

SPOSOBY NASTAWIANIA IMPEDANCYJNYCH BLOKAD PRZECIWKOŁTYSANIOWYCH STOSOWANYCH W ZABEZPIECZENIACH ODLEGŁOŚCIOWYCH

dr inż. Adam Smolarczyk / Politechnika Warszawska

Artykuł powstał w ramach pracy naukowej finansowanej ze środków na naukę w latach 2008–2010 jako projekt badawczy nr N N511 358234.

1. WSTĘP

Kołtysania mocy są zjawiskiem występującym dość często w systemie elektroenergetycznym (SEE) po likwidacji zwarć. Podczas kołtysań mocy może się okazać, że impedancja ruchowa widziana przez zabezpieczenie odległościowe danej linii zmniejszy się do wartości odpowiadającej jej strefom pomiarowym, przez co może dojść do zbędnego wyłączenia linii. Wyłączenie takie może w sposób istotny osłabić sieć przesyłową, powodując wystąpienie przeciążenia innych linii i w konsekwencji ich wyłączenie.

Chcąc nie dopuścić do zbędnego działania zabezpieczeń odległościowych w trakcie kołtysań mocy, zabezpieczenia te wyposaża się w blokady przeciwkołtysaniowe (funkcje blokad przeciwkołtysaniowych). Blokady przeciwkołtysaniowe wchodzi w skład systemu zabezpieczeń związanych z kołtysaniami mocy w SEE [1, 2].

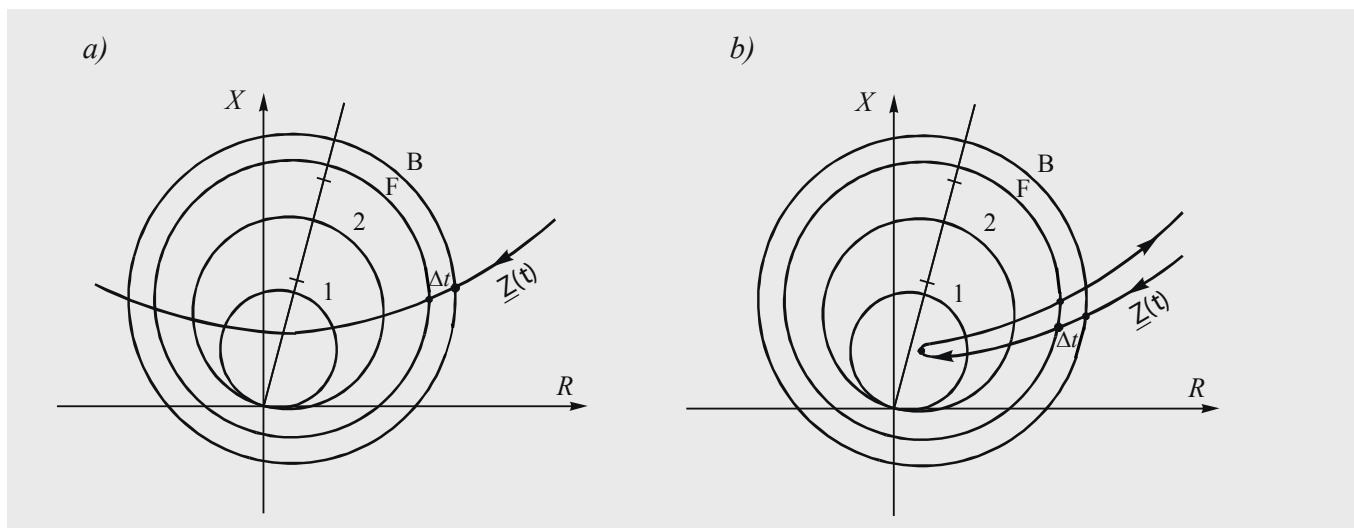
Rodzaje stosowanych blokad przeciwkołtysaniowych oraz metody detekcji kołtysań mocy w nich stosowane opisano w literaturze [1, 3]. W celu przypomnienia, jak wyglądają zmiany impedancji ruchowej podczas kołtysań mocy na płaszczyźnie impedancyjnej w stosunku do stref funkcji odległościowej, wykorzystano opis przedstawiony w artykule [4]. Na rys. 1 przedstawiono przykłady wkroczenia impedancji ruchowej podczas kołtysań asynchronicznych i synchronicznych w obszar stref zabezpieczenia odległościowego. Jak widać, podczas kołtysań asynchronicznych (rys. 1a) impedancja $\underline{Z}(t)$ przechodzi łukiem przez strefy zewnętrzną B i wewnętrzną F blokady oraz strefy 1, 2 zabezpieczenia odległościowego. Podczas kołtysań synchronicznych (rys. 1b) impedancja $\underline{Z}(t)$ dochodzi przez strefy zewnętrzną B i wewnętrzną F blokady oraz strefę 2 zabezpieczenia do wnętrza strefy 1, zawraca i wychodzi z tej samej strony strefy zewnętrznej B blokady.

