

ВИПАДКИ НЕПРАВИЛЬНОЇ ДІЇ ЗАХИСТУ ПРИ "ЗМІШУВАННІ" ФАЗ

Дмитренко О.О., к.т.н., доц., Жайворонок О.О., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. При однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ) в мережах з ізольованою нейтраллю струм пошкодження незначний і мережа може тривалий час працювати в такому режимі. Захисти, в основному, діють не на відключення, а на сигнал. Тривала робота мережі в режимі ОЗЗ може привести до замикання на землю в другій точці мережі в іншій фазі. Друге замикання на землю зазвичай виникає на ділянці мережі, наприклад, на іншій підстанції у місці з найбільш ослабленою ізоляцією й супроводжується збільшенням струму в пошкоджених фазах, появою в контурі пошкодження струмів нульової послідовності. Причому, струм такого подвійного замикання близький до струму звичайного міжфазного замикання (КЗ), що приведе до спрацювання захисту від міжфазних КЗ на одній із підстанцій з селективним відключенням одного з місць ОЗЗ. Друга точка ОЗЗ при цьому не відключається і мережа продовжує працювати. Але існують випадки "змішування" фаз, коли селективного відключення не відбувається.

Мета роботи. Дослідження неправильної роботи релейного захисту при подвійних замиканнях на землю в мережі з ізольованою нейтраллю при "змішуванням" фаз.

Матеріали і результати досліджень. Як відомо, зазвичай трансформатори струму в мережах 6-10 кВ встановлюються в фазах А і С. У фазі В трансформатори струму не встановлюються. Замикання на землю супроводжується малими струмами, при яких захист від міжфазних коротких замикань не спрацьовує, а повинен діяти захист від ОЗЗ на сигнал. При подвійних замиканнях на землю струм різко збільшується і повинен спрацювати захист від міжфазних КЗ [1].

Розглянемо, як працює релейний захист від міжфазних КЗ в таких мережах при подвійних замиканнях на землю. На рисунку 1 зображено фрагмент електричної мережі, де підстанції 1 та 2 отримують живлення від підстанції 3. На підстанціях 2 та 3 розглянемо по одному приєднанню - лінії 1 та 2. Для релейного захисту від міжфазних КЗ, встановлених у фазах А та С на кожній з ліній 1 - 5, виконуються співвідношення:

$$t_{P33} = t_{P31} + dt ; t_{P34} = t_{P32} + dt ; t_{P35} = \max(t_{P33}; t_{P314}) + dt$$

Прийmemo: $t_{P32} > t_{P31}$.

Нехай мережа працює тривалий час з ОЗЗ на фазі С лінії Л1. Виникає ще одне ОЗЗ на іншій лінії іншої підстанції - замикається фаза А на лінії Л2. Струморозподіл для цього подвійного замикання АС наведено на рисунку 1а. Значний струм пошкодження приводить до запуску наступних захистів - РЗ_{1с},

PZ_{3c} , PZ_{2a} , PZ_{4a} , PZ_{5a} та PZ_{5c} . Спрацює захист з найменшою витримкою часу PZ_{1c} та **селективно** вимикає лінію Л1. Контур для проходження значного струму подвійного КЗ зникає і мережа переходить в режим тривалої роботи з ОЗЗ на лінії Л1.

