

A. TRYBUS

Zakład Energetyczny Gliwice

FAŁSZOWANIE POMIARU PODIMPEDANCYJNYCH CZŁONÓW ROZRUCHOWYCH
ZABEZPIECZEŃ ODLEGŁOŚCIOWYCH

1. Wstęp

Niektóre przekaźniki odległościowe, np. F-ny BBC typu L3 lub podobne, rozwiązane są przy zastosowaniu podimpedancyjnych członów rozruchowych. Człony te przyłączone są zwykle w ten sposób, że na ich uzwojenia napięciowe podawane jest napięcie międzyprzewodowe przy zwarciach międzyfazowych bez udziału ziemi, natomiast napięcie fazowe przy zwarciach dwu i jednofazowych z ziemią.

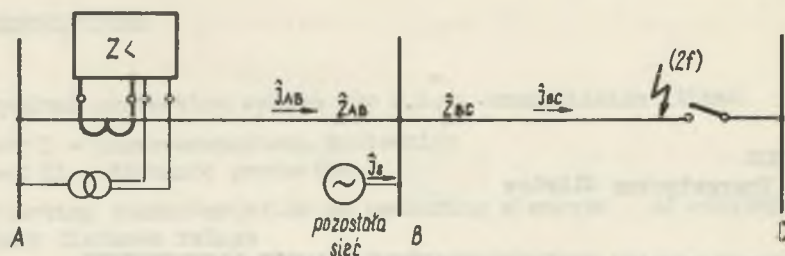
Ze względu na potrzebę rezerwowania nastawiane są zwykle na taką wartość, aby swoim zasięgiem obejmowały nie tylko zwarcia występujące na danej linii, ale również na wszystkich odcinkach stopnia drugiego tj. na wszystkich odcinkach liniowych stacji następnej.

Pierwotną wartość impedancji rozruchowej członów podimpedancyjnych zabezpieczenia odległościowego w stacji A, spełniającą warunek rezerwowania przy zwarciu dwufazowym na końcu linii odchodzącej ze stacji B, w układzie jak na rys. 1 dobiera się [2] według wzoru:

$$Z_r \geq k_b (Z_{AB} + k_f \cdot Z_{BC}) (\Omega/f) \quad (1)$$

gdzie:

- Z_r - pierwotna wartość nastawieniowa członów rozruchowych
- k_b - współczynnik bezpieczeństwa uwzględniający rozrzut wartości rozruchowej przekaźnika
- Z_{AB} ; Z_{BC} - impedancja linii dla składowej kolejności zgodnej



Rys. 1. Schemat układu sieci dla zwarcia dwufazowego na końcu linii BC przy otwartym wyłączniku w stacji C; I_{AB} , I_{BC} , I_S , prądy zwarcia dwufazowego płynące w liniach AB i BC oraz pozostałej sieci przyłączonej do stacji B; Z_{AB} , Z_{BC} - impedancje linii AB, BC dla składowej kolejności zgodnej

I_{AB} , I_{BC} - prądy zwarcia dwufazowego płynące w linii AB i BC przy zwarciu na końcu linii BC

$k_F = \frac{I_{BC}}{I_{AB}}$ - współczynnik fałszowania.

Wzór ten jest słuszny przy założeniu równości kątów zwarcia obydwu linii oraz impedancji zastępczej pozostałej sieci zasilającej przyłączonej do szyn stacji B. Należy poza tym zaznaczyć, że impedancja mierzona przez człony rozruchowe przekąznika przy zwarciu dwufazowym jest równa impedancji pętli zwarciowej i jest dwa razy większa od wartości nastawieniowej obliczonej ze wzoru (1).

Współczynnik fałszowania przyjmuje wartość $k_F > 1$ jeżeli prąd zwarcia pozostałej sieci przyłączonej do szyn stacji B $I_S \neq 0$ natomiast $k_F = 1$ dla $I_S = 0$ co występuje wówczas gdy stacja B ma charakter odbiorczy i jest powiązana z siecią jedynie dwoma liniami. Współczynnik k_F można również określić ze stosunku prądów zwarcia trójfazowego lub prądów składowej kolejności zgodnej płynących w liniach BC i AB.

