

ANALIZA DZIAŁANIA ZABEZPIECZENIA PODIMPEDANCYJNEGO DWUKADZIOWEGO SYMETRYCZNEGO PRZESUWNIKA FAZOWEGO

Tomasz BEDNARCZYK¹, Adrian HALINKA², Piotr RZEPKA³, Mateusz SZABLICKI⁴

Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów

1. tel.: 506 600 565 e-mail: tomasz.bednarczyk@polsl.pl

2. tel.: 32 237 2161 e-mail: adrian.halinka@polsl.pl

3. tel.: 32 237 2213 e-mail: piotr.rzepka@polsl.pl

4. tel.: 32 237 2213 e-mail: mateusz.szablicki@polsl.pl

Streszczenie: Zabezpieczenie wykorzystujące kryterium podimpedancyjne stanowi jedno z podstawowych zabezpieczeń jednostek transformatorowych najwyższych napięć (w tym przesuwników fazowych). Zabezpieczenie podimpedancyjne identyfikuje stan pracy chronionego przesuwника fazowego, sprawdzając położenie końca wektora impedancji wyznaczonej w zabezpieczeniu względem stref pomiarowych zabezpieczenia. Podczas zwarcia w obrębie fragmentu sieci objętego ochroną przez zabezpieczenie, koniec wektora impedancji powinien „wchodzić” do stref pomiarowych zabezpieczenia. Wówczas następuje zadziałanie zabezpieczenia

i ewentualne wyłączenie przesuwника fazowego.

W artykule zamieszczono wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych warunków działania zabezpieczenia podimpedancyjnego dla dwukadziowego symetrycznego przesuwника fazowego.

W symulacjach uwzględniono szeroki zakres zmian impedancji przesuwника fazowego, zwarcia wewnętrzne oraz zewnętrzne. Wyniki badań symulacyjnych pozwalają na weryfikację poprawności działania zabezpieczenia podimpedancyjnego przesuwника fazowego.

Słowa kluczowe: Przesuwnik fazowy. Automatyka zabezpieczeniowa. Transformator. Zakłócenia.

1. INFORMACJE OGÓLNE

1.1 Wstęp

Przesuwnik fazowy (PF) jest to rodzaj transformatora energetycznego o specjalnym wykonaniu, który znajduje zastosowanie w strukturze systemu elektroenergetycznego (SEE) jako element służący do kształtowania przepływu mocy (kierunek, wartość) m.in. na połączeniach transgranicznych. Kształtowanie przepływu mocy w gałęzi z zainstalowanym PF odbywa się zgodnie z zależnością:

$$P = \frac{|U_s| \cdot |U_L|}{X_L + X_{PF}} \cdot \sin(\delta + \alpha) \quad (1)$$

gdzie: $|U_x|$ – moduł napięcia na początku ($x=S$) i na końcu ($x=L$) gałęzi, X_y – reaktancja zgodna gałęzi ($y=L$) i przesuwника fazowego ($y=PF$), δ – kąt obciążenia, α – kąt fazowy pomiędzy stroną „S” i „L” PF.

Zależnie od przeznaczenia oraz oczekiwanych parametrów do regulacji (moc czynna, bierna), rozróżnia się

PF wykonane jako asymetryczne, symetryczne, deltaheksagonalne.

W niniejszym artykule skupiono się na aplikacji symetrycznego, dwukadziowego PF.

PF służy do kształtowania przepływu mocy (kierunek i wartość), dlatego zmianie ulegają zarówno wartości prądów i napięć (amplituda i faza) strony źródłowej PF (oznaczone literą „S”, ang. *Source*), jak i strony odbiorczej (oznaczone literą „L”, ang. *Load*). Jednym z elementów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (EAZ) PF jest zabezpieczenie podimpedancyjne, które stanowi zabezpieczenie rezerwowe (wg wymagań dla autotransformatora [1]). Do identyfikacji warunków pracy chronionego PF zabezpieczenie to wykorzystuje kryterium podimpedancyjne, a więc ściśle powiązanie amplitudy składowej podstawowej prądu, napięcia oraz wzajemnego usytuowania na płaszczyźnie zespolonej fazorów tych dwóch wielkości, zgodnie z zależnością:

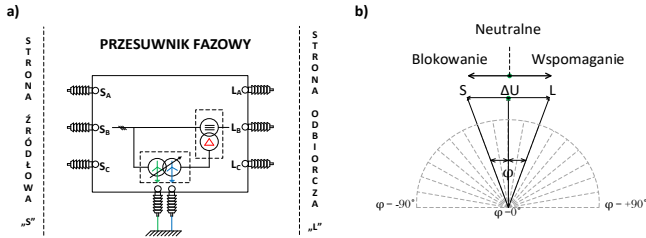
$$Z_p = Z_{AF} = \frac{U_{AF}}{I_{AF}} = Z_{AF} e^{j\varphi_z} \quad (2)$$

gdzie: \underline{U}_{AF} - fazor napięcia określający spadek napięcia na odcinku od miejsca zainstalowania zabezpieczenia (A) do miejsca zwarcia F, spowodowany przepływem prądu zwarciovego \underline{I}_{AF} , φ_z – kąt fazowy pomiędzy \underline{I}_{AF} a \underline{U}_{AF} .

Analizując równanie (1) oraz (2) w zastosowaniu zabezpieczenia podimpedancyjnego dla ochrony PF przed skutkami zwarcia, wydaje się konieczne zbadanie warunków działania tego zabezpieczenia ukierunkowane na weryfikację poprawności wyznaczania impedancji pętli zwarcia (impedancja „widziana” przez zabezpieczenia stanowi podstawę identyfikacji warunków pracy PF).

Najważniejsze informacje przydatne z punktu widzenia celowości niniejszego artykułu to charakterystyczne stany pracy PF. Odpowiadają im skrajne wartości kąta przesunięcia fazowego pomiędzy stroną „S” a „L” PF oraz zerowa wartość tego kąta (rys.1b). Wymienione trzy pozycje odpowiadają skrajnym pozycjom podobciążeniowego przełącznika zaczeppów (PPZ) oraz położenia przełącznika kierunku przepływu mocy ARS (ang. *Advanced – Retard Switch*):

- **32A** (ang. *Advanced*): położenie ARS odpowiadające regulacji kąta fazowego w zakresie dodatnim od 0° do $+\alpha$, zależnie od pozycji PPZ - „Wpomaganie”
- **0** : położenie ARS, w którym nie dokonuje się regulacji kąta fazowego - „Neutralne” ,
- **32R** (ang. *Retard*): położenie ARS odpowiadające regulacji kąta fazowego w zakresie ujemnym od 0° do $-\alpha^\circ$, zależnie od pozycji PPZ - „Blokowanie”.



Rys. 6 a) Poglądowy schemat przesuwnika fazowego,
b) korelacja fazowa pomiędzy stroną „S” a „L” PF.

1.2 Parametryzacja zabezpieczenia podimpedancyjnego dla PF

Obecnie w wymaganiach operatora polskiego systemu przesyłowego brak jest informacji dotyczących predefiniowanej struktury EAZ dla PF. Zwykle dla PF stosuje się analogiczne zestawienie układu EAZ jak dla autotransformatora [1]. W tym przypadku jako zabezpieczenia rezerwowe dla jednostek o napięciu znamionowym ≥ 220 kV oraz mocy znamionowej > 80 MV·A stosuje się dwukierunkowe zabezpieczenia odległościowe (podimpedancyjne), zainstalowane po obu stronach jednostki transformatorowej [2]. W wymaganiach operatora polskiego systemu przesyłowego brak również wymagań dotyczących wyznaczania zasięgów stref pomiarowych zabezpieczeń podimpedancyjnych PF. Również i w tym przypadku zwykle wykorzystuje się wytyczne dla jednostek transformatorowych [2]. Zależności określające zasięgi stref pomiarowych zabezpieczenia podimpedancyjnego zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zasięgi stref pomiarowych zabezpieczenia podimpedancyjnego PF

Strefa	Zwarcia międzyfazowe [Ω/f]		Zwarcia doziemne [Ω/f]	
	R	jX	R _E	jX
Pierwsza Z _I	$3 \cdot X_I$	$0,70 \cdot X_{PF}$	$4,5 \cdot X_I$	$0,70 \cdot X_{PF}$
Druga Z _{II}	$3 \cdot X_{II}$	$1,25 \cdot X_{PF}$	$4,5 \cdot X_{II}$	$1,25 \cdot X_{PF}$
Wsteczna Z _{wst}	$3 \cdot X_{wst}$	$0,85 \cdot X_L$	$4,5 \cdot X_{wst}$	$0,85 \cdot X_L$

gdzie: X_{PF} – reaktancja PF dla zacze pu 0,
 X_L – reaktancja najkrótszej linii przyłączonej do stacji z PF.