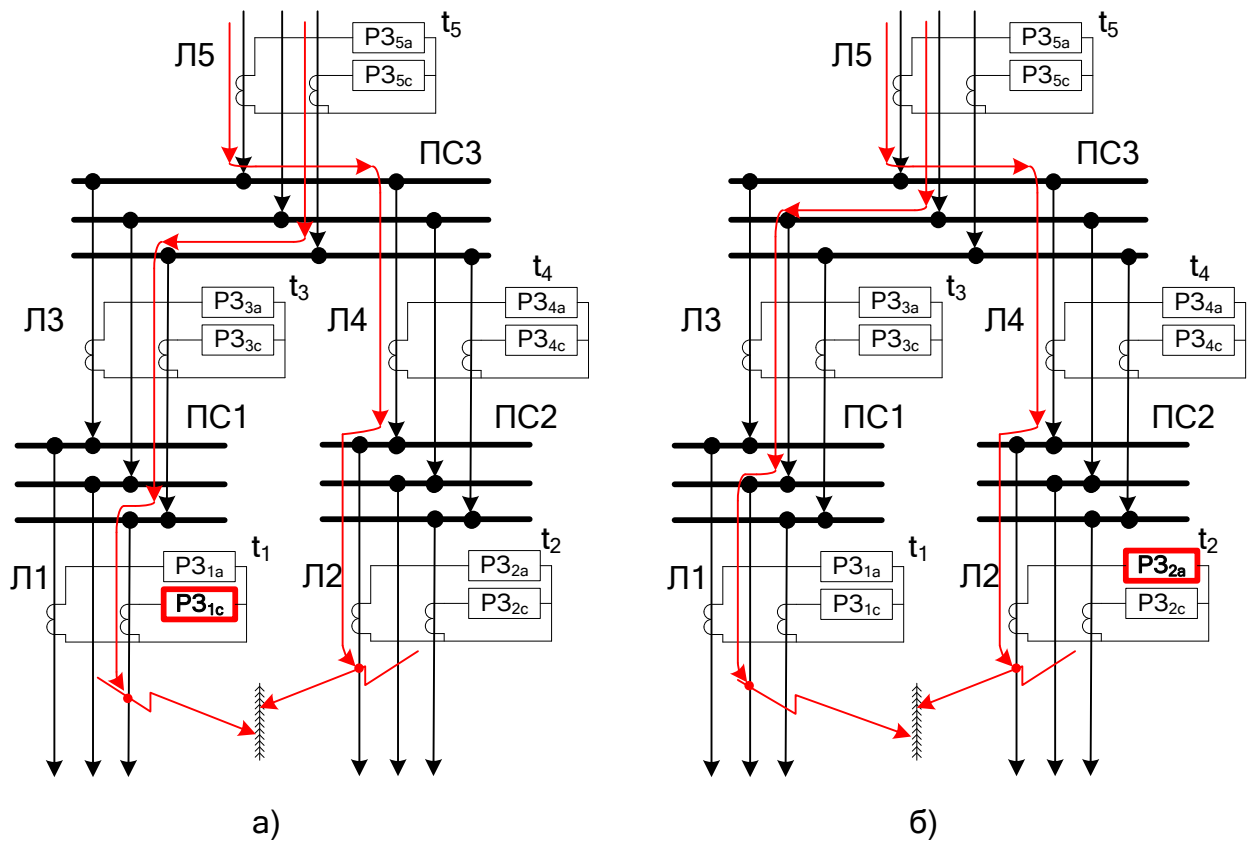


Рисунок 1 – Струморозподіл при подвійному замиканні:
а) подвійне замикання СА; б) подвійне замикання ВА.

Схоже буде працювати система релейного захисту при подвійному замиканні на землю АВ або ВС, тобто при замиканні однієї з фаз з відсутнім трансформатором струму. Нехай мережа працює тривалий час з ОЗЗ на фазі В лінії Л1. Виникає ще одне ОЗЗ на іншій лінії іншої підстанції - замикається фаза А на лінії Л2. Струморозподіл для цього подвійного замикання АВ наведено на рисунку 1б. Значний струм пошкодження приводить до запуску наступних захистів - PZ_{2a} , PZ_{4a} , PZ_{5a} . Спрацює захист з найменшою витримкою часу PZ_{2a} та **селективно** вимикає лінію Л2. Контур для проходження значного струму подвійного КЗ зникає і мережа переходить в режим тривалої роботи з ОЗЗ на лінії. Відмінність полягає у тому, що захисти на лініях Л1 та Л3 не запускаються, т.я. значний струм КЗ протікає по фазі з відсутнім трансформатором струму. Але вимикання все-рівно буде селективним, хоча спрацює захист з дещо більшою витримкою часу.

Але в процесі експлуатації фіксуються випадки, коли ті струмопроводи, які на одній з підстанцій вважалися належать фазі А, на іншій підстанції позначалися як фаза В і т.д. [2].

На рисунку 2 найменування збірних шин на підстанції 1 відповідає аналогічному на головній підстанції 3, а на підстанції 2 струмопровід позначений як фаза А, відповідає фазі С на головній підстанції, струмопровід В відповідає фазі А, а фаза С на підстанції 2 відповідає фазі А на підстанції 3. При цьому чергування фаз на підстанції 2 зберігається, всі векторні діаграми при прийнятому найменуванні фаз відповідають стандартним, споживачі не відчувають «змішування» фаз. Зв'язки між підстанціями 1 і 2 по мережі, крім зазначених на малюнку, відсутні.