Przy zwarciu trójfazowym impedancja Z_p mierzona przez przekąznik w stacji A wyniesie:

$$Z_p = \left| \frac{\hat{U}_p}{\hat{I}_{AB}} \right| = \frac{\sqrt{3} I_{AB} Z_{AB} + \sqrt{3} I_{BC} Z_{BC}}{I_{AB}} = \sqrt{3} \left(Z_{AB} + \frac{I_{BC}}{I_{AB}} Z_{BC} \right) \quad (2)$$

a nastawieniowa wartość impedancji rozruchowej:

$$Z_r \geq k_b \frac{Z_p}{2} \quad (3)$$

czyli

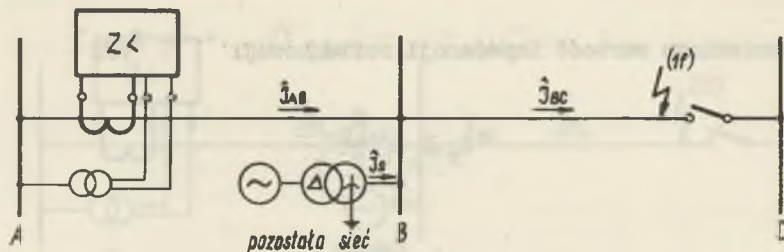
$$Z_r \geq \frac{\sqrt{3}}{2} k_b (Z_{AB} + k_f Z_{BC}) (\Omega/f) \quad (4)$$

Jak wynika z porównania wzorów (1) i (4) wymagana wartość impedancji rozruchowej dla zwarcia dwufazowego spełnia również warunek rezerwowania dla zwarcia trójfazowego.

2. Impedancja rozruchowa dla zwarcia jednofazowego

W sieciach napowietrznych najwyższych napięć większość występujących zwarcć to zwarcia jednofazowe. Wraz z rozbudową tych sieci wzrasta również wartość prądów zwarcć jednofazowych i to w stopniu niejednokrotnie większym niż prądy zwarcć wielofazowych bez udziału ziemi. Zależy to między innymi od mocy i ilości przyłączonych do sieci transformatorów z uziemionym punktem gwiazdowym. Nie należy więc wykluczyć możliwości istnienia takich warunków w których fałszowanie pomiaru podimpedancyjnych członów rozruchowych przy zwarciach jednofazowych będzie większe niż przy zwarciach dwufazowych. Warunki takie mogą np. wystąpić w układzie ze stacją odbiorczą powiązaną z siecią tylko dwoma liniami jednofazowymi do której szyn przyłączony jest transformator z uziemionym punktem gwiazdowym. Tak więc warunek rezerwowania dla zwarcć jednofazowych może nie być spełniony o ile nastawienie impedancji rozruchowej zostanie dobrane według wzoru (1).

Na rys. 2 przedstawiono w uproszczonej formie dowolny układ sieci z uziemionym punktem zerowym przy zwarcciu na końcu jednofazowej linii BC odchodzącej ze stacji B wyłączonej w stacji C. Dla takiego układu fałszowanie pomiaru podimpedancyjnych członów rozruchowych przekaźnika zainstalowanego w stacji A na linii AB, przy zwarcciu jednofazowym, można określić w sposób następujący:



Rys. 2. Schemat układu sieci dla zwarcia jednofazowego z ziemią na końcu linii BC przy otwartym wyłączniku w stacji C

I_{BC} , I_{AB} , I_S - prądy zwarcia jednofazowego płynące w linii AB, BC oraz pozostałej sieci przyłączonej do stacji B

Oznaczenia:

$$I_{OAB}, I_{1AB}, I_{2AB}$$

$I_{OBC}, I_{1BC}, I_{2BC}$ - składowe kolejności zerowej zgodnej i przeciwnej prądu zwarcia linii AB lub BC

$$Z_{OAB}, Z_{1AB}, Z_{2AB}$$

$Z_{OBC}, Z_{1BC}, Z_{2BC}$ - impedancja linii AB lub BC dla składowych kolejności zerowej, zgodnej i przeciwnej

$$\varphi_{AB}, \varphi_{BC} \quad - \text{kąt zwarcia linii AB lub BC.}$$

Założenia:

$$1^\circ - \varphi_{AB} = \varphi_{BC}$$

$$2^\circ - Z_{1AB} = Z_{2AB} \quad \text{oraz} \quad Z_{1BC} = Z_{2BC}$$

$$3^\circ - I_{1AB} = I_{2AB} \quad \text{oraz} \quad I_{1BC} = I_{2BC}$$

Biorąc pod uwagę powyższe oznaczenia i założenia otrzymujemy następujące wyrażenia na napięcia poszczególnych składowych fazy zwartej występujące w miejscu zainstalowania przekaźnika:

$$U_1 = I_{1BC} Z_{1BC} + I_{1AB} Z_{1AB} = I_{1AB} (Z_{1AB} + k_1 Z_{1BC}) \quad (5)$$

$$U_2 = I_{2BC} Z_{2BC} + I_{2AB} Z_{2AB} = I_{1AB} (Z_{1AB} + k_1 Z_{1BC}) \quad (6)$$

gdzie

$$k_1 = \frac{I_{2BC}}{I_{2AB}} = \frac{I_{1BC}}{I_{1AB}} \quad (7)$$

$$U_0 = I_{OBC} Z_{OBC} + I_{OAB} Z_{OAB} = I_{OBC} \frac{Z_{OAB} + k_0 Z_{OBC}}{k_0} \quad (8)$$

gdzie

$$k_0 = \frac{I_{OAB}}{I_{OBC}} \quad (9)$$

Ponieważ przyjęto zwarcie jednofazowe na końcu linii BC przy otwartym wyłączniku w stacji C:

$$I_{OBC} = I_{1BC} \quad (10)$$

podstawiając dodatkowo ze wzoru (7):

$$I_{1BC} = k_1 I_{1AB}$$

wzór (8) przyjmuje postać:

$$U_0 = I_{1AB} \frac{k_1 (Z_{OAB} + k_0 Z_{OBC})}{k_0} \quad (11)$$

Napięcie fazowe, mierzone przez podimpedancyjny człon rozruchowy przekaźnika, będące sumą poszczególnych składowych będzie równe:

$$\begin{aligned}
 U &= U_1 + U_2 + U_0 = 2I_{1AB} (Z_{1AB} + k_1 Z_{1BC}) + \\
 &\quad + I_{1AB} \frac{k_1 (Z_{OAB} + k_0 Z_{OBC})}{k_0} = \\
 &= I_{1AB} \frac{2k_0 (Z_{1AB} + k_1 Z_{1BC}) + k_1 (Z_{OAB} + k_0 Z_{OBC})}{k_0} \quad (12)
 \end{aligned}$$

Prąd zaś zwartej fazy mierzony przez człon rozruchowy przekaźnika będzie równy:

$$I_{AB} = I_{1AB} + I_{2AB} + I_{OAB} = 2I_{1AB} + I_{OAB} = I_{1AB} \left(2 + \frac{I_{OAB}}{I_{1AB}} \right) \quad (13)$$

uwzględniając zależność (7) (9) i (10) otrzymujemy:

$$\frac{I_{OAB}}{I_{1AB}} = \frac{k_1}{k_0}$$

a wyrażenie (13) przyjmie ostatecznie postać:

$$I_{AB} = I_{1AB} \frac{k_1 + 2k_0}{k_0} \quad (14)$$

Wartość impedancji mierzonej przez przekaźnik określona na podstawie zależności (12) i (14) wynosi:

$$Z_p = \frac{U}{I_{AB}} = \frac{2k_0 (Z_{1AB} + k_1 Z_{1BC}) + k_1 (Z_{OAB} + k_0 Z_{OBC})}{k_1 + 2k_0} \quad (15)$$

po wprowadzeniu dodatkowej zależności:

$$\frac{Z_{OAB}}{Z_{1AB}} = C_{AB} \quad \text{oraz} \quad \frac{Z_{OBC}}{Z_{1BC}} = C_{BC}$$

oraz po dokonaniu odpowiednich przekształceń otrzymujemy:

$$Z_p = \frac{C_{AB} + 2 \frac{k_0}{k_1}}{1 + 2 \frac{k_0}{k_1}} Z_{1AB} + k_1 \frac{\frac{k_0}{k_1} (C_{AB} + 2)}{1 + 2 \frac{k_0}{k_1}} Z_{1BC} \quad (16)$$