Moduł współczynnika kompensacji ziemnozwarciowej określa zależność:

$$|k_0| = \frac{X_{0_PF} - X_{1_PF}}{3 \cdot X_{1_PF}} \quad (3)$$

gdzie: X_{z_PF} – reaktancja PF dla zacze pu 0 dla składowej zgodnej ($z=1$) i składowej zerowej ($z=0$).

Badania warunków działania zabezpieczenia podimpedancyjnego PF zrealizowano, wykorzystując jako studium przypadku PF zainstalowane w stacji Mikołowa [3]. Do wyznaczenia zasięgów stref pomiarowych tych

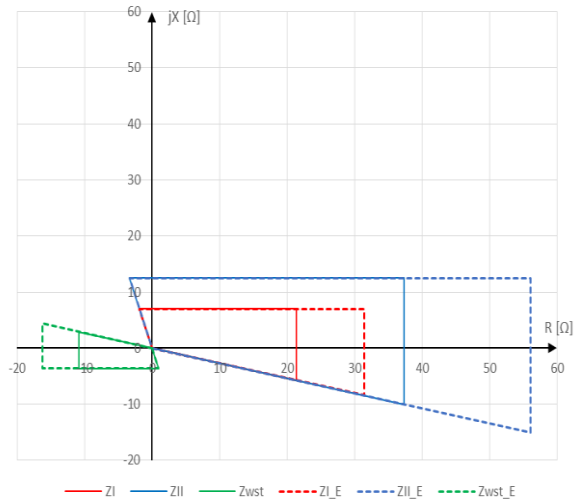
zabezpieczeń przyjęto następujące parametry PF i jego otoczenia sieciowego:

- Moc przechodnia PF $S_n = 1200$ MV A,
- Napięcie znamionowe $U_n = 410$ kV,
- Kąt regulacji $\alpha = \pm 20^\circ$,
- Impedancja zgodna (dla zacze pu PPZ=0) $|Z_1| = 9,76 \Omega$,
- Impedancja zerowa (dla zacze pu PPZ=0) $|Z_0| = 13,26 \Omega$,
- Obszar dopuszczalnego obciążenia $R_{obc} = 77,16 \Omega$,
- Napięcie systemu $U_S = 400$ kV,
- Poziom mocy zwarciowej $S_k = 40$ GV·A,
- Punkt gwiazdowy sieci skutecznie uziemiony,
- Współczynnik zwarcia doziemnego $|Z_0/Z_1| = 3$,
- Impedancja zgodna linii przesyłowej $|Z_1| = 4,31 \Omega$.

Wyznaczone zasięgi stref pomiarowych zabezpieczenia podimpedancyjnego PF zestawiono w tabeli 2 oraz zilustrowano na rysunku 2. Przyjęto, że w strukturze EAZ PF zastosowano zabezpieczenie o poligonalnych strefach pomiarowych (strefy pomiarowe w kształcie czworoboku).

Tabela 2. Zasięgi stref pomiarowych zabezpieczenia podimpedancyjnego PF

Strefa	Zasięg działania dla zwarc	
	międzyfazowych	doziemnych
Z _I	$21,39 + j6,98 \Omega/f$	$31,40 + j6,98 \Omega/f$
Z _{II}	$37,39 + j12,46 \Omega/f$	$56,09 + j12,46 \Omega/f$
Z _{wst}	$-10,84 + j3,61 \Omega/f$	$-16,28 + j3,61 \Omega/f$
k ₀	-	0,109