Blokady przeciwkołtysaniowe typu $\underline{Z}(t)$ różnią zmianę impedancji ruchowej wywołaną kołtysaniem mocy od zmiany impedancji wywołanej zwarciem i w przypadku powstania kołtysań mocy powodują zablokowanie wybranych stref działania zabezpieczenia odległościowego. Rozróżnienie zwarć od kołtysań następuje na podstawie pomiaru szybkości przejścia impedancji ruchowej między strefą zewnętrzną blokady B i jej strefą wewnętrzną F (którą najczęściej jest strefa rozruchowa funkcji odległościowej zabezpieczenia). Gdy czas ten (Δt na rys. 1) jest dłuższy od zadanej wartości, następuje podanie sygnału na zablokowanie wybranych stref zabezpieczenia odległościowego. W trakcie zwarcia szybkość zmiany impedancji jest duża i czas przejścia jest krótszy od nastawionej wartości. Blokowanie stref pomiarowych zabezpieczenia odległościowego nie jest uruchamiane.

Streszczenie

W artykule opisano sposoby nastawiania impedancyjnych blokad przeciwkołtysaniowych typu $\underline{Z}(t)$. Blokady tego typu są powszechnie wykorzystywane do blokowania działania stref zabezpieczeń odległościowych podczas kołtysań mocy. Opisanie zostały sposoby nastawiania

podstawowych parametrów, do których należą: zasięgi rezystancyjne i reaktancyjne, nastawa timera związanego z pobudzeniem blokady i nastawa timera związanego z deblokadą (czas deblokady).



Rys. 1. Przykładowe zmiany impedancji ruchowej na płaszczyźnie impedancyjnej podczas kołysań: a) asynchronicznych, b) synchronicznych

Opisana zasada działania blokady przeciwkołysaniowej, opartej na pomiarze szybkości przejścia wektora impedancji między dwoma charakterystykami, była stosowana w wielu dawniej produkowanych zabezpieczeniach elektromechanicznych oraz elektronicznych (statycznych). Zasada ta jest również stosowana (oczywiście z uwzględnieniem dodatkowych kryteriów) we współczesnych rozwiązaniach zabezpieczeń cyfrowych.

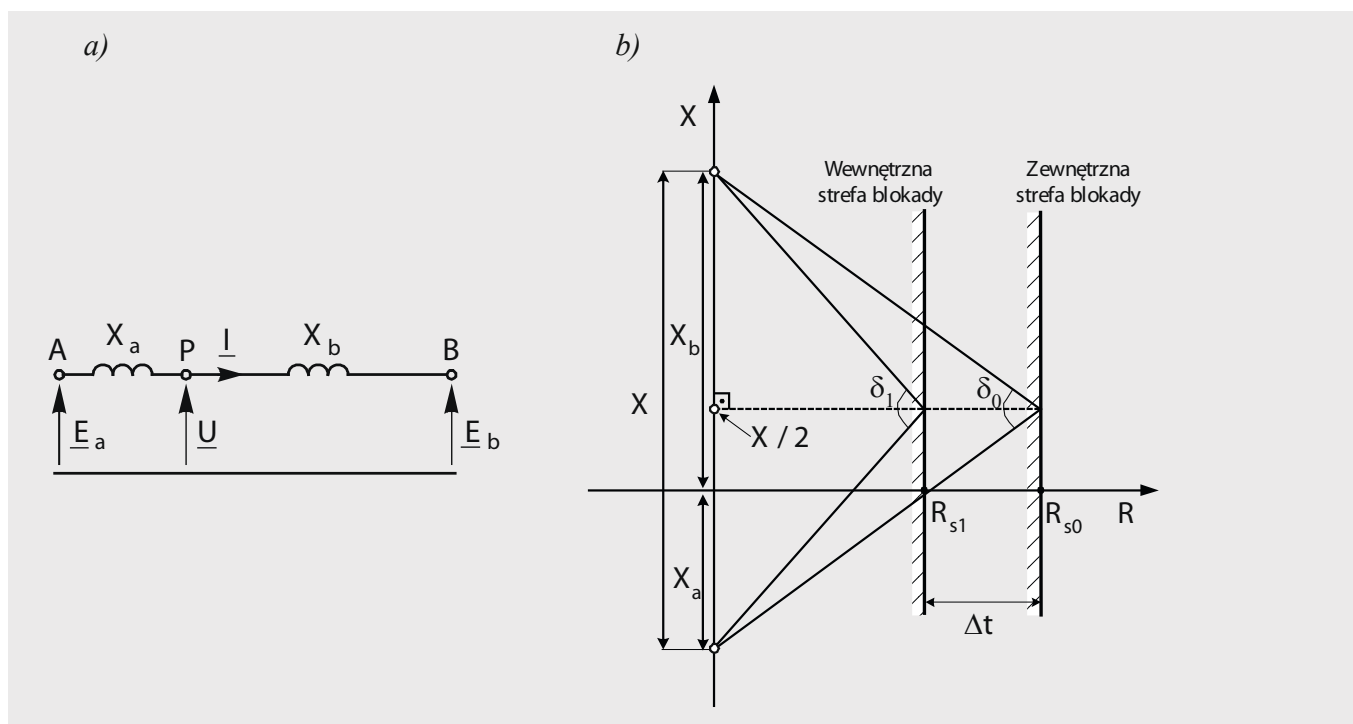
2. NASTAWIANIE ZASIĘGÓW IMPEDANCYJNYCH I ELEMENTÓW CZASOWYCH BLOKAD TYPU $\underline{Z}(t)$