Wprowadzając ostatecznie następujące oznaczenia:

$$k = \frac{k_0}{k_1} = \frac{I_{OBC} I_{1AB}}{I_{OAB} I_{1BC}} = \frac{I_{1AB}}{I_{OAB}} \quad (17)$$

$$k_{AB} = \frac{C_{AB} + 2k}{2(1 + 2k)} \quad (18)$$

$$k_{BC} = \frac{k(C_{BC} + 2)}{2(1 + 2k)} \quad (19)$$

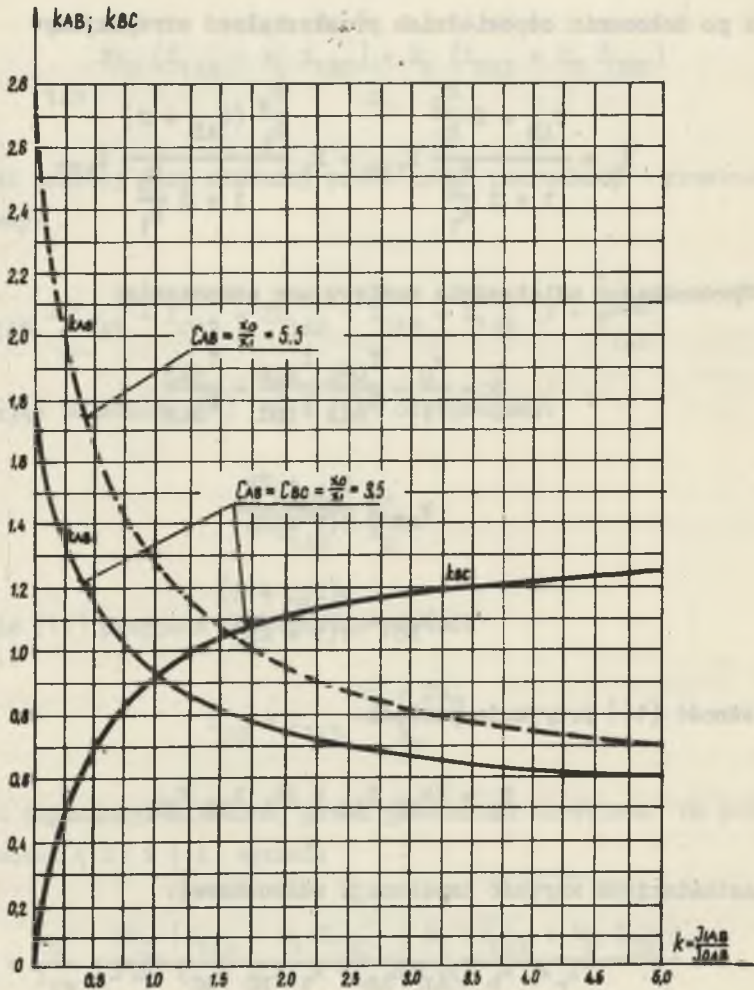
zależność (16) przyjmuje postać:

$$Z_p = 2k_{AB} Z_{AB} + 2k_1 k_{BC} Z_{BC} \quad (20)$$

a nastawieniowa wartość impedancji rozruchowej:

$$Z_r \geq k_b (k_{AB} Z_{AB} + k_1 k_{BC} Z_{BC}) (\Omega/f) \quad (21)$$

Jest to ogólna zależność określająca wartość impedancji rozruchowej członów podimpedancyjnych zabezpieczeń odległościowych przy metalicznych zwarciach, dla dowolnego układu sieci z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym.



Rys. 3. Zależność współczynników k_{AB} i k_{BC} od współczynnika

$$k = \frac{k_0}{k_1} = \frac{I_{IAB}}{I_{OAB}}$$

Na rys. 3 przedstawiono zależność współczynnika k_{AB} i k_{BC} od wartości współczynnika k dla linii jednotorowych oraz dla linii AB dwutorowej przy założeniu że dla linii jednotorowej $C_{AB} = C_{BC} = 3,5$ zaś dla dwutorowej $C_{AB} = 5,5$.

