\Delta^s = I_{\phi}^c X_{\phi} + I_{\phi}^s R_{\phi} + I_{\phi 1}^c X_{\phi\phi 1} + I_{\phi 1}^s R_{\phi\phi 1} + I_{\phi 2}^c X_{\phi\phi 2} + I_{\phi 2}^s R_{\phi\phi 2}.$$

З формули (1) видно, що на похибку визначення відстані до місця КЗ впливає точність вимірювання напруги пошкодженої фази та всіх фазних струмів.

Вплив похибок вимірювання напруги. Позначимо відносну амплітудну похибку вимірювання напруги пошкодженої фази f_U , а абсолютну кутову похибку – δ_U .

Запишемо складові напруги через її амплітуду U_ϕ та фазу Ψ_U : $U_\phi^c = U_\phi \cos \Psi_U$; $U_\phi^s = U_\phi \sin \Psi_U$. Тоді значення складових вимірної напруги фази з врахуванням похибок вимірювання дорівнюватимуть

$$U_{\phi B}^c = (1 + f_U) \cdot U_\phi \cos(\Psi_U + \delta_U); \quad U_{\phi B}^s = (1 + f_U) \cdot U_\phi \sin(\Psi_U + \delta_U).$$

Відповідно складові струму нульової послідовності запишемо також через його амплітуду I_0 та фазу Ψ_I : $I_0^c = I_0 \cos \Psi_I$; $I_0^s = I_0 \sin \Psi_I$.

Виходячи з формули (1), відносна відстань до місця КЗ ξ визначатиметься так:

$$\xi = \frac{U_\phi I_0 (\cos(\Psi_U) \sin(\Psi_I) - \sin(\Psi_U) \cos(\Psi_I))}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c} = \frac{U_\phi I_0}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c} \sin(\Psi_I - \Psi_U), \quad (2)$$

а обчислена за вимірними значеннями параметрів режиму з врахуванням похибки вимірювання напруги відстань до місця КЗ ξ_{UB} дорівнюватиме

$$\begin{aligned} \xi_{UB} &= \frac{(1 + f_U) U_\phi I_0 (\cos(\Psi_U + \delta_U) \sin(\Psi_I) - \sin(\Psi_U + \delta_U) \cos(\Psi_I))}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c} = \\ &= \frac{U_\phi I_0}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c} (1 + f_U) \sin(\Psi_I - \Psi_U - \delta_U). \end{aligned}$$

Враховуючи, що δ_U зазвичай не перевищує 1° , можна прийняти $\cos \delta_U \cong 1$, $\sin \delta_U \cong \delta_U$. Тоді, виконавши тригонометричні перетворення, одержимо

$$\xi_{UB} = \frac{U_\phi I_0}{\Delta^c I_0^s - \Delta^s I_0^c} (1 + f_U) (\sin(\Psi_I - \Psi_U) - \delta_U \cos(\Psi_I - \Psi_U)). \quad (3)$$

Відносну похибку визначення місця КЗ, зумовлену похибками вимірювання напруги пошкодженої фази, визначимо так: $\Delta \xi_U = (\xi_{UB} - \xi) / \xi$.

Враховуючи вирази (2) і (3), одержуємо

$$\Delta \xi_U = \frac{(1 + f_U) (\sin(\Psi_I - \Psi_U) - \delta_U \cos(\Psi_I - \Psi_U)) - \sin(\Psi_I - \Psi_U)}{\sin(\Psi_I - \Psi_U)}.$$

Виконуючи перетворення і нехтуючи членами другого порядку малості, одержуємо вираз для визначення складової відносної похибки визначення місця КЗ, зумовленої похибками вимірювання напруги пошкодженої фази:

$$\Delta \xi_U = f_U - \delta_U \cdot \text{ctg}(\Psi_I - \Psi_U). \quad (4)$$

Оцінимо значення похибки $\Delta \xi_U$, проаналізувавши спочатку можливі значення похибок вимірювання напруги пошкодженої фази. Останні визначаються різницею вектора фазної напруги на вході приладу визначення місця КЗ $U_{\phi B}$ і вектора вимірюваної напруги електроенергетичного об'єкта (ЕЕО) $U_{\phi EEO}$, приведеного до вторинної напруги трансформатора напруги (ТН). Ця різниця обумовлена похибками ТН і падінням напруги в лініях зв'язку. Клас точності ТН і його похибки залежать від потужності вторинного навантаження. Згідно з нормативними документами при роботі ТН у класі точності 0,5 і за умови, якщо величина первинної напруги не виходить за границі діапазону 0,8...1,2 номінального значення, допустимі границі похибок за напругою $f_{ТН}$ і кутом $\delta_{ТН}$ дорівнюють: $f_{ТН} = \pm 0,5 \%$; $\delta_{ТН} = \pm 20$ мін [4]. Похибки ТН переважно залежать від падіння напруги на опорах обмоток ТН, зумовленого струмом навантаження. Відносне значення цього падіння не залежить від первинної напруги, тому суттєва зміна вхідної напруги нижче номінального значення майже не впливає на величину похибки ТН.

