

АЛГОРИТЪМ ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТОКА НА НЕСИМЕТРИЧНО КЪСО СЪЕДИНЕНИЕ ПРИ ЕДНОКРАТНА НАПРЕЧНА НЕСИМЕТРИЯ

Евтим Кърцелин, Динко Господинов, Георги Велев, Ангел Зъбчев, Георги Костов

РЕЗЮМЕ: Представена е обобщена формула и алгоритъм за изчисляване на несиметрични къси съединения при еднократна напречна несиметрия

ALGORITHM FOR CALCULATING THE CURRENT CIRCUIT OF ASYMMETRICAL SINGLE-TRANSVERSE ASYMMETRIC
Evtim Kartzelin, Dinko Gospodinov, Georgi Veleev, Angel Zabchev, Georgi Kostov

ABSTRACT: Presented is a summary formula and algorithm for calculation of asymmetrical short circuits in a single transverse asymmetry

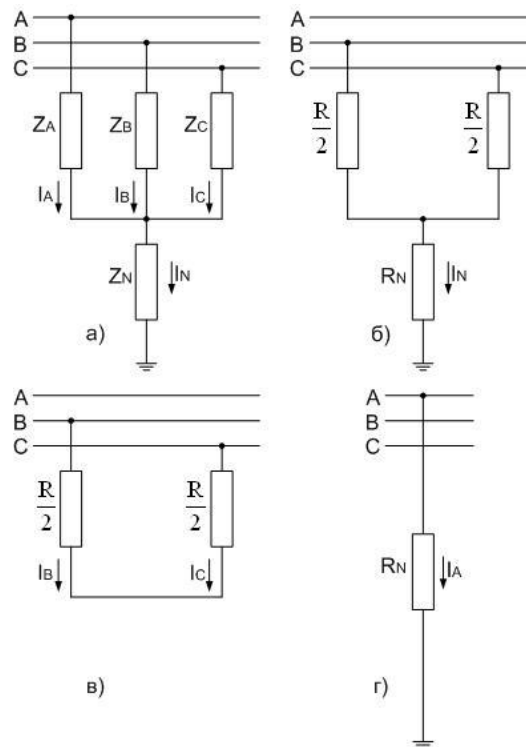
Въведение: За осигуряване на висока точност и надежност на изчислителните процеси, свързани с определяне на параметрите за настройката на релейните защиты противоаварийна автоматика в енергетиката, все по-широко се преминава към автоматизиране на изчислителните процеси []. Несиметричните къси съединения при напречна и надлъжна несиметрия са с най-голяма честота аварии в електроразпределителните мрежи. За решаване на този проблем научните изследвания са насочени към решаването на следните задачи:

- Осигуряване висока степен на адекватност на математическите модели, с които се описват различни видове къси съединения, включително и несиметричните къси съединения;
- Усъвършенстване на апаратите за защита от различните видове несиметрични къси съединения;
- Разработване на алгоритъм и програми за автоматизирано изчисляване на различни видове къси съединения, в електрическите мрежи, включително и на несиметричните къси съединения при еднократна напречна несиметрия.

На основата на правилото за еквивалентност на тока при несиметричните къси съединения в доклада е предложен алгоритъм за изчисляване на различните видове несиметрични къси съединения при напречна несиметрия.

Схема на несиметрични къси съединения в трифазни електрически системи с напречна несиметрия.

Напречна несиметрия в една точка от трифазна електрическа верига възниква в тези случаи, когато към фазите се присъединят различни съпротивления, както това е показано на фиг. 1.



Фиг. 1.

Такова включване е възможно да възникне при несиметрично късо съединение или при несиметричен товар.

Всеки две от включените в звезда съпротивления, а също така и съпротивлението $\dot{Z}_N$, е възможно да бъдат равни на нула или безкрайност. Различните видове несиметрия или къси съединения са представени на фиг. 1 както следва:

- Фиг. 1а. – общ случай на напречна несиметрия, $\dot{Z}_A \neq \dot{Z}_B \neq \dot{Z}_C \neq \dot{Z}_N$;

- Фиг.1б. - двуфазно късо съединение към земя,

$$\dot{Z}_A = \infty, \quad \dot{Z}_B = \dot{Z}_C = \frac{R}{2}, \quad \dot{Z}_N = R_N;$$

- Фиг.1в. - двуфазно късо съединение,

$$\dot{Z}_A = \dot{Z}_N = \infty, \quad \dot{Z}_B = \dot{Z}_C = \frac{R}{2};$$

- Фиг.1г. - еднофазно късо съединение, $\dot{Z}_A = 0$,

$$\dot{Z}_B = \dot{Z}_C = \infty, \quad \dot{Z}_N = R_N.$$

При възникване на късо съединение съпротивлението в мястото на късото съединение е сбор от две съпротивления – съпротивление на волтовата дъга и съпротивление на заземяването. Тези съпротивления, както показват експериментални изследвания, са активни. Ето защо тези съпротивления за изброените по-горе частни случаи са приети за активни.

Правило за еквивалентност на тока с права последователност.