Jak wynika z zależności (18) i (19) dla linii AB i BC jednotorowych przy współczynniku $k = 1$ wartość obydwu współczynników wynosi $k_{AB} = k_{BC} \approx 0,92$ i wówczas z zależności (21) otrzymujemy:

$$Z_r \geq 0,92 k_b (Z_{AB} + k_1 Z_{BC}) (\Omega/f) \quad (22)$$

Z porównania warunku (1) i (22) wynika że warunek (22) jest łagodniejszy. Należy zaznaczyć że wartość współczynnika $k = \frac{I_{1AB}}{I_{OAB}} = 1$ występuje gdy stosunki impedancji dla składowej zerowej i zgodnej gałęzi AB oraz pozostałej sieci przyłączonej do stacji B są równe tj. gdy w przybliżeniu:

$$\frac{X_{OAB}}{X_{1AB}} = \frac{X_{OS}}{X_{1S}} \quad (23)$$

gdzie:

$X_{OS}; X_{1S}$ - zastępcza reaktancja dla składowej kolejności zerowej i zgodnej pozostałej sieci przyłączonej do szyn stacji B.

Wymagana dla spełnienia warunku rezerwowania impedancja rozruchowa dla zwarcia jednofazowego może być większa od wartości określonej dla zwarcia dwufazowego w następujących przypadkach:

- gdy $k \leq 1$ dla przekąznika zainstalowanego na linii jedno lub dwutorowej jeżeli $Z_{AB} \gg Z_{BC}$
- gdy $k > 1$ tj. jeżeli $k_0 > k_1$ (współczynnik fałszowania dla składowej zerowej większy od współczynnika fałszowania dla składowej zgodnej) jeżeli równocześnie $Z_{BC} \gg Z_{AB}$.

3. Wnioski

- 1^o - Jak wynika z przeprowadzonej analizy fałszowanie pomiaru podimpedancyjnych członów rozruchowych zabezpieczeń odległościowych przy zwarciach jednofazowych może być większe niż przy zwarciach dwufazowych.
- 2^o - Dla ustalenia prawidłowej wartości nastawień tych członów impedancję rozruchową obliczoną dla zwarcia dwufazowego należy dodatkowo sprawdzić i ewentualnie skorygować zgodnie z zależnością (21).
- 3^o - Sprawdzanie wartości impedancji rozruchowej dla zwarcia jednofazowego można dokonać w oparciu o rozptyw składowej zerowej prądu zwarcia z ziemią przy zwarciu na końcu rezerwowanej linii oraz podobny rozptyw prądów zwarcia trójfazowego. Z rozptywu dla składowej zerowej można obliczyć współczynnik k_0 a z rozptywu dla zwarcia trójfazowego współczynnik k_1 . Po wyznaczeniu wartości współczynnika k jako stosunku $\frac{k_0}{k_1}$ znaleźć z wykresu na rys. 3 lub z zależności (18) i (19) wartość współczynników k_{AB} i k_{BC} i z zależności (21) obliczyć wartość rozruchową Z_R .

4. LITERATURA

- [1] Skoczyński Z., Nowacki P.J.: Zwarcia w wysokonapięciowych układach elektroenergetycznych (PWT, W-wa 1954).
- [2] Pawłowski A.: Dobór nastawień zabezpieczeń przekaźnikowych i urządzeń automatyki w elektrowniach i sieciach (Przegląd Elektrotechniczny z dnia 21.06.1958 r. zeszyt 5/6).

А. ТРЫБУС

Управление Электрических Сетей
Гливице

ИСКАЖЕНИЕ ИЗМЕРЕНИИ МИНИМАЛЬНО-ИМПЕДАНСНЫХ
ПУСКОВЫХ ОРГАНОВ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ
ПРИ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

С о д е р ж а н и е

Уставки индивидуальных пусковых органов дистанционных защит, учитывая необходимость резервирования, выбираются таким расчетом, чтобы защита реагировала не только на короткие замыкания, происходящие на данной линии, но также на всех линиях, отходящих с последующей подстанции. Для этого первичное значение пускового импеданса дистанционной защиты на подстанции "А" исполняющее условие резервирования при двухфазном к.з. в системе соединений как на рис.1 выбирается согласно выражению (1).