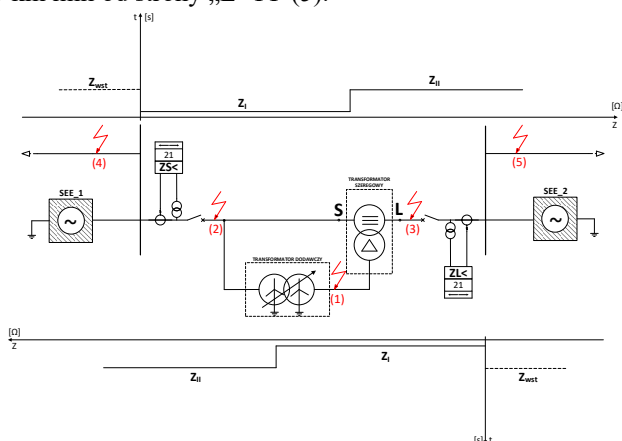


Rys. 2. Wyznaczone strefy pomiarowe zabezpieczenia podimpedancyjnego PF

2. ANALIZA WARUNKÓW DZIAŁANIA ZABEZPIECZENIA PODIMPEDANCYJNEGO SYMETRYCZNEGO PF

Weryfikacja poprawności działania zabezpieczenia podimpedancyjnego PF wymagała przeprowadzenia wielu symulacji zwarc dla różnych lokalizacji zakłócenia oraz rodzaju zwarcia. W celu ułatwienia identyfikacji scenariusza symulacji, wprowadzono oznaczenia kodowe rodzaju zwarcia: zwarcie jednofazowe metaliczne (1-f), zwarcie jednofazowe przez dodatkową rezystancję $R_d = 10 \Omega$ (1-f+R_d), zwarcie dwufazowe (2-f), zwarcie dwufazowe przez dodatkową rezystancję $R_d = 10 \Omega$ (2-f+R_d). Symbolicznie oznaczono również lokalizację zwarcia

(patrz rys.3): zwarcie wewnątrz PF (1), zwarcie na wyprowadzeniach PF od strony „S” (2), zwarcie na wyprowadzeniach PF od strony „L” (3), zwarcie zewnętrzne na 5 km linii od strony „S” PF (4), zwarcie zewnętrzne na 5 km linii od strony „L” PF (5).



Rys. 3. Przyjęte lokalizacje zwarć w układzie sieciowym z PF (dodatkowo naniesiono zasięgi stref pomiarowych zabezpieczenia podimpedancyjnego PF)

Wszystkie scenariusze zwarć zrealizowano dla trzech pozycji pracy PF: maksymalne wysterowanie PF „wspomaganie” dla kąta $\alpha=+20^\circ$ (32A), minimalne wysterowanie PF „neutralne” (0) oraz maksymalne wysterowanie PF „blokowanie” dla kąta $\alpha=-20^\circ$ (32R). Przykład kodowania: 1_32A_1f oznacza zwarcie jednofazowe wewnątrz PF przy kącie regulacji $\alpha=+20^\circ$.

Dla zachowania czytelności wyników symulacji w tabelach 3 i 4 wykorzystano oznaczenia: Z_S – impedancja pętli zwarcia wyznaczona przez zabezpieczenie po stronie „S” (analogicznie Z_L dla zabezpieczenia zainstalowanego po stronie „L” PF), S – strefa, w której symulowano zwarcie, D – strefa, w której nastąpiło zadziałanie zabezpieczenia.

Tabela 3. Wyniki obliczeń dla pozycji 32A ($\alpha=+20^\circ$).

Scenariusz	$Z_S [\Omega]$	S	D	$Z_L [\Omega]$	S	D
1_1f	10,55 $e^{j72,3}$	I	I	39,63 $e^{j295,3}$	I	Brak
1_1f+Rd	34,37 $e^{j4,4}$	I	II	147,1 $e^{j306,1}$	I	Brak
1_2f	17,53 $e^{j24,4}$	I	II	48,26 $e^{j274,5}$	I	Brak
1_2f+Rd	35,39 $e^{j12,2}$	I	II	207,5 $e^{j312,6}$	I	Brak
2_1f	0,08 $e^{j89,5}$	I	I	18,52 $e^{j351,3}$	II	Brak
2_1f+Rd	10,30 $e^{j334,3}$	I	I	30,34 $e^{j88,1}$	II	Brak
2_2f	0,03 $e^{j89,9}$	I	I	17,18 $e^{j333,9}$	II	Brak
2_2f+Rd	11,74 $e^{j355,0}$	I	I	49,97 $e^{j65,3}$	II	Brak
3_1f	10,41 $e^{j32,7}$	II	I	0,02 $e^{j89,9}$	I	I
3_1f+Rd	18,09 $e^{j3,5}$	II	I	27,03 $e^{j26,5}$	I	II
3_2f	12,07 $e^{j48,7}$	II	II	0,02 $e^{j90,0}$	I	I
3_2f+Rd	18,53 $e^{j11,9}$	II	I	28,37 $e^{j16,7}$	I	II
4_1f	12,61 $e^{j38,1}$	II	II	2,28 $e^{j195,1}$	Wst	Wst
4_1f+Rd	19,92 $e^{j8,5}$	II	I	13,73 $e^{j178,9}$	Wst	Wst
4_2f	13,17 $e^{j49,6}$	II	II	1,48 $e^{j189,5}$	Wst	Wst
4_2f+Rd	20,41 $e^{j13,3}$	II	I	15,06 $e^{j176,5}$	Wst	brak
5_1f	2,57 $e^{j183,0}$	Wst	Wst	20,02 $e^{j138,2}$	II	Brak
5_1f+Rd	46,03 $e^{j25,3}$	Wst	Brak	34,23 $e^{j88,53}$	II	Brak
5_2f	1,12 $e^{j248,1}$	Wst	Wst	18,18 $e^{j161,4}$	II	Brak
5_2f+Rd	59,48 $e^{j211,8}$	Wst	Brak	49,09 $e^{j71,6}$	II	Brak