Istotnym problemem związanym z nastawianiem blokad przeciwkołysaniowych typu $\underline{Z}(t)$ jest nastawienie czasu timera, potrzebnego do rozróżnienia między kołysaniami mocy i zwarciami. Nastawa ta nie jest łatwa do obliczenia i w dużym stopniu zależy od systemu, w którym blokada ma być zainstalowana. Dla danego systemu może zaistnieć potrzeba wykonania obszernych badań stabilności w celu określenia najszybszych kołysań mocy potrzebnych do właściwego określenia nastaw blokady. Wartość poślizgu między dwoma systemami jest funkcją momentu przyspieszającego i inercji systemu. Algorytm działania przekaźnika odległościowego nie może określić wartości poślizgu analitycznie ze względu na skomplikowanie SEE. Jednak dokonując analizy stabilności systemu i analizując zmiany kątów w funkcji czasu, można oszacować średnią wartość poślizgu w danym systemie. Takie podejście może być właściwe dla systemów, których częstotliwości poślizgu nie zmieniają się znacznie, gdy analizowany system przechodzi do pracy asynchronicznej. Jednak w wielu systemach, w których częstotliwość poślizgu zwiększa się znacznie po pierwszym i kolejnych obrotach asynchronicznych, nastawiony stały odstęp impedancyjny między charakterystyką zewnętrzną i wewnętrzną blokady przeciwkołysaniowej (odległość między charakterystykami B i F na rys. 1) oraz nastawiony stały czas przejścia impedancji ruchowej między tymi charakterystykami – mogą okazać się nieodpowiednie do poprawnego blokowania strefy funkcji odległościowej przez blokadę.

W celu dokonania nastaw blokady przeciwkołysaniowej typu $\underline{Z}(t)$ należy:

- Nastawić zasięg rezystancyjny wewnętrznej strefy blokady poza strefami działania zabezpieczenia odległościowego, które będą blokowane podczas kołysań mocy. Nastawić zasięg rezystancyjny zewnętrznej strefy blokady jak najbliżej obszaru maksymalnego obciążenia linii (po uwzględnieniu odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa). Zasięgi rezystancyjne obu stref (zewnętrznej i wewnętrznej) powinny być nastawione z odpowiednim marginesem bezpieczeństwa w stosunku do obszaru maksymalnego obciążenia ruchowego i zasięgu rezystancyjnego strefy funkcji odległościowej o największym zasięgu (strefy, która ma być blokowana). Zwykle 20 proc. margines bezpieczeństwa zapewnia poprawne działanie blokady [6]. W literaturze [7] zaleca się, aby rezystancja obciążenia ruchowego ($R_{obc} = Z_{obc} \times \cos \varphi_{obc}$) była większa o co najmniej 20 proc. od strefy o największym zasięgu rezystancyjnym (R_p), czyli $R_{obc} \geq 1,2R_p$. Aby zapobiec działaniu funkcji odległościowej podczas zmian ruchowych obciążenia linii, zasięg strefy zewnętrznej blokady powinien być większy o 10–20 proc. od zasięgu strefy funkcji odległościowej o największym zasięgu rezystancyjnym.

