

## ВИБІР ПУСКОВИХ ФАКТОРІВ ДЛЯ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ

**Тарасевич П.Й.**

*Ин-т електродинаміки НАН України, Київ*

*В статті розглянуті основні методи для визначення параметрів спрацювання реєструючих засобів на основі існуючого релейного захисту та автоматики. Проаналізована робота та показані можливі варіанти подальшого розвитку методів визначення аварійних режимів.*

Під час роботи електроенергетичної мережі потрібно рахуватися з можливим виникненням в ній пошкоджень та ненормальних режимів роботи. Найбільш небезпечним і в той же час розповсюдженими видами пошкоджень є короткі замикання, поява яких потребує негайного відключення аварійної ділянки. Виявлення причин виникнення аварії для подальшого її запобігання та перевірки правильної роботи релейного захисту і автоматики (РЗ і А) можливе за умови запису аварії, її параметрів.

До недавнього часу в якості засобів реєстрування широко застосовували записуючі осцилографи, за допомогою яких визначали напругу та струм зворотної та нульової послідовності –  $U_2$ ,  $I_2$ ,  $3U_0$ ,  $3I_0$ . Але виявлення місця і виду пошкоджень за допомогою цих приладів потребувало значних розрахунків і часу, точність яких є низькою.

В зв'язку з науково-технічним прогресом і технічним переоснащенням обладнання і систем РЗ і А, в останнє десятиріччя почали широко використовувати мікропроцесорні (МП) засоби реєстрації аварійних режимів (АР), наприклад інформаційно-діагностичний комплекс (ІДК) "Регіна". Поява МП ІДК потребує розробки складних алгоритмічних систем автоматичного контролю, діагностики захисту і автоматики, високої швидкодії, чутливості і надійності.

Основними перевагами МП систем РЗА є:

- покращення традиційних характеристик і показників спрацювання вимірювальних органів РЗА;
- підвищення надійності функціонування та зменшення часу робіт на наладку та технічне обслуговування за рахунок високої апаратної надійності і застосування автоматичного контролю та діагностики; зменшення габаритів в порівнянні з мікроелектронними засобами РЗА;
- отримання нових функцій і властивостей, враховуючи функції цифрового осцилографа, реєстрація подій, виявлення місця пошкодження (ВМП);
- можливість використання МП РЗ і А в якості пристроїв нижнього рівня автоматизованих систем.

МП ІДК використовуються не тільки як реєструючі засоби, а й системи РЗ і А, тому вимоги щодо швидкодії, чутливості, надійності та селективності є головними. Виконання цих вимог є основною задачею для нормальної роботи електроенергетичної системи. Вибір оптимальних пускових факторів дозволяє підвищити швидкість і чутливість РЗ і А, а самодіагностування підвищує надійність роботи.

Використання МП ІДК тільки як реєстратора знижує рівень вимог і якщо аварія не була записана, результати не матимуть таких наслідків, як при відмові РЗ і А. В МП ІДК використовують методи виявлення та розрахунків аварії схожі на роботу РЗ і А.

МП ІДК дозволяють значно розширити кількість пускових факторів, завдяки чому просто і швидко визначається вид і місце пошкодження. На даний час використовують такі пускові фактори:

- зростання величини струму фаз;
- зниження або падіння напруги фаз;
- поява напруги та струмів зворотної та нульової послідовностей –  $U_2$ ,  $I_2$ ,  $U_0$ ,  $I_0$ ;
- зміна кута між струмом і напругою;
- спрацювання засобів РЗ, протиаварійної і системної автоматики та ін.

Розглянемо основні види захисту та фактори їх спрацювання для ліній електропередач (ЛЕП) надвисокої напруги, які використовуються в реєстраторах.

Основним та резервним захистом для ЛЕП 35-220кВ є дистанційний захист (ДЗ). Робота ДЗ полягає в визначенні відношення напруги до струму реле опору, який називається опором на затискачах реле опору  $Z_p = U_p / I_p$ . Орган спрацювання ДЗ відстроюється від опору спрацювання  $Z_{с.р.}$  або опору уставки  $Z_u$ . При відповідному підключенні реле,  $Z_p$  буде пропорційним відстані від місця встановлення захисту до місця к.з.

На рис. 1 представлені найбільш типові або використовуємі на практиці характеристики залежності опору спрацювання реле від кута реле –  $Z_{с.р.} = f(\varphi_p)$ ; області спрацювання показані в комплексній площині  $Z$  і заштриховані. Величина опору  $Z_{с.р.}$  відповідає опору захищеної ділянки ЛЕП.

Розповсюдження дистанційного принципу пояснюється універсальністю і великими можливостями, які він дає щодо чутливості та селективності захистів, якщо достатньо повноцінно використовується інформація про струми та напруги захищеного об'єкта. В той же час аналіз та проектування ДЗ в окремих випадках достатньо складні, що зумовлено складністю описання їх функцій і характеристик, які залежать від декількох комплексних складових.