Wyniki przeprowadzonych symulacji dla scenariusza „wysterowania” PF 32A (tab.3) wskazują na bardzo duże rozbieżności między impedancją pętli zwarcia wyznaczoną przez zabezpieczenia podimpedancyjne PF, a oczekiwanymi parametrami impedancji, wynikającymi z lokalizacji symulowanego zwarcia. Dla większości rozpatrywanych

przypadków zwarć koniec wektora impedancji znajdował się poza strefą pomiarową, która obejmowała symulowane miejsce zwarcia. Błędne wyznaczenie impedancji pętli zwarcia, będącej wielkością kryterialną zabezpieczenia, prowadzi do niepoprawnego działania zabezpieczenia. Może to skutkować opóźnionym wyłączeniem PF lub nawet w skrajnych przypadkach – brakiem wymaganego zadziałania zabezpieczenia, jeśli wektor impedancji znajduje się poza strefami pomiarowymi zabezpieczenia. Podkreśla się również, że dla niektórych scenariuszy zwarć zlokalizowanych w punktach 3 i 4 zabezpieczenie Z_S „widziało” zwarcie jako zakłócenie zlokalizowane bliżej niż rzeczywiste miejsce jego zaistnienia, co prowadziło do nieuzasadnionego bezzwłocznego zadziałania zabezpieczenia i zbyt szybkiego wyłączenia PF.

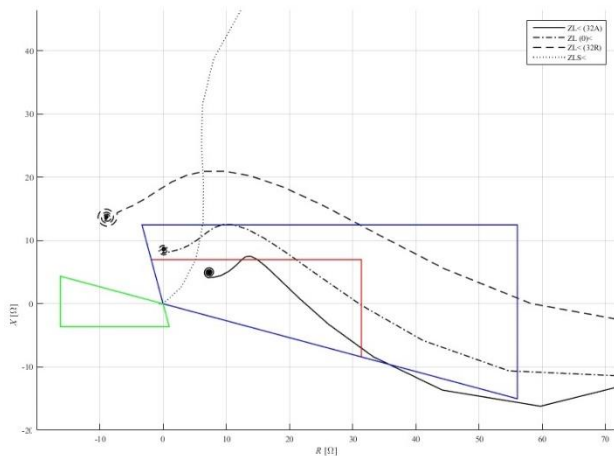
Analogiczne scenariusze symulacji zwarć zrealizowane przy wysterowaniu PF 32R wskazują na identycznie złe spodziewane działanie zabezpieczeń podimpedancyjnych PF.

Tabela 4. Wyniki obliczeń dla pozycji 0.