- W przypadku typowych charakterystyk impedancyjnych blokad typu $\underline{Z}(t)$ zasięgi reaktancyjne „góry” i „dołu” zewnętrznej charakterystyki blokady nie są krytyczne. Zaleca się [6], żeby nastawy te znajdowały się blisko maksymalnych zasięgów nastaw, jakie przewidziano w danym przekaźniku, lub też były 2 ÷ 3 razy większe od zasięgów reaktancyjnych, najdalej nastawionej strefy funkcji odległościowej. Korzystne jest – według [6] – nastawianie „góry” i „dołu” charakterystyki zewnętrznej blokady na takie same wartości. Ponadto nastawy rezystancyjne i reaktancyjne strefy zewnętrznej blokady ustawia się na nie mniej niż 130 proc. (typowo na 135 ÷ 150 proc.) nastaw rezystancyjnych i reaktancyjnych strefy wewnętrznej blokady.
- Zwykle blokuje się od kotłosań mocy strefę 1 zabezpieczenia odległościowego oraz strefę (zwykle 2), która jest wykorzystywana podczas współpracy z łączem z zabezpieczeniem na drugim końcu linii [6]. Strefy 1 nie blokuje się podczas kotłosań mocy – według [7] – gdy ma ona mały zasięg rezystancyjny i po wejściu impedancji w jej obszar (duże kąty mocy w pobliżu 180 deg) na pewno wiadomo, że system utraci stabilność. Blokowanie wyższych (niż strefa 2) stref funkcji odległościowej nie jest wymagane, gdy czas działania danej strefy jest dłuższy od przewidywanego czasu przebywania impedancji ruchowej w obszarze danej strefy podczas kotłosań mocy. Stosowane obecnie sposoby wyboru stref blokowanych dokładnie opisano w literaturze [1, 2, 5].
- Bazując na zasięgach rezystancyjnych strefy wewnętrznej i zewnętrznej blokady, można obliczyć nastawę czasu ΔT przejścia impedancji ruchowej między strefą zewnętrzną i wewnętrzną blokady, po którym jest ona uaktywniana. W tym celu zakłada się, że dane są: reaktancja zgodna po lewej stronie punktu przekaźnikowego X_a i reaktancja zgodna po prawej stronie punktu przekaźnikowego X_b (rys. 2a). Kąty δ_1 i δ_0 są kątami mocy, dla których występuje zasięg rezystancyjny stref wewnętrznej i zewnętrznej blokady, jak to przedstawiono na rys. 2b. Ponadto do obliczeń nastawy czasu ΔT zakłada się maksymalną częstotliwość poślizgu Δf_{\max} , jaka może wystąpić w systemie. Oczywiście najlepszą metodą określania maksymalnej częstotliwości poślizgu w danym fragmencie SEE jest badanie stabilności za pomocą programów symulacyjnych. Jeśli jednak nie jest to możliwe, to zwykle przyjmuje się maksymalną częstotliwość poślizgu w granicach między 4 a 7 Hz [5, 6]. W niektórych źródłach jako maksymalną częstotliwość poślizgu, która może wystąpić podczas kotłosań, przyjmuje się 8 Hz, 10 Hz, a nawet 15 Hz [1]. Stosowne obliczenia w celu obliczenia nastawy ΔT przedstawiono w dalszej części artykułu.



Rys. 2. Sposób wyznaczania czasu Δt przejścia między strefami wewnętrzną i zewnętrzną blokady przeciwkołtysaniowej: a) analizowany układ dwumaszynowy, b) przedstawienie reaktancji zastępczych układu dwumaszynowego i stref blokady przeciwkołtysaniowej na płaszczyźnie impedancyjnej

Do obliczenia czasu Δt przejścia wektora impedancji między strefami wewnętrzną i zewnętrzną blokady (rys. 2b) należy wykorzystać znaną zależność na poślizg $\Delta\omega$:

$$\frac{d\delta_{\text{rad}}}{dt} \cong \frac{\Delta\delta_{\text{rad}}}{\Delta t} = \Delta\omega = 2\pi \times \Delta f \quad (1)$$

przy czym $\Delta\delta_{\text{rad}} = (\delta_1 - \delta_0)$ oznacza różnicę kątów mocy na rys. 2b w [rad], $\Delta\omega$ – oznacza poślizg w [rad/s], Δf – oznacza częstotliwość poślizgu w [Hz], Δt – oznacza czas przejścia wektora impedancji między strefą zewnętrzną i wewnętrzną blokady w [s].