Переваги ДЗ: 1) найбільш технічно досконалий, в порівнянні з іншими видами захисту, проте найбільш складний вид захисту з відносною селективністю;

2) кращий за максимальний струмовий захист – чітко фіксована зона, для першого ступеня – 85% довжини ЛЕП.

Не дивлячись на складність, ДЗ має найкращі перспективи подальшого розвитку і застосування для РЗ і А, а також використання методики ДЗ для реєстрації аварійних режимів. Вибір оптимальної характеристики спрацювання для конкретного виду к.з. та режиму роботи можливе за умови визначення точних параметрів ЛЕП та можливих параметрів аварії.

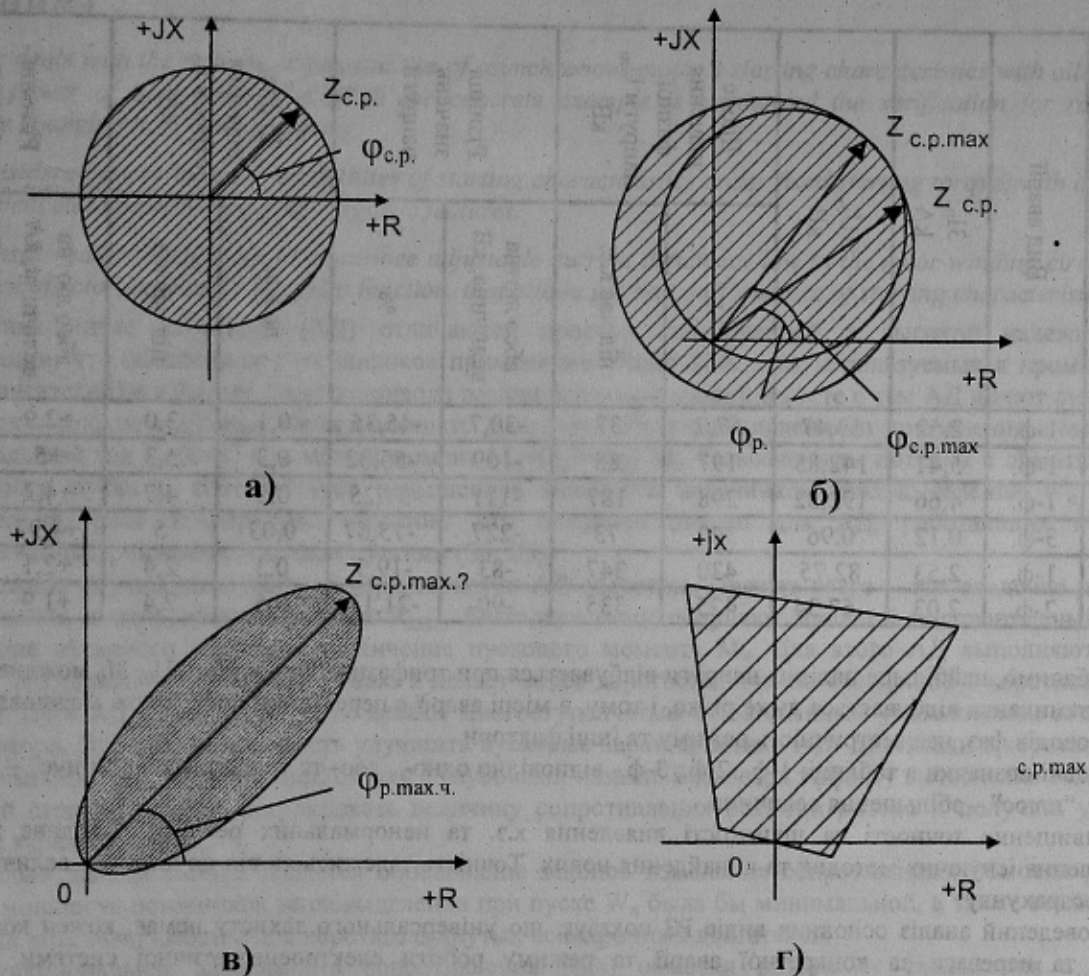


Рис. 1. – Види характеристик спрацювання органів опору

Одним з головних видів захисту є диференційно-фазний струмів захист (ДФЗ). Робота ДФЗ побудована на порівнянні фаз струмів з двох сторін ЛЕП (для абсолютної селективності) та струму основної (першої) гармоніки, або струму зворотної послідовності з заданою величиною. Значення фази струму передається по високочастотному або радіоканалу. Переваги: швидкість, чутливість, робота при неповно фазних режимах. Недоліки: труднощі при застосуванні ЛЕП з відгалуженнями. Захист потрібно поєднувати з резервним, який має відносну селективність.