В воздушных сетях высокого напряжения, в которых обыкновенно применяются вышеуказанные защиты, большинство происходящих коротких замыканий это однофазные к.з. В связи с этим возникает необходимость проанализирования будет ли для определенной сетевой схемы искажение импеданса для однофазных к.з. больше чем для двухфазных к.з. Условия такие существуют в системе с приемной подстанцией, связанной с сетью двумя одноцепными линиями, к шинам которой подсоединен трансформатор с заземленной нулевой точкой. И так, условия резервирования для однофазных к.з. не будут выполнены при выборе уставки импеданса пуска реле согласно выражению (1).

Ложное измерение импеданса дистанционного реле, смонтированного в подстанции "А" для однофазных к.з. в системе как на рис. 2 определяется выражением (21). Зависимости (7) (9) (17) (18) и (19) определяют коэффициенты; k_I , k_{AB} , k_{BC} приняты в выражении (21).

Выражение (21) определяет значение импеданса пусковых подимпедансных элементов дистанционных защит при непосредственных однофазных коротких замыканиях в сетевой системе как на рис. 2.

На рис. 3 представлена зависимость коэффициентов k_{AB} и k_{BC} от значения коэффициента $k = \frac{K_0}{K_I}$ для одноцепных линий, а также для двухцепных линий АВ при условии, что для одноцепной линии $C_{AB} = C_{BC} = \frac{x_0}{x_1} = 3,5$, а для двухцепной $C_{AB} = \frac{x_0}{x_1} = 5,5$. Из диаграммы коэффициентов K_{AB} и K_{BC} , а также из сравнения выражений (1) и (21) видно, что необходимый для исполнения условия резервирования пусковой импеданс для однофазного к.з. может быть больше значения для двухфазного к.з. в следующих случаях:

- когда $K \leq 1$ т.е. если $K_0 \leq K_I$ (коэффициент искажения для нулевой составляющей тока не больше коэффициента искажения для прямой составляющей) для реле, установленного на линии одно или двухцепной, если одновременно $Z_{AB} \gg Z_{BC}$; $K \leq 1$ имеет место тогда, когда отношение импеданса нулевой и прямой составляющих ветви АВ есть не меньше отношения этих импедансов для остальной сети, присоединенной к подстанции "В" т.е. когда

$$\frac{X_{C_{AB}}}{X_{1_{AB}}} \geq \frac{X_{0S}}{X_{1S}}$$

- когда $K > 1$ т.е. если $K_0 > K_I$ (коэффициент искажения для нулевой составляющей больше коэффициента искажения для прямой составляющей) если одновременно $Z_{BC} \gg Z_{AB}$.

Значение пускового импеданса для однофазного к.з. можно определить основываясь на распределении нулевой составляющей тока короткого замыкания с землей при к.з. в конце резервированной линии, а также на сходном распределении токов трехфазного к.з. Из распределения для нулевой составляющей нужно вычислить значение K_0 , а с распределения для трехфазного к.з. - значение K_1 .

После определения значения коэффициента K как зависимости $\frac{K_0}{K_1}$ необходимо найти из диаграммы на рис. 3 либо из выражений (18) и (19) значения коэффициентов K_{AB} и K_{BC} , а также из выражения (21) вычислить значение пускового импеданса $Z_{г}$.

ОПИСАНИЕ РИСУНКОВ

Рис. 1. Схема сетевой системы для двухфазного к.з. в конце линии BC при открытом выключателе на подстанции C;

I_{AB} , I_{BC} , I_S - токи двухфазного к.з. протекающие по линиям AB и BC и в остальной сети присоединенной к подстанции B;

Z_{AB} , Z_{BC} - значения импедансов линий AB и BC составляющей прямой последовательности

Рис. 2. Схема сетевой системы для однофазного к.з. с землей на конце линии BC при открытом выключателе на подстанции C;

I_{AB} , I_{BC} , I_S - токи короткого замыкания протекающие по линии AB, BC и в остальной сети присоединенной к подстанции B.