У високовольтних електричних мережах зазвичай встановлюють три однофазні ТН, з'єднані за схемою зірки з заземленою нейтраллю. У цій схемі падіння напруги в лініях зв'язку має дві складові – падіння напруги в фазному проводі $\Delta U_{\text{лф}}$ та в нульовому проводі $\Delta U_{\text{л0}}$:

$$\Delta \dot{U}_{\text{ф}} = \dot{U}_{\text{фвх}} - \dot{U}_{\text{фЕЕО}} = \Delta \dot{U}_{\text{ТН}} + \Delta \dot{U}_{\text{лф}} + \Delta \dot{U}_{\text{л0}},$$

де $\Delta U_{\text{ТН}}$ – вектор сумарної похибки ТН, який визначається похибками ТН за напругою та кутом.

Падіння напруги в фазних проводах визначаються їх опором і струмом навантаження, який залежить тільки від вхідної напруги та величини навантаження фазного ТН. Таким чином, складова похибки $\Delta U_{\text{лф}}$ кожної з фаз не залежить від навантаження та вхідного сигналу інших фаз. Падіння напруги в нульовому проводі $\Delta U_{\text{л0}}$ визначається струмом у нульовому проводі, який є сумою фазних струмів і в умовах КЗ не дорівнює нулю. $\Delta U_{\text{л0}}$ є складовою похибок всіх фаз.

Розрахунок похибок вимірювання напруги потрібно здійснювати з використанням математичної моделі трифазного вимірювального каналу напруги [3]. Необхідність саме такої моделі зумовлена тим, що у трифазному ВК виникають явища, які не спостерігаються при роботі кожного фазного ТН окремо. Зокрема, несиметрія вхідних сигналів, що характерно для режиму КЗ, або вторинного навантаження викликає значну зміну похибок вимірювання фазних напруг [2]. Згідно з цією моделлю процедуру вимірювального перетворення трифазної напруги від ЕЕО до входу засобу вимірювання векторів напруги представлено послідовністю операцій, які описані, виходячи з індивідуальних метрологічних характеристик ТН групи, їх навантаження, параметрів ліній приєднання вторинного навантаження до групи ТН та конфігурації схеми їх з'єднання.

Дослідимо як залежать складові похибок вимірювання напруги пошкоджені фази $f_{U_{\text{л}}}$ і $\delta_{U_{\text{л}}}$, зумовлені падінням напруги в лініях зв'язку, від зміни величини напруги цієї фази. Напруги інших фаз вважаємо номінальними. Для прикладу розглянемо вимірювання напруги на шинах 150 кВ п/ст Трихати-330. Група ТН складається з трьох трансформаторів НОГ-150-2-ПУ1-2011. Опір фазного проводу 0,05 Ом (провід алюмінієвий, переріз 70 мм², довжина 120 м), нульового проводу 0,099 Ом (провід алюмінієвий, переріз 35 мм², довжина 120 м). Вторинне навантаження групи ТН симетричне з нормативним коефіцієнтом потужності, тобто $\cos \varphi = 0,8$ (активно-індуктивний). Дослідження проводилось з використанням згаданої математичної моделі трифазного ВК. На рис. 1 представлено одержані залежності $f_{U_{\text{л}}}$ і $\delta_{U_{\text{л}}}$ від величини напруги фази для трьох значень вторинного навантаження $S_{\text{н}}$: 300 ВА (номінальне для класу точності 0,5), 150 і 75 ВА (нижня допустима границя).