От изведените изчислителни формули за различните видове несиметрични къси съединения [1, 2, 3, 4, 6] следва извода, че токът с обратна и нулева последователност и напреженията от всички последователности са пропорционални на тока с права последователност I_{A1} в мястото на късото съединение. Следователно за да се изпълнят необходимите изчисления при всички видове къси съединения, е необходимо да се определи токът с права последователност I_{A1} в мястото на несиметричното късо съединение.

Периодичната съставляща на тока с права последователност за особената фаза за всеки вид (n) несиметрично късо съединение е възможно да се представи в следния общ вид

$$I_{A1}^{(n)} = \frac{m^{(n)} \cdot \dot{E}_{A\Sigma}}{j(X_{1\Sigma} + \Delta X^{(n)})} \quad (1)$$

където $\dot{E}_{A\Sigma}$ - резултантна ЕДН с права последователност;

$X_{1\Sigma}$ - сумарно съпротивление на заместващата схема с права последователност;

$m^{(n)}$ - коефициент, характеризиращ вида на изчисляваното късо съединение, при което, $m^{(1)} = 3$;
 $m^{(2)} = j\sqrt{3}$;

$$m^{(1.1)} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{\Sigma 2} \cdot X_{\Sigma 0}}{(X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0})^2}};$$

$\Delta X^{(n)}$ - шунт на несиметричното късо съединение, който се включва между началото и края на схемата с права последователност и се определя чрез сумиране съпротивленията с обратна и нулева последователност

$$\Delta X^{(1)} = X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}, \quad \Delta X^{(2)} = X_{2\Sigma},$$

$$\Delta X^{(1.1)} = \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}.$$

Обобщеният запис на израз (1) позволява на руския учен Н. Н. Щедрин за пръв път да формулира така нареченото правило за еквивалентност на правата последователност, което се използва широко в областта на електротехниката от съвременния научен съвет.

Определение: Токът с права последователност при всяко несиметрично късо съединение е възможно да бъде определен като ток при трифазно късо съединение в точка, отдалечена от действителната точка на късото съединение

чрез допълнително съпротивление $\Delta X^{(n)}$, което не зависи от параметрите на схемата с права последователност и за всеки вид късо съединение се определя от резултантното съпротивление с обратна и нулева последователност спрямо разглежданата точка на схемата. Означенията във формула (1) са представени в таблично [5].

Вид на К.С.	$K^{(n)}$	$\Delta X^{(n)}$	$m^{(n)}$
Трифазно К.С.	$K^{(3)}$	0	1
Двуфазно К.С.	$K^{(2)}$	$X_{\Sigma 2}$	$j\sqrt{3}$
Двуфазно К.С. към земя	$K^{(1.1)}$	$\frac{X_{\Sigma 2} \cdot X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0}}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{\Sigma 2} \cdot X_{\Sigma 0}}{(X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0})^2}}$
Еднофазно К.С. към земя	$K^{(1)}$	$X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0}$	3

Алгоритъм за изчисляване на тока на несиметрично късо съединение при еднократна напречна несиметрия.

Изчисляването на тока на несиметрично късо съединение е възможно да се раздели на няколко основни етапи:

1. Съставяне на заместваща схема с права, обратна и нулева последователност;
2. Изчисляват се и се привеждат параметрите на заместващата схема, при това се отчитат различията в параметрите за права, обратна и нулева последователност за отделните елементи на схемата;
3. Определят се сумарните съпротивления на схемите с права, обратна и нулева последователност. Преобразуването се извършва спрямо началото и края на схемата за всяка последователност;
4. Определя се резултантното ЕДН на схемата с права последователност. Ако заместващата схема с права последователност съдържа повече от едно ЕДН, то тяхното еквивалентирание се извършва спрямо началото и края на схемата;
5. Определя се изчислителния коефициент за вида на късото съединение $m^{(n)}$;
6. Определя се шунта на късото съединение $\Delta X^{(n)}$;
7. Изчислява се пълният ток в мястото на късото съединение по формула (1).

Ако задача на изчислението се явява определяне на напрежението в мястото на късото съединение или на симетричните съставлящи на напрежението.

Литература

- [1] Нотов П. Къси съединения в електроенергийните системи, С., ТУ, 2000.
- [2] Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах, М., МИР, 2003.
- [3] Суворов И. Ф. Переходные процессы в системах электроснабжения, Чита, ЧГУ, 2005.
- [4] Винославский В. Н. и др. Переходные процессы в системах электроснабжения, Киев, ВШ, 1989.
- [5] Малчев К. Къси съединения в електрическите системи, С., ТУ, 2010.
- [6] Вагнер К. Ф., Эванс Р. Д. Метод симметричных составляющих. М.Л., Энергоиздат, 1993.
- [7] Справочник по проектированию электроснабжению, Под ред. Ю.Г. Барыбина и др., М., Энергоатомиздат, 1990.
- [8] Стоилов, Ив., К.Джустров. Оптимални настройки на релейните защиты в подстанции на рудник „Елаците“. *Proceedings of X SUBILEE NATIONAL CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTIPATION OF THE OPEN AND UNDERWATER MINING OF MINERALS 07÷11 June 2009, Varna.*