Scenariusz	$Z_S [\Omega]$	S	D	$Z_L [\Omega]$	S	D
1_1f	26,98 $e^{j152,6}$	I	Brak	14,23 $e^{j105,8}$	I	Brak
1_1f+Rd	53,80 $e^{j33,7}$	I	Brak	120,8 $e^{j30,1}$	I	Brak
1_2f	27,13 $e^{j141,9}$	I	Brak	15,24 $e^{j107,8}$	I	Brak
1_2f+Rd	65,58 $e^{j30,2}$	I	Brak	134,8 $e^{j27,3}$	I	Brak
2_1f	0,05 $e^{j89,8}$	I	I	10,28 $e^{j86,2}$	II	II
2_1f+Rd	10,45 $e^{j352,4}$	I	I	51,08 $e^{j49,1}$	II	Brak
2_2f	0,04 $e^{j88,9}$	I	I	11,34 $e^{j89,5}$	II	II
2_2f+Rd	11,21 $e^{j358,2}$	I	I	64,42 $e^{j41,4}$	II	Brak
3_1f	10,18 $e^{j91,5}$	II	II	0,02 $e^{j90,5}$	I	I
3_1f+Rd	13,47 $e^{j29,1}$	II	I	26,82 $e^{j29,5}$	I	Brak
3_2f	11,41 $e^{j92,5}$	II	II	0,02 $e^{j90,2}$	I	I
3_2f+Rd	16,68 $e^{j31,8}$	II	II	29,37 $e^{j21,0}$	I	II
4_1f	11,70 $e^{j87,9}$	II	II	2,72 $e^{j97,5}$	Wst	Wst
4_1f+Rd	16,12 $e^{j36,2}$	II	II	13,01 $e^{j177,1}$	Wst	Wst
4_2f	11,90 $e^{j88,7}$	II	II	1,36 $e^{j93,4}$	Wst	Wst
4_2f+Rd	17,81 $e^{j34,6}$	II	II	15,02 $e^{j182,1}$	Wst	Brak
5_1f	2,59 $e^{j271,2}$	Wst	Wst	11,83 $e^{j86,8}$	II	II
5_1f+Rd	46,22 $e^{j235,5}$	Wst	Brak	54,66 $e^{j52,4}$	II	Brak
5_2f	1,45 $e^{j258,9}$	Wst	Wst	12,17 $e^{j91,0}$	II	II
5_2f+Rd	59,02 $e^{j211,5}$	Wst	Brak	66,88 $e^{j42,6}$	II	Brak

Wyniki symulacji zestawione w tabeli 4 dla pozycji 0 PPZ wskazują, że jedynie przy niewielkim przesunięciu fazowym wprowadzanym przez PF można się spodziewać prawidłowej reakcji zabezpieczeń podimpedancyjnych PF. Jednak nawet wówczas występuje ryzyko niewłaściwego zadziałania zabezpieczenia – dla niektórych symulacji koniec wektora impedancji pętli zwarcia znajdował się na pograniczu strefy właściwej dla symulowanego zwarcia. Ewentualne niepoprawne działanie zabezpieczenia podimpedancyjnego PF ustawionego na pozycji 0 jest podyktowane rzeczywistą wartością kąta fazowego pomiędzy stroną „S” a „L”, która dla tej pozycji PPZ powinna wynosić 0° , jednak dla obciążonego PF sięga nawet $4 \div 5^\circ$, co może powodować błędną identyfikację warunków pracy PF przez zabezpieczenia podimpedancyjne PF.

Porównanie trajektorii końców wektorów impedancji wyznaczonych przez zabezpieczenie podimpedancyjne Z_L podczas zwarcia doziemnego fazy L1 w punkcie 3 (zwarcie na wyprowadzeniach PF od strony „L”) dla trzech przypadków wysterowania PF przedstawiono na rysunku 4. Zauważalne jest niewłaściwie wyznaczona impedancja dla wysterowania 32A i 32R, ponieważ spodziewane położenia końca wektora impedancji mieści się w II strefie.



Rys. 7 Trajektorie końca wektora impedancji pętli zwarciowej dla różnego wystawienia PF.

