

Dotyczy: Urządzeń SCO zainstalowanych w KSE

W wyniku wygrania przetargu, ogłoszonego przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne w ramach pracy „Ocena gotowości układów SCO zainstalowanych w KSE do realizacji skutecznej obrony przed awariami”, Instytut Energetyki realizuje pracę polegającą na przebadaniu prawie wszystkich typów zabezpieczeń zainstalowanych w krajowej sieci SN i realizujących automatykę SCO. Potwierdzamy to pismem zał. 1. Celem pracy jest ocena w jakim stopniu zabezpieczenia te spełniają wymagania aktualnych Instrukcji Ruchu i Eksploatacji oraz wstępna ocena możliwości lepszego konfigurowania tych zabezpieczeń i dostosowania wymagań instrukcji i do potrzeb systemu. Oczekuje się, że wyjaśnione zostaną przyczyny zdarzających się błędnych działań automatyki SCO.

W związku z powyższym zwracamy się do Waszej firmy o wypożyczenie do badań urządzenia SCO typu: UTXVL - Uniwersalny Sterownik Pola

Badania wykonywane będą według jednego, zatwierdzonego dla wszystkich urządzeń SCO programu badań, zał. 2. W czasie badań nasza uwaga skupiała się będzie głównie na poprawnym symulowaniu zakłóceń, korzystną okolicznością był by Wasz nadzór nad poprawnym skonfigurowaniem badanego urządzenia, co dodatkowo uwiarygodni wyniki badań. Przewidywany czas badania jednego urządzenia około 2 dni. Zapraszamy zatem do udziału w badaniach, terminy można uzgadniać :

Kontakt: lab.eaz@ien.com.pl

Emil Tomczak +48 606 136 454

**INSTYTUT ENERGETYKI
Pion Elektryczny
Laboratorium Automatyki i Zabezpieczeń**

Nr ewidencyjny
EAZ/1593/2016

**Sprawozdanie z badań automatyki SCO
Zabezpieczenia UTXvL, μ UTXvL
produkcji Computers & Control**

Symbol pracy: EAZ/16/KB/15

Warszawa, 2016 r.

Autorzy: mgr inż. Sławomir Skrodzki
mgr inż. Grzegorz Kubiak

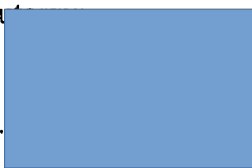
Tytuł: Sprawozdanie z badań automatyki SCO zabezpieczenia UTXvL, μ UTXvL produkcji
Computers & Control.

Instytut Energetyki, Pion Elektryczny, Laboratorium Automatyki i Zabezpieczeń
Warszawa, 2016 r., str. 21

STRESZCZENIE

Praca zawiera opis i wyniki badań laboratoryjnych automatyki SCO zabezpieczenia UTXvL, μ UTXvL produkcji Computers & Control, przeprowadzonych zgodnie z „Programem badań układów SCO”. Praca realizowana w ramach zlecenia „Ocena gotowości układów SCO zainstalowanych w KSE do realizacji skutecznej obrony przed awariami” zamówionego przez PSE – Operator S.A.

Au



Kierownik
Laboratorium Automatyki i Zabezpieczeń

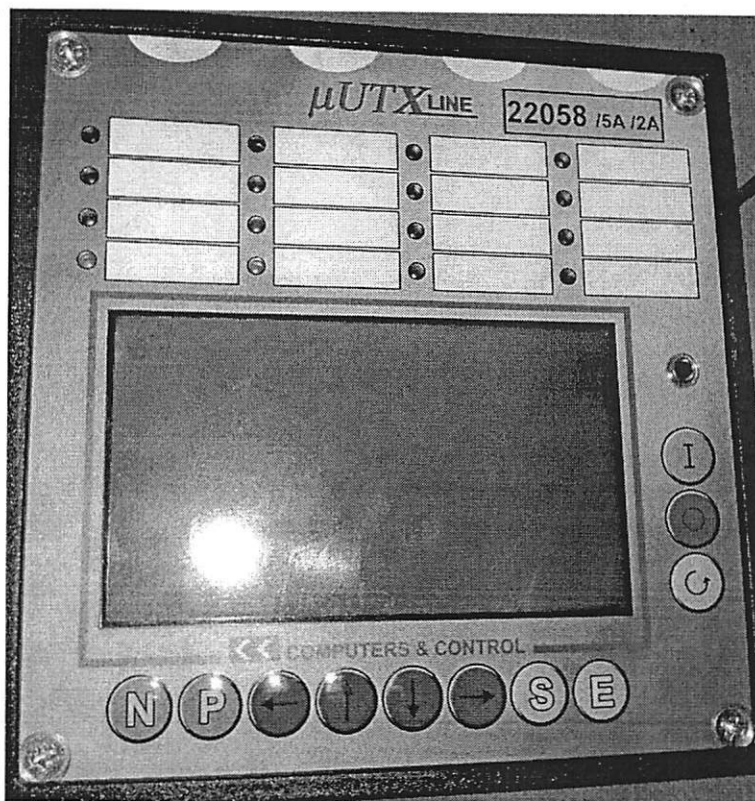
A blue rectangular redaction box covering the signature of the supervisor.