Po prostych przekształceniach i zamianie kątów z radianów na stopnie (oznaczanych w artykule jako „deg”) wzór na czas przejścia Δt wektora impedancji ruchowej między strefą zewnętrzną i wewnętrzną blokady ma następującą postać:

$$\Delta t = \frac{\Delta\delta_{\text{deg}}}{360 \times \Delta f} = \frac{\delta_1 - \delta_0}{360 \times \Delta f} \quad (2)$$

przy czym kąty $\Delta\delta_{\text{deg}}$, δ_1 , δ_0 wyrażone są w [deg], a częstotliwość poślizgu Δf w [Hz].

W celu obliczenia nastawy czasu ΔT blokady przeciwkołtysaniowej dla maksymalnej częstotliwości poślizgu Δf_{max} należy skorzystać ze wzoru:

$$\Delta T = \frac{\delta_1 - \delta_0}{360 \times \Delta f_{\text{max}}} \quad (3)$$

przy czym: czas ΔT – wyrażony jest w [s]; kąty δ_1 , δ_0 – wyrażone są w [deg], Δf_{max} – maksymalna częstotliwości poślizgu wyrażona w [Hz].

Aby czas ΔT był wyrażony w krotnościach okresu częstotliwości znamionowej ($f_n = 50 \text{ Hz}$) należy prawą stronę równania (3) podzielić przez czas trwania jednego okresu (20 ms dla $f_n = 50 \text{ Hz}$) lub pomnożyć przez odwrotność okresu, czyli częstotliwość f_n (w literaturze angielskojęzycznej czas ΔT zwykle podawany jest w krotnościach okresu dla częstotliwości f_n).

Nastawa czasu ΔT blokady przeciwkołtysaniowej powinna być „rozsądna”. Wybrana nastawa powinna pozwolić (być na tyle duża) algorytmowi blokady przeciwkołtysaniowej podjąć poprawną decyzję (o blokowaniu stref funkcji odległościowej podczas kołtysań mocy i nieblokowaniu stref podczas zwarć). W literaturze [6] zaleca się nastawiać czas ΔT blokady przeciwkołtysaniowej w zakresie od 1,5 do 2,5-krotności okresu częstotliwości znamionowej (30–50 ms dla $f_n = 50 \text{ Hz}$), aby zapewnić brak zadziałania blokady w przypadku stanów niezwiązanych z kołtysaniami mocy. W pozycji [7] proponuje się nastawę czasu ΔT wynoszącą od 20 do 40 ms.

Wielu producentów urządzeń zabezpieczeniowych na stałe ustawia odstęp rezystancyjne między wewnętrzną i zewnętrzną strefą blokady, a użytkownik nie ma możliwości zmiany tej nastawy. W takim przypadku, aby obliczyć czas przejścia Δt wektora impedancji między strefami (zewnętrzną i wewnętrzną) dla określonej częstotliwości poślizgu Δf , należy obliczyć kąty δ_1 , δ_0 występujące we wzorze (3). Do tego celu można wykorzystać wzór:

$$R_s(t) = (X_a + X_b) \frac{k_E}{k_E^2 - 2k_E \cos\delta + 1} \sin\delta \quad (4)$$

We wzorze tym $X = (X_a + X_b)$ oznacza zastępczą reaktancję całego układu.

Ze wzoru (4) wynika, że rezystancja R_s , mierzona w punkcie przekaźnikowym P (rys. 2a), nie zależy od lokalizacji punktu przekaźnikowego i stosunku $k_x = X_a / X_b$. Rezystancja mierzona przez przekaźnik zależy od stosunku sił elektromotorycznych $k_E = E_a / E_b$ oraz aktualnej wartości kąta obciążenia δ . Dla przypadku, gdy $k_E = 1$ (moduły napięć źródłowych są sobie równe), wzór (4) upraszcza się do wzoru:

$$R_s(t) = \frac{(X_a + X_b)}{2} \times \text{ctg} \frac{\delta}{2} = \frac{X}{2} \times \text{ctg} \frac{\delta}{2} \quad (5)$$

Po przekształceniu tego wzoru kąt δ można obliczyć ze wzoru:

$$\delta = 2 \times \text{arc ctg} \left(\frac{2R_s(t)}{X} \right) \quad (6)$$

przy czym kąt δ wyrażony jest w [deg].