Рис. 3. Зависимость коэффициентов K_{AB} и K_{BC} от коэффициента

$$K = \frac{K_0}{K_1} = \frac{I_{AB}}{I_{0 AB}}$$

A. TRYBUS
Subregional Power Establishment
Gliwice

FALSE MEASUREMENTS OF IMPEDANCE STARTING ELEMENTS
OF DISTANCE PROTECTION

S u m m a r y

Considering the necessity of back up operation, the settings of underimpedance starting elements of distance protections are of values allowing the protection reach to cover not only faults on line concerned but also faults on all lines outgoing from the next station. Thus, the original value of starting impedance of distance protection in station "A" satisfying the condition of back up operation during double-phase fault in system as given in Fig. 1 (Rys. 1) is adjusted according to relation (1).

In extra high voltage overhead lines, where protections being discussed are commonly used, the majority of faults are single-phase ones. So it is necessary to analyse, whether in given network system the impedance false measurements in case of single-phase fault are more significant than in case of double-phase faults. It surely takes place in system, in which receiving station is connected to network by means of only two single lines, the busbars of the station being connected to the transformer of earthed star point. Thus, the condition of back up operation in case of single-phase faults can be satisfied if the adjustment of starting impedance is done according to relation (1).

The impedance false measurement of distance relay being installed in station "A", during single-phase fault in system as shown in Fig. 2 (rys. 2), is given by relation (21). The coefficients k_1 , k_{AB} , k_{BC}

appearing in relation (21) are determined by relations (7), (9), (17), (18) and (19).

Relation (21) determines value of starting impedance of underimpedance elements of distance protections in case of single-phase metallic faults in system as shown in Fig. 2 (rys. 2).

Fig. 3 (rys. 3) shows how coefficients k_{AB} and k_{BC} depend on coefficient $k = \frac{k_0}{k_1}$ value in case of single lines and in case of double line AB, assuming that for single line $C_{AB} = C_{BC} = \frac{X_0}{X_1} = 3,5$ and for double line $C_{AB} = \frac{X_0}{X_1} = 5,5$.

As it results from diagram of k_{AB} and k_{BC} coefficients values and from comparison of relations (1) and (21), the starting impedances required for satisfying back up operation conditions in case of single-phase fault can be greater than value determined for double-phase fault in following cases:

- when $k \leq 1$, i.e. when $k_0 \leq k_1$ (false coefficient for zero-sequence component current is no greater than false coefficient for positive-sequence component current) for relay being installed on single or double line if simultaneously $Z_{AB} \geq Z_{BC}$; the case of $k \leq 1$ takes place when impedances ratio for zero-sequence and positive-sequence components of branch AB is no smaller than corresponding impedances ratio for rest of network being connected to station B, i.e. when $\frac{X_{0AB}}{X_{1AB}} \geq \frac{X_{0S}}{X_{1S}}$.
- when $k > 1$, i.e. when $k_0 > k_1$ (false coefficient for zero-sequence component is greater than false coefficient for positive-sequence component) if simultaneously $Z_{BC} \geq Z_{AB}$.

Starting impedance value for single-phase fault can be determined on the base of distribution of zero-sequence component of earth-fault current in case of fault at the end of line being backed up and similar distribution of 3-phase fault currents. From distribution for zero-sequence component the value of k_0 is to be calculated and from

distribution of 3-phase fault - k_1 value. After determining the value of k coefficient being defined as $\frac{k_0}{k_1}$ ratio, the coefficients k and k_{BC} values should be found from diagram in Fig. 3 (rys. 3) from relations (18) and (19). Starting impedance Z_r value should be calculated according to relation (21).

FIGURES DESCRIPTIONS

- Fig. 1. Schematic diagram of network system in case of double-phase fault at the end of line BC; circuit breaker in station C is open; I_{AB} , I_{BC} , I_S - double-phase fault currents in lines AB, BC and in rest of network being connected to station B; Z_{AE} , Z_{BC} - impedances of lines AB, BC for positive-sequence components
- Fig. 2. Schematic diagram of network system in case of single-phase earth-fault at the end of line BC; circuit breaker in station C is open; I_{AB} , I_{AC} , I_S - single phase fault currents in lines AB, BC and in rest of network being connected to station B
- Fig. 3. Coefficients k_{AB} and k_{BC} as functions of $k = \frac{k_0}{k_1} = \frac{I_{1AF}}{I_{0AF}}$ coefficient

