



POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI

00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
NIP: 525-000-58-34
<http://www.ee.pw.edu.pl/ien>

Tel. 22/ 234-72-55 fax: 234-50-84
Konto bankowe: PEKAO S.A. IV O/Warszawa
81124010531111000005005664



Skrócony opis wyników badań zabezpieczenia
UTX3/4vZRP
funkcja odległościowa (21)

Wykonawca:

Instytucja: Politechnika Warszawska

Komórka organizacyjna: Instytut
Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej,
Zakład Aparatów i Automatyki
Elektroenergetycznej

Kierownik pracy: dr inż. Ryszard Kowalik

Dyrektor Instytutu Elektroenergetyki

.....
Marcin Januszewski

.....
Krzysztof Tomaszek

DYREKTOR INSTYTUTU

Sylwester Robak
Dr hab. inż. Sylwester Robak, prof. PW

.....
Paweł Zalewski

.....
Adam Smolarczyk

Numer umowy z firmą Computers&Control Sp. z o.o. :
Nr C&C/507/16 z dnia 30.08.2016 r.

Warszawa, 2016

1. Opis wykonanych prac

Niniejszy skrócony raport przedstawia wyniki badań zabezpieczenia UTX3/4vZPR.

Zgodnie z ustaleniami podczas testów ograniczono się do badań funkcji związanych z działaniem przekaźnika odległościowego (21).

W ramach badań wykonane zostały następujące testy z wykorzystaniem testera CMC256+ oraz funkcji oprogramowania Test Universe:

- Sprawdzenie dokładności określania zasięgów stref dla funkcji (21) oraz (21N),
- Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref,
- Sprawdzenie możliwości nastawiania dowolnego kierunku działania stref,
- Sprawdzenie poprawności określania kierunku działania funkcji (21) oraz (21N) dla zwarć bliskich (pamięć napięciowa),
- Sprawdzenie poprawności działania funkcji załączenia na zwarcie,
- Sprawdzenie poprawności działania funkcji informującej o awarii pomiaru napięcia zmiennego,
- Sprawdzenie poprawności działania automatyki SPZ (79),
- Sprawdzenie koordynacji działania zabezpieczeń odległościowych (85),
- Sprawdzenie funkcji kontroli synchronizmu (25),

Dodatkowo w ramach badań wykonane zostały następujące testy z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych:

- Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref przy wymuszeniach zbliżonych do rzeczywistych,
- Sprawdzenie poprawności działania blokady od kołysań sieciowych (68),

2. Wyposażenie, konfiguracja i funkcje zabezpieczeniowe badanego urządzenia

W laboratorium Instytutu Elektroenergetyki PW przeprowadzono badania funkcji odległościowej (21) przekaźnika serii UTX. Badane przekaźniki posiadały konfigurację:

- Typ urządzenia: Zabezpieczenie odległościowe,
- Wersja urządzenia: UTX-4,
- Wersja programu: 3.3.002,
- Data produkcji: 22.01.2016,
- Wersja IEC 61850: 1.0.15 ZRP,
- Numer seryjny urządzenie 1: 30198,
- Numer seryjny urządzenie 2: 30200¹.

Podczas testów wersji urządzenia z oprogramowaniem 3.3.002 zauważono pewne nieprawidłowości, które zostały usunięte w nowym oprogramowaniu w wersji 3.4.005. Nowa wersja oprogramowania została wgrana do zabezpieczenia, co pozwoliło na ponowne sprawdzenie wybranych funkcji.

Po zmianach badany przekaźnik posiadał konfigurację:

- Wersja wykonania: UTX-4

¹ Do wykonania testów koordynacji działania funkcji odległościowej konieczne są dwa przekaźniki wymieniające dane łączem telekomunikacyjnym. Dlatego pojawiły się w opisie dwa numery seryjne badanych urządzeń.