mgr inż. Emil Tomczak

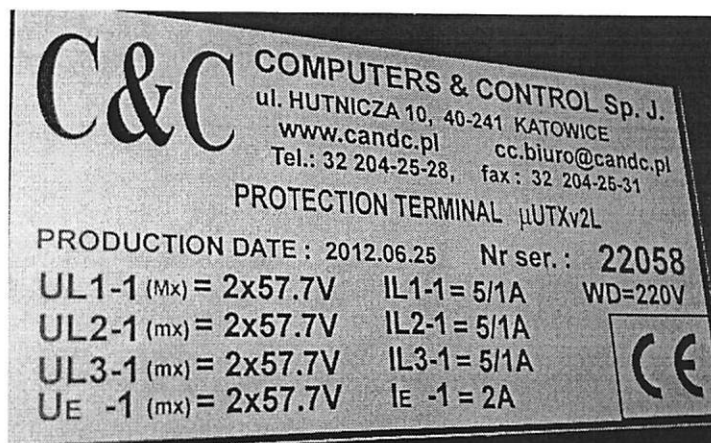


1. Przedmiot badań

Badania dotyczą zabezpieczenia UTXvL, μ UTXvL produkcji Computers & Control.
Do badań przedstawiono urządzenie μ UTXv2L o nr 22058 oraz program obsługi.
Fotografie zabezpieczenia pokazano na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1.



Rys. 2.

2. Cel i zakres badań

Celem badań jest zweryfikowanie deklarowanych przez producenta danych katalogowych oraz sprawdzenie zachowania się układu SCO podczas symulowanych zjawisk sieciowych opowiadających rzeczywistym przebiegom w czasie zakłóceń.

Zakres sprawdzenia obejmuje badania według „Programu badań układów SCO” stanowiącego efekt I etapu pracy „Ocena gotowości układów SCO zainstalowanych w KSE do realizacji skutecznej obrony przed awariami” realizowanej zgodnie z Umową Nr 4/TK/2015.

3. Charakterystyka ogólna zabezpieczenia UTXvL, μ UTXvL

Zabezpieczenia typu UTXvL, μ UTXvL przeznaczone są do ochrony pól pracujących w sieci z punktem neutralnym w dowolnej konfiguracji. Zabezpieczenie jest urządzeniem o bardzo rozbudowanych funkcjach zabezpieczeniowych i telesterowaniach. Zapewnia to szybkie, niezawodne oraz wybiórcze wyłączenie wszystkich rodzajów zwarć międzyfazowych i doziemnych. Jedną z funkcji jest automatyka SCO i SPZ po SCO.

W zabezpieczeniach UTX automatyka SCO może być realizowana w sposób scentralizowany (człony pomiarowe w polu pomiarowym, a w polach odplywowych człony wykonawcze) lub w sposób rozproszony (człony pomiarowe i wykonawcze w każdym polu odplywowym).

Podstawowe dane techniczne zabezpieczenia w zakresie automatyki SCO przedstawiają się następująco:

Wejścia napięciowe pomiarowe:

- napięcie znamionowe U_n 100/ $\sqrt{3}$ V
- zakres pomiarowy $2 U_n$
- pobór mocy przy U_n <0,04 VA/fazę