Zatem po podstawieniach czas Δt przejścia między dwoma strefami (zewnętrzną i wewnętrzną) blokady przeciwkołtysaniowej można obliczyć ze wzoru:

$$\Delta t = \frac{\delta_1 - \delta_0}{360 \times \Delta f} = \frac{2}{360 \times \Delta f} \left(\text{arc ctg} \left(\frac{2R_{s1}}{X} \right) - \text{arc ctg} \left(\frac{2R_{s0}}{X} \right) \right) \quad (7)$$

przy czym: czas Δt – wyrażony jest w [s]; kąty δ_1, δ_0 – wyrażone są w [deg], Δf – częstotliwość poślizgu wyrażona w [Hz]; R_{s1}, R_{s0}, X – wyrażone są w [Ω].

Niektóre blokady przeciwkołtysaniowe typu $Z(t)$ mają na stałe ustawione przez producenta urządzenia odstępy rezystancyjne $\Delta R = (R_{s0} - R_{s1})$ lub też nie mogą być dowolnie ustawione ze względu na silne obciążenia ruchowe linii między strefami wewnętrzną i zewnętrzną blokady oraz nastawiony czas przejścia ΔT między tymi strefami w celu rozróżnienia zwarć od kołtysań mocy. W takim przypadku można obliczyć maksymalną częstotliwość poślizgu Δf_{\max} , która zostanie wykryta przez blokadę dla określonych nastaw i parametrów systemu. Można to zrobić, wykorzystując wzór:

$$\Delta f_{\max} = \frac{2}{360 \times \Delta T} \left(\text{arc ctg} \left(\frac{2R_{s1}}{X} \right) - \text{arc ctg} \left(\frac{2R_{s0}}{X} \right) \right) \quad (8)$$

Jak widać, częstotliwość ta oprócz wymienionych wyżej parametrów zależy od reaktancji zastępczej $X = (X_a + X_b)$ całego układu, w którym zainstalowano blokadę.

Jest bardzo trudno w rozbudowanych SEE obliczyć dokładnie wartości impedancji X_a i X_b (rys. 2a), które są potrzebne do nastawienia zasięgu rezystancyjnego stref wewnętrznej i zewnętrznej blokady oraz nastawienia timera blokady. Reaktancje (a w ogólnym przypadku impedancje) systemu zmieniają się w zależności od konfiguracji sieci, np. w przypadku włączania jednostek wytwórczych, włączania i wyłączania linii w systemie. Impedancje systemu (widziane z punktu przekąźnikowego) mogą się znacznie zmieniać podczas dużych zakłóceń (oraz po ich likwidacji). Należy jednak zauważyć, że nastawianie blokady przeciwkołtysaniowej jest bardzo proste (co pokazano wyżej), jeśli impedancje systemu nie zmieniają się i jeśli jest je łatwo obliczyć. Zwykle jednak należy wykonać rozszerzone badania stabilności systemu w celu przeanalizowania różnych sytuacji, które mogą wystąpić i wyboru odpowiednich impedancji zastępczych systemu potrzebnych do nastawienia tradycyjnych blokad przeciwkołtysaniowych typu $Z(t)$. Badania takie są bardzo kosztowne i nigdy nie jest się w stanie przewidzieć wszystkich sytuacji, które mogą w systemie wystąpić.

3. CZAS DEBLOKADY

Jednym z parametrów nastawianych w blokadach przeciwkołtysaniowych jest czas deblokady. Deblokada polega na samoczynnym bezwarunkowym zdjęciu blokady (bez względu na inne kryteria) po upływie zadanego czasu nazywanego czasem deblokady.

Czas deblokady powinien być na tyle długi, by odblokowywanie zabezpieczenia odległościowego (zdjęcie blokady) nie następowało w trakcie typowych kołtysań synchronicznych i asynchronicznych.

Do nastawiania czasu deblokady pomocna jest znajomość czasu, przez jaki trajektoria impedancji pozostaje wewnątrz stref zabezpieczenia odległościowego w trakcie typowych kołtysań synchronicznych i asynchronicznych. Analizę zagadnień dotyczących czasu przebywania trajektorii impedancji w charakterystyce zabezpieczenia odległościowego podczas kołtysań można znaleźć w opracowaniach [1, 4] i nie będzie ona w tym artykule przytaczana. Wniosek, jaki został sformułowany, jest następujący: czas przebywania trajektorii impedancji $Z(t)$ wewnątrz charakterystyk zabezpieczenia odległościowego dla kołtysań synchronicznych może być sporo dłuższy niż dla kołtysań asynchronicznych.