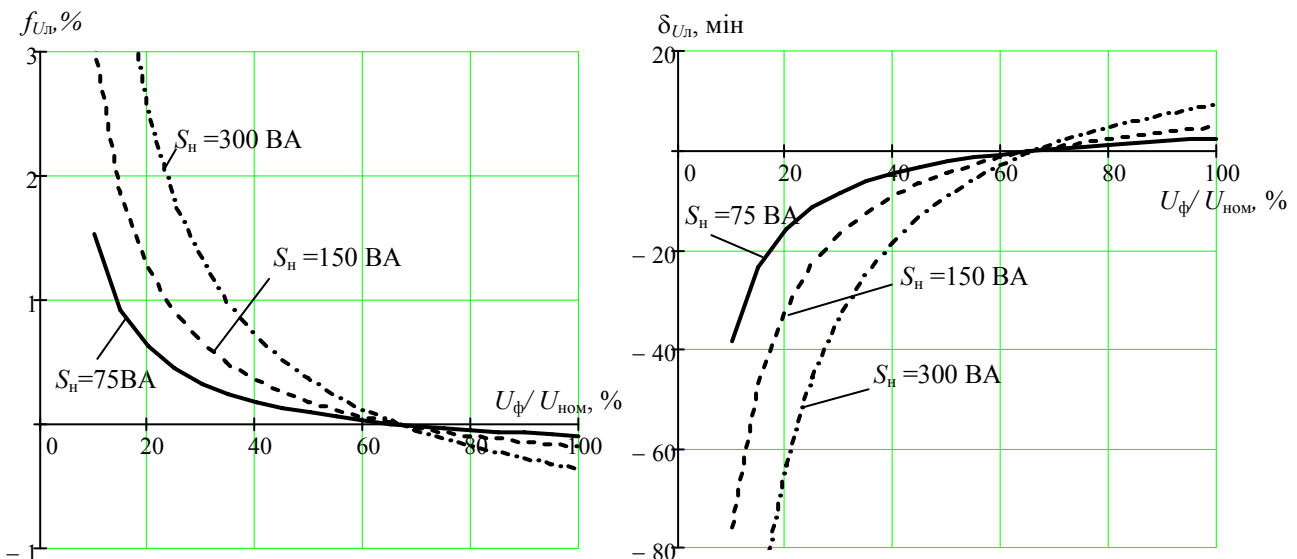


Рис. 1

Наведені залежності показують, що ці складові похибок вимірювання напруги на відміну від похибок ТН суттєво залежать від величини напруги фази. При значному падінні напруги величини $f_{Uл}$ і $\delta_{Uл}$ не тільки зростають у декілька разів, а й змінюють знак порівняно з режимом номінальної напруги.

З виразу (4) видно, що точність визначення місця КЗ залежить також від кута між струмом нульової послідовності та напругою пошкодженої фази. Аналіз зареєстрованих комплексом «Регіна» осцилограм сигналів на високовольтних підстанціях для понад 20-ти випадків однофазних КЗ на ЛЕП показав, що цей кут значною мірою визначається співвідношенням активного та реактивного опорів лінії і набуває значення в діапазоні $-50^\circ \dots -80^\circ$. Для ліній 330 кВ кут $\Psi_I - \Psi_U$ набуває переважно значення $-70^\circ \dots -80^\circ$, у той же час у деяких випадках близьких КЗ та для ліній з меншою напругою цей кут дорівнює $-50^\circ \dots -60^\circ$.

На рис. 2 суцільними лініями показано залежності складової відносної похибки визначення місця КЗ, зумовленої падінням напруги в лініях зв'язку, від зміни величини напруги пошкодженої фази для двох значень $(\Psi_I - \Psi_U)$: $a - -80^\circ$, $b - -50^\circ$.

Врахуємо похибки ТН. За умови його роботи в класі точності 0,5 значення похибок визначення місця КЗ будуть належати до області, границі якої $\Delta \xi_U$ показано на рис. 2 пунктирними лініями. Для більш точного визначення похибок та їх подальшої корекції необхідно знати індивідуальні характеристики похибок ТН.