- Wersja programu: 3.4.005
- Wersja IEC61850: 1.0.19 ZRP

Wykorzystując powyższy firmware sprawdzono ponownie takie funkcje jak:

- Poprawność komunikacji oprogramowania z urządzeniami (wysyłanie nastaw i konfiguracji).
- Tryb 4 i 5 koordynacji zabezpieczeń odległościowych.
- Pobudzenie SPZ sygnałami zewnętrznymi.
- Parametr *maksymalny czas pomiędzy kolejnymi krokami SPZ*, czyli czas resetu SPZ.

3. Wnioski z wykonanych testów

Testowany przekaźnik UTX3/4vZRP charakteryzuje się dokładnymi pomiarami wielkości prądów i napięcia. Sposób nastawiania przekaźnika jest stosunkowo prosty a uzyskiwane dokładności określania zasięgów stref czy to dla zwarć doziemnych czy międzyfazowych mieszczą się w przedziale błędów do 5%. Uzyskiwane czasy własne działania są identyczne dla każdej strefy i mieszczą się w przedziale do 35 ms. Sporadycznie dla trudnych warunków działania (np. SIR =4 oraz odległe miejsce zwarcia) pojawiały się działania powyżej 35 ms.

Dodatkowe funkcje takie jak SOTF, czy kontrola poprawności działania obwodów pomiaru napięcia działają poprawnie.

Funkcja pamięci napięciowej zaimplementowana w przekaźniku działa poprawnie. Pozwala w przypadku zwarć bliskich na poprawne określenie kierunku działania zabezpieczenia odległościowego.

Układ kontroli synchronizmu działał poprawnie.

Funkcja koordynacji działania funkcji odległościowej działa poprawnie. Jedną z zalet urządzenia jest możliwość przesyłania sygnałów koordynacyjnych poprzez dedykowane, redundantne łącza światłowodowe.

Funkcja blokady kotłysaniowej właściwie blokuje funkcję odległościową przy wolniejszym przejściu impedancji ruchowej przez obie strefy blokady niż wartość nastawiona, podobnie odliczany czas deblokady funkcji blokady kotłysaniowej jest zgodny z nastawą.

Do zalet przekaźnika UTX należy zaliczyć:

- duża dokładność pomiaru wielkości elektrycznych,
- stabilność i szybkość działania funkcji odległościowej,
- dobra dokładność określania zasięgów stref,
- prostota nastawiania głównych funkcji zabezpieczenia,
- szybkość wgrzywania nastawień oraz odczytu rejestracji,
- prosty i łatwy z wieloma ciekawymi funkcjami analizator zakłóceń zawarty w oprogramowaniu SAZ 2000,
- szybki czas restartu urządzenia i powrotu do stanu normalnej pracy.

Podczas testów zauważono pewne nieprawidłowości dotyczące następujących funkcji:

- Poprawność komunikacji oprogramowania z urządzeniami (wysyłanie nastaw i konfiguracji).
- Tryb 4 i 5 koordynacji zabezpieczeń odległościowych.
- Pobudzenie SPZ sygnałami zewnętrznymi.
- Parametr *maksymalny czas pomiędzy kolejnymi krokami SPZ*, czyli czas resetu SPZ.

Błędy w działaniu wspomnianych funkcji zostały usunięte w nowym oprogramowaniu:

- (tutaj nazwa programu wraz z wersją i dniem opracowania)
oraz w nowej wersji firmware:
- wersja wykonania: UTX4,
- wersja programu: 3.4.005,
- wersja IEC61850: 1.0.19 ZRP.
- Poprawność działania wspomnianych powyżej funkcji potwierdzono ponownie sprawdzając ich działanie w laboratorium.

Po zmianach i ponownych testach wybranych funkcji potwierdzono poprawne działanie wymienionych funkcji. Niemniej, zaleca się rozwinięcie w dokumentacji przełącznika opisu obsługi łącza oraz sposobów konfiguracji poszczególnych trybów koordynacji.

4. Rekomendacje

Funkcja odległościowa (21) zaimplementowana w przełączniku serii UTX3/4vZRP w zakresie badań przeprowadzonych w Instytucie Elektroenergetyki PW charakteryzuje się poprawnymi cechami pomiarowymi oraz odpowiednim czasem działania pozwalającym na właściwą ochronę wybranych elementów systemu elektroenergetycznego.