Częstotliwość znamionowa 50 Hz

Automatyka SCO

Człony częstotliwościowe

- ilość stopni $<f$ lub $<f + df/dt$ lub $<f + \Delta f/\Delta t$ 4
- zakres nastawczy częstotliwości (45,0 ÷ 52,0) Hz co 0,01 Hz
- zakres nastawczy df/dt (tryb $<f + df/dt$) (0,1 ÷ 10,0) Hz/s co 0,01 Hz/s
- zakres nastawczy Δf (tryb $<f + \Delta f/\Delta t$) (0,1 ÷ 10,0) Hz co 0,01 Hz
- zakres nastawczy Δt (tryb $<f + \Delta f/\Delta t$) (0,02 ÷ 2,0) s co 0,01 s
- zakres nastawczy czasu zadziałania (0 ÷ 32) s co 0,01 s
- blokada napięciowa (nienastawialna) $0,5 U_n$
- blokada od df/dt (nienastawialna) ok. 20 Hz/s
- czas własny zadziałania < 90 ms

4. Program badań

1. Badanie czasu własnego działania członów częstotliwościowych przy liniowym zanikaniu częstotliwości,
2. Badanie wpływu odkształceń harmoniczných napięcia pomiarowego na działanie SCO,
3. Wpływ skokowej zmiany napięcia pomiarowego na działanie SCO,
4. Badanie wpływu oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy na działanie SCO,
5. Badanie odporności na zwarcia doziemne w sieci SN,
6. Badanie działania blokady napięciowej układu SCO
7. Badanie członu pochodnej częstotliwości df/dt przy symulowaniu oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy (jeśli jest na wyposażeniu),
8. Badanie członu przyrostu różnicowego częstotliwości $\Delta f/\Delta t$ przy symulowaniu oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy (jeśli jest na wyposażeniu),
9. Badanie stabilności układu SCO przy zasilaniu symulowanymi przebiegami odpowiadającymi rzeczywistym przebiegom zarejestrowanym podczas zbędnych działaniach SCO,
 - 9.1. Stopniowy zanik napięcia na szynach SN podczas cyklu SPZ, powodowany wybiegiem silników asynchronicznych,
 - 9.2. Stan przejściowy związany z ładowaniem pojemności fazy po zaniku doziemienia w sieci kompensowanej SN,
 - 9.3. Zwarcia doziemne przerywane w sieci SN uziemionej przez rezystor.

5. Normowane warunki odniesienia i tolerancje pomiarowe wielkości i czynników wpływających podczas badań

Wielkość lub czynnik wpływający	Warunki odniesienia	Tolerancja
Temperatura otoczenia	20 °C	±2 °C
Ciśnienie atmosferyczne	86.....106 kPa	-
Wilgotność względna	25.....75 %	-
Położenie	dowolne	-
Napięcie wejściowe	100 V	±0,5 %
Częstotliwość	50 Hz	±0,5 %

Pozostałe wymagania wg normy PN-EN 60255-1: 2010

6. Wyniki badań

6.1. Badanie czasu własnego działania członów częstotliwościowych przy liniowym zanikaniu częstotliwości

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym (bez harmoniczných) o stałej amplitudzie i o liniowo opadającej częstotliwości. Badania przeprowadzono przy minimalnym nastawieniu opóźnienia członu czasowego $t = 0,01s$.

a) sprawdzenie rzeczywistego progu zadziałania członu częstotliwościowego

Sprawdzenie wykonano dla napięcia $U = U_n$ i szybkości zmiany częstotliwości $df/dt = -0,01 \text{ Hz/s}$.

Nastawienie Hz	Zmierzona wartość zadziałania (nr pomiaru) w [Hz]					Wartość średnia Hz	Uchyb Hz
	1	2	3	4	5		
49,0	48,999	49,000	49,000	49,000	49,000	49,000	0,000
48,5	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	0,000
48,0	48,000	48,000	48,000	48,000	47,999	48,000	0,000

Uchyb = Wartość średnia - Nastawienie

Dokładność nastawienia jest zgodna z danymi producenta.
Wynik sprawdzenia – pozytywny.

b) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = U_n$

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością zgodną z tablicą mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 49,0 \text{ Hz}$		$U = U_n$			
Wymuszenie df/dt Hz/s	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (t_w) ms	t_w średni ms	Częstotli. zadziałania (f_z) Hz	f_z średnia Hz
-0,3	1	77,9	78,1	48,978	48,978
	2	77,2		48,978	
	3	78,9		48,977	
	4	78,0		48,978	
	5	78,7		48,978	
-2,0	1	81,8	82,7	48,834	48,834
	2	82,5		48,835	
	3	79,8		48,841	
	4	85,1		48,830	
	5	84,5		48,831	
-5,0	1	86,3	85,0	48,568	48,575
	2	81,5		48,592	
	3	84,9		48,576	
	4	90,1		48,549	
	5	82,4		48,588	