W literaturze [1, 4] sugeruje się, aby czas deblokady nastawiać nie na krócej niż 2s dla zabezpieczeń linii wewnątrz SEE oraz nie na krócej niż 5s dla zabezpieczeń linii powiązań międzysystemowych, ponieważ zbyt szybkie zdjęcie blokady mogłoby spowodować zbędne zadziałanie zabezpieczenia i zbędne wyłączenie linii wymiany międzysystemowej.

Według zaleceń dostępnych w opisach urządzeń zabezpieczeniowych poszczególnych producentów typowo przyjmuje się (ustawienia fabryczne) czas deblokady równy 2s. Producenci urządzeń zwykle podkreślają, że taki czas był nastawiany w elektromechanicznych i elektronicznych rozwiązaniach blokad przeciwkołtysaniowych oraz starszych rozwiązaniach cyfrowych.

Deblokada ma służyć dwóm następującym celom:

- Odblokować zabezpieczenie, gdyby z jakichś powodów zawiodło odblokowanie przy wychodzeniu trajektorii impedancji z wnętrza charakterystyki zewnętrznej blokady;
- Odblokować zabezpieczenie (jeśli nie zrobiliby tego dodatkowe kryteria w algorytmie blokady), gdyby trajektoria impedancji nie wyszła z wnętrza charakterystyki blokady w zadany czas, na przykład w wyniku powstania w trakcie kołtysań mocy kolejnego zwarcia trójfazowego.

W tym drugim przypadku deblokada daje szansę zadziałania zabezpieczenia odległościowego po upływie zadanego czasu deblokady.

Dużym wyzwaniem stojącym przed algorytmami stosowanymi w blokadach przeciwkołtysaniowych jest wykrywanie wewnętrznych zwarc trójfazowych występujących podczas kołtysań mocy. W celu zwiększenia niezawodności rozpoznania wewnętrznego zwarcia, powstającego w trakcie kołtysań mocy, producenci nowoczesnych urządzeń zabezpieczeniowych wprowadzają dodatkowe kryteria i algorytmy pozwalające odblokować zabezpieczenie odległościowe („zdjąć” blokadę) bez konieczności czekania na upływ czasu deblokady. Są to na przykład algorytmy śledzące ciągłość mierzonych sygnałów. Jeśli skutek zwarcia ciągłość sygnałów jest zaburzona, następuje odblokowanie funkcji odległościowej zabezpieczenia. Ze względów na stosowanie tych nowych algorytmów rozpoznawania zwarcia, rola deblokady w nowoczesnych cyfrowych urządzeniach zabezpieczeniowych jest mniejsza niż w przypadku zabezpieczeń elektromechanicznych lub elektronicznych. Przykładowo, w przekaźniku 7SA511 firmy Siemens istnieje możliwość nastawiania tego czasu, choć fabrycznie jest on nastawiony na nieskończoność. W przekaźniku 7SA513 czas deblokady mogą nastawiać osoby serwisujące przekaźnik, a nie użytkownicy przekaźnika (potrzebne jest dodatkowe hasło serwisowe). W tym przypadku czas deblokady również jest nastawiony fabrycznie na nieskończoność. Natomiast w przekaźniku 7SA522 w ogóle nie ma możliwości nastawienia czasu deblokady, zarówno przez zwykłego użytkownika, jak i serwisanta.

Jeśli w przekaźniku nie ma możliwości nastawienia czasu deblokady, a użytkownik urządzenia nie ufa algorytmom zastosowanym w danym urządzeniu zabezpieczeniowym i chce, aby czas deblokady był odliczany, to rozwiązaniem tego problemu może być zbudowanie odpowiedniej logiki (wiążącej sygnały wewnętrzne przekaźnika między sobą) za pomocą tzw. wewnętrznej logiki programowalnej urządzenia. Taka logika jest dostępna w cyfrowych urządzeniach zabezpieczeniowych, produkowanych przez liczące się firmy.

Inni producenci, mimo stosowania coraz lepszych algorytmów detekcji różnych zakłóceń (w tym zwarc trójfazowych), występujących podczas kołtysań mocy, nadal dopuszczają możliwość nastawiania czasu deblokady [1]. W związku z tym istotne jest, aby wyjaśnić, jak ten czas jest liczony w konkretnym rozwiązaniu urządzenia



zabezpieczeniowego. Wynika to z faktu, że w różnych wersjach oprogramowania wewnętrznego przełączników (ang. *firmware*) producenci mogą zmieniać (i często zmieniają) algorytmy działania różnych funkcji (w tym blokad przeciwkołtysaniowych), a co za tym idzie, czas deblokady może być różnie liczony [8].