Badana funkcja odległościowa oraz funkcje dodatkowe wymienione w rozdziale 1 niniejszego opisu działały poprawnie.

W następnej części niniejszego dokumentu pokazano w skróconej formie wyniki sprawdzenia dokładności zasięgów stref funkcji odległościowej.

5. Dodatkowe sprawdzenie dokładności zasięgów stref

W ramach odpowiedzi na uwagi firmy **Computers&Control Sp. z o.o.** do wyników i pokazanych w zasadniczym raporcie testów przeprowadzono dodatkowe testy sprawdzające dokładności określania zasięgów stref. Uzyskane wyniki w powtórnych testach zostały pokazane odpowiednio w tab. 4.5 oraz w tab. 4.12. Numery tabel podane w niniejszym dokumencie odpowiadają tabelom w głównym raporcie z badań.

Ponowne testy zgodnie z sugestiami przedstawicieli firmy **Computers&Control Sp. z o.o.** potwierdziły bardzo dobre dokładności określania granic stref uzyskiwane przez funkcję odległościową zabezpieczenia UTX3/4vZRP.

Należy podkreślić, że wyniki uzyskiwane podczas pierwszych testów wskazujące na gorsze dokładności wynikały ze specyfiki działania oprogramowania modułu *Advance Distance* testera CMC, które po znalezieniu jednego odbiegającego od założeń zadziałania (np. czas działania odbiegający od założeń o kilka ms) szuka granicy strefy przy linii określającej maksymalny błąd strefy i dla tego punktu liczone są błędy.

Tab. 4.5. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy IN

Strefa 1N - zwarcie L1-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	40,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	16,95	17,00	0,05	0,29	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	16,95	17,00	0,05	0,29	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
Strefa 1N - zwarcie L2-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	40,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	16,95	17,00	0,05	0,29	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
Strefa 1N - zwarcie L3-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	40,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,68	13,635	-0,045	0,33

10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
-	-	-	-	-	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
Strefa 1N - zwarcie L1-L2									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	-	-	-	-	-
50,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
Strefa 1N - zwarcie L2-L3									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
50,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
Strefa 1N - zwarcie L3-L1									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
0,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
50,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
Strefa 1N - zwarcie L1-L2-L3									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
φ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	φ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33

0,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
10,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	80,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-
50,0	8,477	8,50	0,02	0,27	-	-	-	-	-

Tab. 4.12. Wyniki testów dokładności określania kierunku działania dla strefy 1N

Strefa 1N - zwarcie L1-E									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8053	-0,7927	0,0126	1,59	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-6,304	-6,342	-0,038	0,59
Strefa 1N - zwarcie L2-E									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8053	-0,7927	0,0126	1,59	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
0,8 Xn	-5,086	-5,073	0,013	0,25	0,8 Rn	-6,304	-6,342	-0,038	0,59
Strefa 1N - zwarcie L3-E									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,7802	-0,7927	0,012	1,59	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-6,304	-6,342	-0,038	0,59
Strefa 1N - zwarcie L1-L2									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8053	-0,7927	0,0126	1,59	0,2 Rn	-0,7802	-0,7927	-0,0125	1,59
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
Strefa 1N - zwarcie L2-L3									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8053	-0,7927	0,0126	1,59	0,2 Rn	-0,7802	-0,7927	-0,0125	1,59
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79

0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
Strefa 1N - zwarcie L3-L1									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8053	-0,7927	0,0126	1,59	0,2 Rn	-0,8053	-0,7927	-0,0126	1,59
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40
Strefa 1N - zwarcie L1-L2-L3									
2 ćwiartka					4 ćwiartka				
Pkt. Pom.	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Pkt. Pom.	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
0,2 Xn	-0,8555	-0,7927	0,0628	7,93	0,2 Rn	-0,8053	-0,7927	-0,0126	1,59
0,4 Xn	-2,549	-2,537	0,012	0,50	0,4 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,79
0,8 Xn	-5,111	-5,073	0,038	0,74	0,8 Rn	-3,158	-3,171	-0,013	0,40