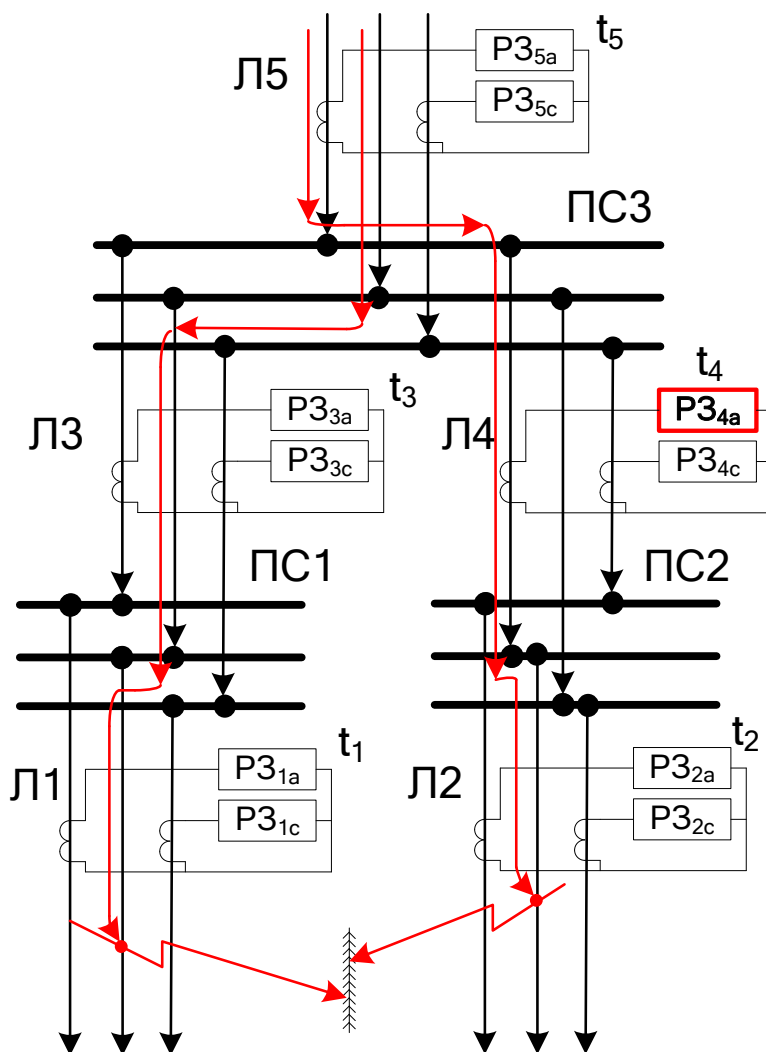


Рисунок 2 – Струмозподіл при подвійному замиканні при "змішуванні" фаз

При виникненні однофазного замикання на землю в фазі В лінії Л1 на підстанції 1 напруга в двох інших фазах підвищується. Нехай відбувається ОЗЗ на фазі В лінії Л2 підстанції 2. На підстанції 2 відповідна фаза була позначена як фаза В і в ній не було встановлено трансформатор струму. Насправді пошкоджена фаза відповідає фазі А на головній підстанції. В результаті подвійне замикання у фазі В на обох підстанціях, будучи, по суті, міжфазним КЗ, не привело до спрацьовування захистів від міжфазних КЗ на

підстанціях 1 та 2, оскільки фази В (насправді - різні фази) не оброблені трансформаторами струму. Значний струм пошкодження приводить до запуску наступних захистів - РЗ_{4а}, РЗ_{5а}. Спрацьовує захист з найменшою витримкою часу РЗ_{4а} та **неселективно** вимикає лінію Л4, разом з непошкодженими приєднаннями з підстанції 2.

Така дія захисту, крім збільшення кількості відключених приєднань, може сильно ускладнити подальший пошук пошкодженої ділянки, оскільки на Л4 - єдиній, де спрацював захист, пошкодження відсутні. На пошкоджених же ділянках, де захист від ОЗЗ відбудований за часом від часу спрацьовування захисту від міжфазних КЗ, жоден захист не спрацював.

Очевидно, що із такого становища можна вийти, якщо привести позначення однакових фаз на різних підстанціях у відповідність один з одним. Якщо ж це з якоїсь причини неможливо, то можна додатково встановити на підстанціях трансформатори струму в фазі В і захист від міжфазних КЗ в трифазному виконанні. Що, звичайно, приведе до здорожчання системи релейного захисту, але дасть змогу запобігти неправильним діям релейного захисту.

Висновки. Мережі з ізольованою нейтраллю при виникненні однофазного замикання на землю часто переходять в режим роботи з однією точкою замикання на землю. При виникненні другого замикання на землю в іншій фазі спрацьовує захист від міжфазних КЗ та селективно вимикає одну із пошкоджених ділянок. Але у випадку "змішування" фаз та двох замиканнях фази В на різних лініях виникає подвійне замикання на землю і жоден із захистів пошкоджених ліній не спрацює. Відбудеться неселективне вимикання вищестоячим захистом від міжфазних КЗ.

Запобігти даній ситуації можливо двома способами:

- привести позначення однакових фаз на різних підстанціях у відповідність один з одним;
- встановити на підстанціях трансформатори струму в фазі В і захист від міжфазних КЗ в трифазному виконанні.

Недоліком останнього способу є значне здорожчання системи релейного захисту на підстанції зі "змішуванням" фаз.

Перелік посилань

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. – М.: Энергия, 1976. – 560 с.
2. Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 248 с