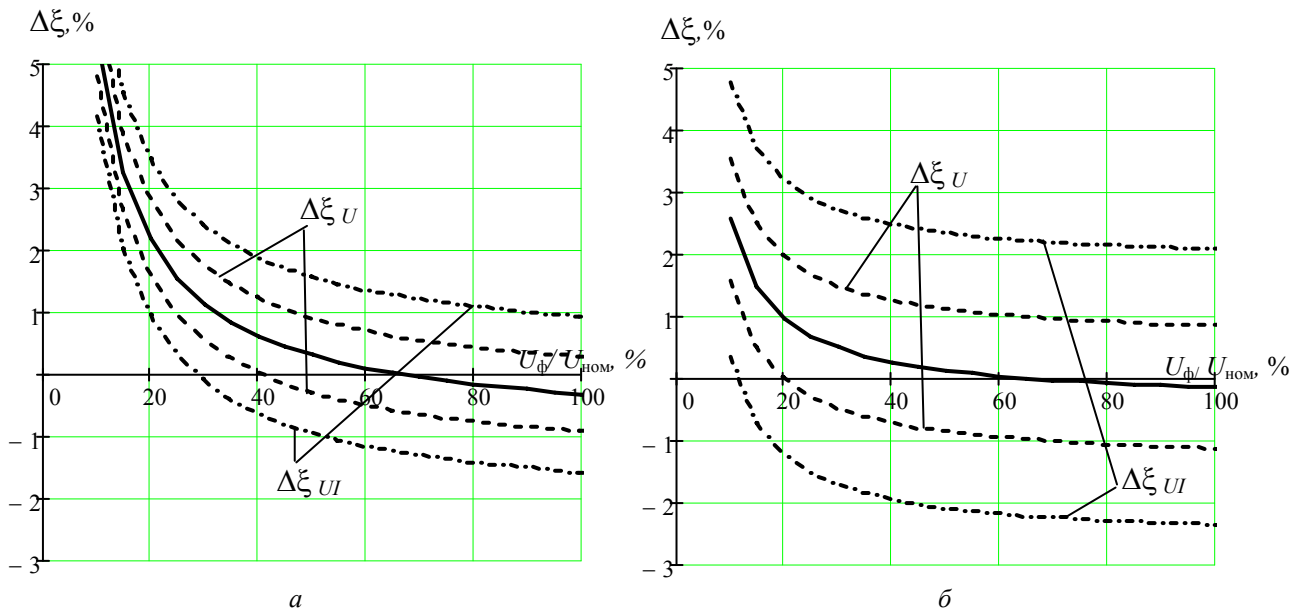


Рис. 2

Вплив похибок вимірювання струмів. Виходячи з виразу (2), одержимо

$$\xi = \frac{U_\phi I_0}{I_0 (\Delta^c \sin(\Psi_I) - \Delta^s \cos(\Psi_I))} \sin(\Psi_I - \Psi_U) = \frac{U_\phi}{\Delta^c \sin(\Psi_I) - \Delta^s \cos(\Psi_I)} \sin(\Psi_I - \Psi_U). \quad (5)$$

Отже, похибки вимірювання всіх трьох струмів зумовлюють похибки визначення складових Δ^c , Δ^s і фази струму нульової послідовності Ψ_I і таким чином зумовлюють складову відносної похибки визначення місця КЗ $\Delta \xi_I$:

$$\Delta \xi_I = (\xi_{Iв} - \xi) / \xi, \quad (6)$$

де $\xi_{Iв}$ – відстань до місця КЗ, обчислена з врахуванням похибок вимірювання фазних струмів.

Струм пошкодженої фази зазвичай значно перевищує струми інших фаз, і саме він визначає значення і фази струму нульової послідовності. Тому для оцінки впливу похибок вимірювання струму на похибку визначення місця КЗ приймемо такі допущення: у складових Δ^c , Δ^s розглядаємо тільки перші два члени; вважаємо, що кут струму нульової послідовності Ψ_I співпадає з кутом струму пошкодженої фази, тобто нехтуємо значеннями струмів непо-

шкоджених фаз. Експериментальні дані декількох десятків випадків однофазних КЗ на лініях напругами 150, 330, 750 кВ, зафіксовані комплексами «Регіна», підтверджують справедливість таких допущень: більше ніж у 80 % випадків КЗ струм пошкодженої фази у 10 і більше разів перевищує струми інших фаз, а значення кута між струмом пошкодженої фази і струмом нульової послідовності менше 3°.