Nastawienie $f_r = 48,5$ Hz			U = Un		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	81,1	78,6	48,476	48,477
	2	79,9		48,476	
	3	78,6		48,477	
	4	77,4		48,477	
	5	76,2		48,478	
-2,0	1	87,5	83,8	48,325	48,333
	2	84,8		48,331	
	3	84,2		48,332	
	4	81,6		48,337	
	5	80,9		48,338	
-5,0	1	90,1	85,1	48,049	48,074
	2	81,1		48,094	
	3	83,5		48,083	
	4	88,8		48,056	
	5	82,2		48,089	

Nastawienie $f_r = 48,0$ Hz			U = Un		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	79,3	80,8	47,977	47,976
	2	78,0		47,977	
	3	76,8		47,977	
	4	85,5		47,975	
	5	84,2		47,975	
-2,0	1	85,5	84,4	47,829	47,831
	2	84,8		47,831	
	3	82,1		47,836	
	4	81,2		47,838	
	5	88,5		47,823	
-5,0	1	86,9	87,0	47,565	47,565
	2	89,1		47,554	
	3	83,1		47,585	
	4	85,3		47,574	
	5	90,6		47,547	

Czas własny działania zabezpieczenia przy różnych szybkościach opadania częstotliwości jest zgodny z danymi producenta.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

c) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = 1,1 U_n$

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością zgodną z tablicą mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 49,0$ Hz			$U = 1,1 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadziałania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	81,3	78,9	48,976	48,977
	2	80,2		48,976	
	3	78,9		48,977	
	4	77,6		48,977	
	5	76,3		48,977	
-2,0	1	87,6	84,9	48,835	48,833
	2	84,9		48,831	
	3	85,6		48,829	
	4	82,9		48,835	
	5	83,5		48,833	
-5,0	1	82,3	84,3	48,588	48,578
	2	86,1		48,569	
	3	88,0		48,560	
	4	81,8		48,591	
	5	83,5		48,582	

Nastawienie $f_r = 48,5$ Hz			$U = 1,1 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadziałania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
0,3	1	81,2	79,8	48,476	48,476
	2	81,4		48,476	
	3	80,0		48,476	
	4	78,9		48,477	
	5	77,6		48,477	
-2,0	1	83,1	84,0	48,334	48,332
	2	80,5		48,339	
	3	79,9		48,340	
	4	88,5		48,323	
	5	87,9		48,324	
-5,0	1	86,1	84,9	48,069	48,075
	2	89,9		48,050	
	3	81,8		48,091	
	4	85,4		48,073	
	5	81,2		48,094	

Nastawienie $f_r = 48,0$ Hz			$U = 1,1 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli- zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	80,1	79,6	47,976	47,977
	2	78,8		47,977	
	3	77,5		47,977	
	4	76,4		47,978	
	5	85,1		47,975	
-2,0	1	82,2	87,3	47,836	47,826
	2	89,6		47,821	
	3	84,9		47,830	
	4	92,3		47,816	
	5	87,6		47,825	
-5,0	1	83,7	87,2	47,582	47,564
	2	86,9		47,565	
	3	91,2		47,544	
	4	84,4		47,578	
	5	89,8		47,551	

d) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = 0,7 U_n$

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością zgodną z tablicą mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 49,0$ Hz			$U = 0,7 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli- zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	83,7	81,2	48,975	48,976
	2	82,4		48,976	
	3	81,2		48,976	
	4	79,9		48,976	
	5	78,7		48,977	
-2,0	1	88,0	85,1	48,824	48,830
	2	87,4		48,826	
	3	84,7		48,831	
	4	84,1		48,832	
	5	81,4		48,838	
-5,0	1	90,2	85,4	48,549	48,573
	2	82,0		48,590	
	3	85,8		48,571	
	4	87,6		48,562	
	5	81,4		48,593	

Nastawienie $f_r = 48,5 \text{ Hz}$			$U = 0,7 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
0,3	1	76,7	78,1	48,477	48,477
	2	75,3		48,478	
	3	74,1		48,478	
	4	82,8		48,476	
	5	81,5		48,476	
-2,0	1	88,7	86,3	48,323	48,328
	2	88,1		48,324	
	3	85,5		48,329	
	4	86,0		48,328	
	5	83,3		48,334	
-5,0	1	83,0	84,1	48,085	48,080
	2	86,8		48,066	
	3	81,2		48,094	
	4	82,9		48,086	
	5	86,7		48,067	