Zdaniem autora artykułu odpowiedź, jak dokładnie liczony jest czas deblokady, można najłatwiej uzyskać, wykonując badania odpowiednio skonfigurowanego urządzenia zabezpieczeniowego, za pomocą testerów mikroprocesorowych wyposażonych w stosowne oprogramowanie. Jest to najpewniejszy sposób sprawdzenia, czy dana funkcja zabezpieczeniowa (w tym przypadku funkcja blokady przeciwkołtysaniowej) działa zgodnie z oczekiwaniami. Tym bardziej że schematy blokowe funkcji oraz ich opisy dostępne w podręcznikach użytkownika często są dość lakoniczne bądź trudne do przeanalizowania.

4. PODSUMOWANIE

Blokady impedancyjne typu $Z(t)$ są nadal stosowane do blokowania działania stref zabezpieczeń odległościowych podczas kołtysań mocy. Najważniejszymi parametrami, które są nastawiane w blokadach tego typu, są zasięgi rezystancyjne i reaktancyjne strefy wewnętrznej i strefy zewnętrznej blokady, nastawa czasu przejścia impedancji między tymi strefami (w celu rozróżnienia zwarc od kołtysań mocy) i nastawa czasu deblokady (blokowanie pobudzonej blokady po określonym czasie).

Są różne podejścia do nastawiania blokad przeciwkołtysaniowych (co zapewne wynika z zastosowanych w nich algorytmów). W przypadku urządzeń niektórych producentów (np. przełącznik REL531 firmy ABB) liczba parametrów związanych z nastawianiem blokad przeciwkołtysaniowych jest większa w stosunku do wymienionej wyżej. Ich poprawne nastawienie (jeśli nie przyjmuje się nastawień fabrycznych) wymaga sporego doświadczenia. Inni producenci nastawiają blokady samodzielnie (np. przełącznik 7SA522 firmy Siemens), a użytkownicy nie mają dostępu do nastaw (oczywiście poza nastawami podstawowymi, takimi jak wybór strefy, która ma być blokowana podczas kołtysań mocy).

Duże skomplikowanie cyfrowych urządzeń zabezpieczeniowych powoduje, że najpewniejszym sposobem, aby przekonać się, czy blokada przeciwkołtysaniowa działa zgodnie z oczekiwaniami użytkownika, jest wykonanie badań za pomocą specjalistycznej aparatury, do której można zaliczyć testery mikroprocesorowe, wzmacniacze sygnałów prądowych i napięciowych oraz oprogramowanie do symulacji stanów dynamicznych w SEE.

BIBLIOGRAFIA

1. Machowski J., Smolarczyk A., Brzeczczak L., Opracowanie zasad nastaw blokad przeciwkołtysaniowych zabezpieczeń pod kątem odbudowy systemu, Instytut Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej, praca badawczo-rozwojowa zlecona przez PSE-Operator SA, umowa nr SR/RB/IS/008/05, Warszawa 2005.
2. Machowski J., Selektowność działania zabezpieczeń w trakcie kołtysań mocy w systemie elektroenergetycznym, cz. 3, Zabezpieczenia rozcinające sieć przesyłową i systemy zabezpieczeń związanych z kołtysaniami mocy, *Automatyka Elektroenergetyczna*, nr 2/2007.
3. Smolarczyk A., Blokady przeciwkołtysaniowe stosowane w zabezpieczeniach odległościowych, *Wiadomości Elektrotechniczne*, nr 10/2010.
4. Machowski J., Selektowność działania zabezpieczeń w trakcie kołtysań mocy w systemie elektroenergetycznym, cz. 2, Zabezpieczenia odległościowe i ich blokady przeciwkołtysaniowe, *Automatyka Elektroenergetyczna*, nr 1/2007.
5. IEEE PES: Power swing and out-of-step considerations on transmission lines. A report to the Power System Relaying Committee of IEEE Power Engineering Society, Raport zamieszczony na: <http://www133.pair.com/psrc/> (2005, Published Reports/Line protections).
6. Mooney J., Fischer N., Applications guidelines for power swing detection on transmission systems, SEL 2005, 20050920, TP6228-1.
7. Ziegler G., Numerical Distance Protection. Principles and Applications, Siemens, Erlangen 2006.
8. Smolarczyk A., Nastawianie impedancyjnych blokad przeciwkołtysaniowych typu $Z(t)$, *Automatyka Elektroenergetyczna*, nr 3/2010.