За умови прийнятих допущень вираз (5) запишемо так:

$$\xi = \frac{U_{\phi}}{(I_{\phi} \cos(\Psi_I) R_{\phi} - I_{\phi} \sin(\Psi_I) X_{\phi}) \sin(\Psi_I) - (I_{\phi} \cos(\Psi_I) X_{\phi} + I_{\phi} \sin(\Psi_I) R_{\phi}) \cos(\Psi_I)} \sin(\Psi_I - \Psi_U).$$

Виконавши перетворення, одержимо

$$\xi = -\frac{U_{\phi}}{I_{\phi} X_{\phi}} \sin(\Psi_I - \Psi_U). \quad (7)$$

Тоді, враховуючи відносну амплітудну похибку вимірювання струму пошкодженої фази f_I і абсолютну кутову похибку вимірювання струму δ_I , значення $\xi_{Iв}$ дорівнюватиме

$$\xi_{Iв} = -\frac{U_{\phi}}{I_{\phi} (1 + f_I) X_{\phi}} \sin(\Psi_I + \delta_I - \Psi_U). \quad (8)$$

Підставимо вирази (7) і (8) у вираз (6). Виконавши перетворення і нехтуючи членами другого порядку малості, одержимо вираз для визначення складової відносної похибки визначення місця КЗ, зумовленої похибками вимірювання струму пошкодженої фази:

$$\Delta \xi_I = -f_I + \delta_I \cdot \text{ctg}(\Psi_I - \Psi_U). \quad (9)$$

Оцінимо значення $\Delta \xi_I$, проаналізувавши якими можуть бути похибки вимірювання струму пошкодженої фази в режимі КЗ. Проведений аналіз експериментальних даних однофазних КЗ на лініях напругами 150, 330, 750 кВ показав, що значення струму КЗ у пошкодженій фазі перевищує значення номінального струму $I_{\text{ном}}$ ТС не більше ніж у 5...10 разів, а аперіодичні складові практично відсутні. На зазначених лініях використовуються ТС типів ТРН-330 (ТФРМ330Б), SAS362-330, ТФНД-220 (ТФЗМ220Б), ТФНД-150 (ТФЗМ-150). У дужках наведено позначення ТС за ГОСТ 7746. Номінальна гранична кратність захисних обмоток цих трансформаторів становить для ТФНД-150–15 (30), ТФНД-220–15, ТРН-330–20. Отже, кратність струму ТС при КЗ на цих лініях суттєво менша номінальної граничної кратності, при якій повна похибка ТС не перевищує 10 %. Як показують розрахунки, струмові й кутові похибки ТС при синусоїдальному симетричному струмі КЗ такої величини знаходяться в межах класу точності 0,5. На ці похибки і будемо орієнтуватися у подальших розрахунках.

Враховуючи вирази (4) і (9), відносна похибка визначення місця КЗ, зумовлена похибками вимірювання напруги та струму пошкодженої фази, дорівнюватиме

$$\Delta \xi_{UI} = (f_U - f_I) + (\delta_U - \delta_I) \cdot \text{ctg}(\Psi_U - \Psi_I).$$

На рис. 2 штрих-пунктирними лініями показано границі області $\Delta \xi_{UI}$, до якої належать значення похибок визначення місця КЗ за умови роботи ТН і ТС у класі точності 0,5, лінії приєднання вторинного навантаження до ТН з параметрами, наведеними вище, і номінального вторинного навантаження ТН.

Висновки. Проведене дослідження показало, що похибки вимірювання напруги пошкодженої фази та фазних струмів, насамперед струму пошкодженої фази, впливають на точність визначення місця КЗ. Амплітудні похибки вимірювальних каналів напруги та струму безпосередньо визначають похибку визначення місця пошкодження, а вплив кутових похибок каналів залежить від кута між напругою фази, в якій відбулось КЗ, та струмом нульової послідовності.

Відносна похибка визначення місця КЗ, зумовлена похибками вимірювання напруги та струму, навіть за умови роботи вимірювальних трансформаторів у межах класу точності 0,5, може перевищувати ± 2 %.

Похибка вимірювання напруги пошкодженої фази залежить як від параметрів вимірювального каналу, так і від рівня напруги. При значному падінні напруги амплітудна і кутлова похибка каналу можуть не тільки зрости у декілька разів, а й змінити знак порівняно з режимом номінальної напруги.

Підвищити точність визначення місця КЗ можна шляхом введення до результатів вимірювання напруги та струмів коректувальних поправок, обчислених за математичними моделями з урахуванням впливу вхідних сигналів, індивідуальних метрологічних характеристик трансформаторів, параметрів ліній приєднання вторинного навантаження до групи ТН, величини та характеру вторинного навантаження трансформаторів.