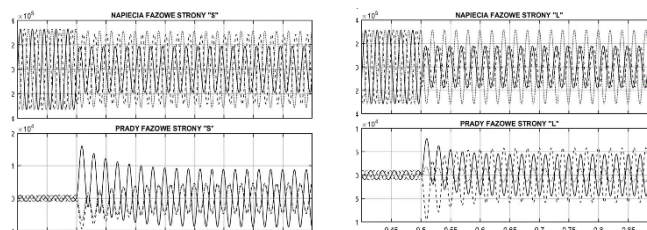
4. WNIOSKI

Klasyczne (tj. dotychczas wykorzystywane) zabezpieczenia podimpedancyjne transformatorów i autotransformatorów nie uwzględniają zjawisk, jakie zachodzą w PF. Zastosowanie dla PF zabezpieczeń podimpedancyjnych przeznaczonych dla jednostek transformatorowych może powodować błędne (brakujące lub zbędne) zadziaływanie tych zabezpieczeń. Jest to podyktowane nieuwzględnieniem zmian parametrów sygnałów wykorzystywanych przez zabezpieczenie podimpedancyjne do identyfikacji warunków pracy PF w zależności od wystawienia PF. Wybrane wielkości, ważne z punktu widzenia poprawności działania zabezpieczenia podimpedancyjnego, które mogą się zmieniać zależnie od wystawienia PF, to:

1. kąt fazowy pomiędzy prądami i napięciami strony „S” i „L” PF,
2. kierunek przepływu mocy przez PF,
3. impedancja zgodna Z_1 , przeciwna Z_2 oraz zerowa Z_0 PF „widziana” od strony „S” i „L”,
4. parametry podłużne i poprzeczne schematu zastępczego PF zależnie od pozycji PPZ.

Zwraca się również uwagę na ryzyko niejednakowej identyfikacji fazy (faz) objętej zwarcie przez zabezpieczenia podimpedancyjne PF zainstalowane po obu stronach PF. PF może tak „przenosić” zwarcie na drugą stronę, że rozkład parametrów prądów fazowych po obu

stronach PF będzie nieidentyczny [4]. Zilustrowano to na rysunku 5.



Rys. 8. Przebiegi chwilowe prądów i napięć fazowych po stronie „S” i „L” PF dla scenariusza 32A_3_2f.

Przedstawione wyniki badań jednoznacznie wskazują na duży problem niewłaściwego działania zabezpieczeń podimpedancyjnych obecnie wykorzystywanych do ochrony PF przed skutkami zwarć wieloprądowych. Złożoność zagadnienia powoduje podjęcie dalszych badań mających na celu poszerzenie wiedzy z zakresu problematyki właściwego działania zabezpieczenia oraz podjęcia próby poszukiwania jego rozwiązania.

Zwraca się również uwagę, że przyłączenie PF może dodatkowo istotnie zmieniać warunki działania zabezpieczeń odległościowych linii otoczenia sieciowego PF oraz komplikować dobór ich nastawień, co przedstawiono w [3].

5. BIBLIOGRAFIA

1. Standardowe Specyfikacje Funkcjonalne PSE-SF.KSE.2.3/2012v1 „Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, pomiary i układy obwodów wtórnych. Konstancin – Jeziorna kwiecień 2014r.
2. Zasady doboru i nastawiania zabezpieczeń elementów systemu elektroenergetycznego wysokiego napięcia, Prace badawcze i rozwojowe. Biblioteka PSE S.A., Warszawa (2010).
3. A. Halinka, P. Rzepka, M. Szabliski: Warunki działania zabezpieczeń odległościowych linii w układach sieciowych z przesuwnikami fazowymi. Studium przypadku. Materiały 13th International Scientific Conference „Forecasting in Electric Power Engineering 2016”, Podlesice, 6-8 kwietnia 2016.
4. A. Halinka, P. Rzepka, M. Szabliski: „Przenoszenie” zwarć niesymetrycznych przez przesuwniki fazowe. Materiały 13th International Scientific Conference „Forecasting in Electric Power Engineering 2016”, Podlesice, 6-8 kwietnia 2016.

ANALYSIS OF PROTECTION OPERATION UNDER IMPEDANCE DOUBLE TANK SYMMETRIC PHASE SHIFTING TRANSFORMER

Relay protection using criterion under impedance is one of the basic security units high voltage transformer (including phase shifters - PST, ang. Phase Shifting Transformer). Protection under impedance identifies the operating status of the protected PST, checking the position of the end vector impedance to be fixed in terms of securing zones measuring security. While short-circuits within the network portion of the end vector impedance should "enter" zones measuring security. Then followed by a safety device and possible exclusion PST. The article contains the results of the simulation tests of operating conditions for security under impedance doubletransformer tank dwukadziowego symmetric phase shifter. The simulations take into account a wide range of impedance changes PST, short circuit, internal and external. The results of simulation studies allow for verification of correct operation of security under impedance PST.

Keywords: Phase Shifting Transformer. Power system protection. Power transformer. Disturbances.