Nastawienie $f_r = 48,0 \text{ Hz}$			$U = 0,7 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	82,5	79,7	47,976	47,977
	2	81,3		47,976	
	3	79,5		47,977	
	4	78,2		47,977	
	5	76,9		47,977	
-2,0	1	80,4	84,7	47,840	47,831
	2	87,7		47,825	
	3	87,1		47,826	
	4	84,4		47,832	
	5	83,8		47,833	
-5,0	1	90,7	88,4	47,547	47,558
	2	84,5		47,578	
	3	86,2		47,569	
	4	90,1		47,549	
	5	90,6		47,547	

e) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = 0,53 U_n$

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością zgodną z tablicą mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 49,0$ Hz			$U = 0,53 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadziałania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	85,6	83,1	48,975	48,975
	2	84,3		48,975	
	3	83,2		48,975	
	4	81,9		48,976	
	5	80,6		48,976	
-2,0	1	87,6	86,0	48,825	48,828
	2	84,8		48,831	
	3	82,0		48,836	
	4	89,3		48,822	
	5	86,5		48,827	
-5,0	1	83,3	83,5	48,584	48,583
	2	78,9		48,606	
	3	86,5		48,568	
	4	84,4		48,578	
	5	84,2		48,579	

Nastawienie $f_r = 48,5$ Hz			$U = 0,53 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadziałania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	74,6	80,4	48,478	48,476
	2	83,3		48,476	
	3	82,7		48,476	
	4	81,4		48,476	
	5	80,2		48,476	
-2,0	1	85,9	84,1	48,328	48,332
	2	83,1		48,334	
	3	82,7		48,335	
	4	79,8		48,341	
	5	89,2		48,322	
-5,0	1	88,3	85,7	48,058	48,071
	2	88,1		48,059	
	3	86,0		48,070	
	4	83,7		48,082	
	5	82,6		48,087	

Nastawienie $f_r = 48,0 \text{ Hz}$			$U = 0,53 U_n$		
Wymuszenie df/dt	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
Hz/s	-	ms	ms	Hz	Hz
-0,3	1	77,5	81,0	47,977	47,976
	2	76,2		47,978	
	3	85,1		47,975	
	4	83,8		47,975	
	5	82,5		47,976	
-2,0	1	82,6	86,3	47,835	47,828
	2	89,9		47,821	
	3	89,2		47,822	
	4	86,5		47,827	
	5	83,2		47,834	
-5,0	1	88,5	86,8	47,558	47,566
	2	88,3		47,559	
	3	83,8		47,581	
	4	86,9		47,565	
	5	86,7		47,566	

Czasy własne zadziałania wahają się w granicach od 78,9 ms do 92,3 ms. Brak widocznego wpływu nastawienia, wartości napięcia pomiarowego i szybkości opadania częstotliwości na czas własny zadziałania. Wartość średnia czasu własnego ($< 90 \text{ ms}$) jest zgodna z danymi technicznymi.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.2. Badanie wpływu odkształceń harmoniczných napięcia pomiarowego na działanie SCO

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o stałej amplitudzie i o liniowo opadającej częstotliwości z szybkością -1 Hz/s . Przy każdej próbie do harmoniczných podstawowej dodawano jedną harmoniczną (5, 7, 11) o zadanym udziale procentowym.

a) sprawdzenie rzeczywistego progu zadziałania członu częstotliwościowego

Sprawdzenie wykonano dla napięcia $U = U_n$ i szybkości zmiany częstotliwości $df/dt = -0,01 \text{ Hz/s}$ przy różnych harmoniczných. Sprawdzenie wykonano przy udziale 20% danej harmoniczných.

Nastawienie Hz	Harmoni- czna	Zmierzona wartość zadziałania (nr pomiaru)					Wartość średnia Hz	Uchyb Hz
		w [Hz]						
		1	2	3	4	5		
49,0	5h	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	-0,001
	7h	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	-0,001
	11h	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	48,999	-0,001
48,5	5h	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	0,000
	7h	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	0,000
	11h	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	48,500	0,000
48,0	5h	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	-0,001
	7h	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	-0,001
	11h	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	47,999	-0,001

Uchyb = Wartość średnia - Nastawienie

Brak wpływu harmoniczných na dokładność nastawienia. Dokładność nastawienia jest zgodna z danymi producenta.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

b) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = U_n$ i domieszce 5 harmonicznej