1. *Стогний Б.С., Оробець Ю.Н., Супруновская Н.И.* Методика определения места повреждения ЛЭП на базе микропроцессорной системы регистрации // Микропроцессорные системы управления электроэнергетическими объектами: Мат. 1 Всесоюз. науч.-техн. конф. "Пробл. комплекс. автоматиз. электроэнерг. систем на основе микропроцессор. техн." – К.: Ин-т электродинамики АН УССР, 1990. – Ч.1. – С. 58-64.
2. *Стогний Б.С., Сопель М.Ф., Варський Г.М., Яковлева І.В.* Трифазні вимірювальні канали векторів напруги та струму, їх вплив на точність вимірювань // Техн. електродинаміка. – 2014. – № 1. – С. 81–87.
3. *Яковлева І.В., Танкевич Є.М., Варський Г.М.* Математичне моделювання каналів вимірювання векторів напруги в системах керування електроенергетичних об'єктів // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2012. – № 1. – С. 58–61.
4. *ДСТУ ІЕС 60044-2:2008* Трансформатори вимірювальні. Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні (ІЕС 60044-2:2003, IDT).

УДК 621.311:621.317

Б.С. Стогний, акад. НАН України, **М.Ф. Сопель**, канд. техн. наук, **І.В. Яковлева**, канд. техн. наук, **Г.М. Варський**, канд. техн. наук, **Є.Н. Танкевич**, докт. техн. наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Влияние погрешностей измерения напряжения и тока линии на точность определения места короткого замыкания

Быстрый и точный поиск места короткого замыкания на линии электропередачи – одна из важнейших эксплуатационных задач. На точность определения места короткого замыкания непосредственно влияет точность измерения напряжения и тока поврежденной линии. Исследованию этого влияния посвящена данная статья. Получена аналитическая зависимость относительной погрешности определения места короткого замыкания от амплитудной и угловой погрешностей измерения напряжения поврежденной фазы. Для определения погрешностей измерения напряжения рекомендовано использовать математическую модель трехфазного измерительного канала напряжения. На конкретном примере оценены погрешности измерения напряжения поврежденной фазы в зависимости от изменения напряжения этой фазы и величины вторичной нагрузки трансформатора напряжения. Показано, что при значительном падении напряжения амплитудная и угловая погрешности канала могут не только возрасти в несколько раз, но и изменить знак по сравнению с режимом номинального напряжения. Аналитическая зависимость относительной погрешности определения места короткого замыкания от погрешностей измерения тока поврежденной фазы получена при условии принятого допущения, что этот ток значительно превышает токи других фаз. Показано, что влияние угловых погрешностей измерения напряжения и тока на точность определения места замыкания зависит от угла между напряжением поврежденной фазы и током нулевой последовательности. Для двух характерных значений этого угла определены границы области значений относительной погрешности определения места короткого замыкания, обусловленной погрешностями измерения напряжения и тока. Показано, что исследуемая погрешность может превышать $\pm 2\%$ даже при условии работы измерительных трансформаторов в пределах класса точности 0,5. Библ. 4, рис. 2.

Ключевые слова: место короткого замыкания, погрешность, измерительный канал напряжения, измерительный канал тока.

B.S. Stognii, M.F. Sopol, I.V. Yakovlieva, G.M. Varskyi, E.M. Tankevych
Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Influence of errors of measuring of voltage and current of line on accuracy of short circuit location

Rapid and exact short circuit location on the high-voltage power line is one of the most important operating tasks. Accuracy of measuring of faulted line voltage and current influences immediately on short circuit location. This article is devoted to research of such an influence. According to the research, there is an analytical dependence of relative error of localization of short circuit from the peak and phase errors of voltage of the faulted phase. It is recommended to use the mathematical model of three-phase measuring channel of voltage to determine errors of measuring of voltage. On a concrete example, the errors of measuring of voltage of the faulted phase are estimated depending on the change of

voltage of this phase and of the second loading of the voltage transformer. It is showed that considerable voltage drop can result not only in twice or more growing of the peak and phase errors of measuring channel but also in changing a sign as compared to the nominal voltage mode. Analytical dependence of relative error of localization of short circuit on the errors of measuring of current of the faulted phase is obtained. It based on the assumption that this current considerably exceeds the currents of other phases. It is showed that influence of phase errors of measuring of voltage and current on accuracy of localization of shorting depends on the angle between voltage of the faulted phase and a current of zero sequence. The area of values of relative errors of localization of short circuit, conditioned by the errors of measuring of voltage and current, are obtained for two representative values of this angle. It is showed that the explored error can exceed $\pm 2\%$ even while errors of measuring transformers are within the limits of accuracy class 0,5. References 4, figures 2.

Key words: short circuit location, error, measuring channel of voltage, measuring channel of current.

Надійшла 10.09.2014

Received 10.09.2014