Використання принципу роботи для МП ІДК можливе за умови наявності надійного швидкісного каналу передачі інформації з обох кінців ЛЕП. Принцип роботи ДФЗ підходить як для точного виявлення асинхронних режимів та коливань магістральних ЛЕП, так і для к.з.

Для захисту мереж з глухозаземленою нейтраллю, напругою 110кВ і вище, від к.з. на землю виявляється більш ефективно використовувати окремий комплект реле. Трьохступінчатий струмовий направлений захист нульової послідовності (НСЗНП) часто мають задовільний рівень захисту від однофазних, а інколи і двофазних к.з. на землю. Кола струму включаються на фільтр струму нульової послідовності, а кола напруги (для реле направлення потужності) - на фільтр напруги нульової послідовності. В загальному випадку цей захист, як і струмовий, вмикається на повні струми фаз, виконується трьох, а інколи і чотирьохступінчатим. Струм спрацювання відстроюється від струму небалансу, який зумовлен неточністю роботи фільтрів нульової послідовності та його появою при перехідні неповнофазних режимах. НСЗНП широко використовується як



основний захист від однофазних к.з. в мережах 110кВ, і як резервний, в мережах більш високих напруг (220-500 кВ).

Визначення аварійних та ненормальних режимів роботи за величиною струму та напруги нульової та зворотної послідовності найбільш ефективно використовувати при несиметричних замиканнях. Відстроювання від струму та напруги небалансу, робочих режимів – важлива умова для швидкої та точної роботи МП ІДК та РЗ і А.

В таблиці 1 наведені основні параметри АР, отриманих за допомогою МП ІДК “Регіна” на ЛЕП 110-750 кВ. Характерними ознаками для АР є зменшення напруги та зростання струму пошкоджених фаз, поява напруги та струму нульової послідовності ( $3U_0$ ,  $3I_0$ ), симетричних складових.

Таблиця 1

Напруга ЛЕП, кВ	Вид аварії	$3I_0$ , кА	$3U_0$ , кВ	Діюче значення фазної напруги $U_{\phi}$ кВ		Різниця значень напруги		Діюче значення струму $I_{\phi}$ кА		Різниця значень струму	
				до к.з.	під час к.з.	абсо лютна величина, кВ	%	до к.з.	під час к.з.	абсо лютна величина, кА	%
110	1-ф.	2,52	13,47	67,7	37	-30,7	-45,35	0,1	3,0	+2,9	+96,67
330	1-ф.	5,41	142,85	197	88	-109	-55,32	0,3	5,3	+5	+94,34
500	1-ф.	4,66	192,32	298	187	-111	-37,25	0,5	4,7	+4,2	+89,36
500	3-ф.	0,12	0,96	300	73	-227	-75,67	0,03	5	+4,97	+99,4
750	1-ф.	2,53	82,75	430	347	-83	-19,3	0,3	2,4	+2,1	+87,5
750	2-ф.	2,03	67,34	425	335	-90	-21,17	0,5	2,4	+1,9	+79,17

Як бачимо, найбільше падіння напруги відбувається при трифазних к.з., поява  $3U_0$ ,  $3I_0$  можлива, оскільки металеве замикання відбувається дуже рідко, і тому, в місці аварії є перехідний опір, також можлива нерівність опорів проводів фаз, несиметричність режиму та інші фактори.

Умовні позначки в таблиці: 1-ф., 2-ф., 3-ф.- відповідно одно-, дво- та трифазне к.з.; “мінус” – зменшення величини, “плюс” – збільшення величини.

Підвищення точності та швидкості виявлення к.з. та ненормальних режимів можливе за рахунок вдосконалення існуючих методик та винайдення нових. Точність залежить як від початкових величин так і від способу розрахунку.

Проведений аналіз основних видів РЗ показує, що універсального захисту немає, кожен комплект має недоліки та переваги за конкретної аварії та режиму роботи електроенергетичної системи. Надійність відключення аварії забезпечується наявністю багатьох ступенів та резервування захисту. Тому проблема швидкого виявлення пошкоджень є важливою для нормальної роботи електроенергетичної системи.

Проте для систем реєстрації наявність декількох ступенів не є обов’язковим, оскільки пропуск аварії не призводить до погіршення роботи енергосистеми або електроприймачів. В такому випадку визначення причин к.з. та місця пошкодження стає більш складним або і неможливим. Покращення та оптимізація пускових факторів РЗ і МП ІДК при різних режимах роботи електроенергетичної системи та коротких замиканнях – важлива і необхідна задача.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Микропроцессорные системы в электроэнергетике/ Стогний Б. С., Рогоза В. В., Кириленко А. В. и др. – Киев: Наукова думка, 1988. – 232 с.
2. Федосеев А. М. Релейная защита электрических систем. М., “Энергия”, 1976г.
3. Данилевич Я.Б., Калинина Г.И. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики. – Электричество, 1998, №5.

Рекомендовано до друку д.т.н. проф. Дудніком М.З.