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością -1Hz/s, mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p.6.1.a) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 49,0$ Hz

Udział 5h %	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw) ms	tw średni ms	Częstotli. zadziałania (fz) Hz	fz średnia Hz
5,0	1	82,1	78,0	48,918	48,922
	2	77,7		48,923	
	3	75,5		48,925	
	4	73,4		48,927	
	5	81,2		48,919	
10,0	1	78,9	77,8	48,922	48,923
	2	76,8		48,924	
	3	76,6		48,924	
	4	74,6		48,926	
	5	82,3		48,918	
20,0	1	77,8	77,0	48,923	48,924
	2	85,5		48,915	
	3	73,5		48,927	
	4	71,1		48,929	
	5	76,9		48,924	

Nastawienie fr = 48,5 Hz

Udział 5h	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
%	-	ms	ms	Hz	Hz
5,0	1	78,1	76,8	48,422	48,424
	2	75,8		48,425	
	3	73,7		48,427	
	4	79,4		48,421	
	5	77,2		48,423	
10,0	1	79,2	79,2	48,421	48,421
	2	79,1		48,421	
	3	84,9		48,416	
	4	72,5		48,428	
	5	80,4		48,420	
20,0	1	74,6	77,6	48,426	48,423
	2	80,3		48,420	
	3	78,0		48,422	
	4	73,7		48,427	
	5	81,3		48,419	

Nastawienie fr = 48,0 Hz

Udział 5h	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
%	-	ms	ms	Hz	Hz
5,0	1	83,2	79,0	47,917	47,922
	2	80,8		47,920	
	3	78,8		47,922	
	4	76,6		47,924	
	5	75,6		47,925	
10,0	1	81,2	79,6	47,917	47,921
	2	78,7		47,922	
	3	76,7		47,924	
	4	76,7		47,924	
	5	84,6		47,916	
20,0	1	82,1	79,9	47,918	47,921
	2	77,8		47,923	
	3	77,8		47,923	
	4	85,8		47,915	
	5	76,2		47,924	

c) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = U_n$ i domieszce 7 harmonicznej

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością -1Hz/s , mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 48,5\text{ Hz}$

Udział 7h	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
%	-	ms	ms	Hz	Hz
5,0	1	77,8	77,5	48,423	48,423
	2	75,6		48,425	
	3	73,4		48,427	
	4	80,3		48,420	
	5	80,2		48,420	
10,0	1	80,2	77,4	48,420	48,423
	2	72,3		48,428	
	3	77,8		48,423	
	4	75,7		48,425	
	5	81,1		48,419	
20,0	1	75,4	80,1	48,425	48,420
	2	81,1		48,419	
	3	81,0		48,419	
	4	76,5		48,424	
	5	86,7		48,414	

d) sprawdzenie czasu własnego i częstotliwości zadziałania przy $U = U_n$ i domieszce 11 harmonicznej

Przy zadanym wymuszeniu spadku częstotliwości od 50 Hz do 47 Hz z szybkością -1Hz/s , mierzono czas od momentu przekroczenia rzeczywistego progu działania (zmierzonego w p. a)) do momentu zamknięcia przełącznika wyjściowego. Jako częstotliwość zadziałania przyjęto częstotliwość w momencie zamknięcia przełącznika wyjściowego.

Nastawienie $f_r = 48,5$ Hz

Udział 11h	Nr pomiaru	Czas zadzia- łania (tw)	tw średni	Częstotli. zadziałania (fz)	fz średnia
%	-	ms	ms	Hz	Hz
5,0	1	85,8	79,2	48,378	48,378
	2	83,5		48,378	
	3	77,0		48,378	
	4	74,9		48,378	
	5	74,8		48,378	
10,0	1	80,4	78,2	48,378	48,378
	2	78,1		48,378	
	3	83,9		48,378	
	4	71,5		48,379	
	5	77,3		48,378	
20,0	1	74,8	78,3	48,378	48,378
	2	80,4		48,378	
	3	80,4		48,378	
	4	76,2		48,377	
	5	79,5		48,378	

Brak widocznego wpływu harmoniczných na nastawienie i czas własny zabezpieczenia częstotliwościowego. Zmierzone czasy własne zadziałania są podobne do zmierzonych w p.6.1.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.3. Wpływ skokowej zmiany napięcia pomiarowego na działanie SCO

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o częstotliwości większej o 0,1 Hz od nastawionego progu działania członu podczęstotliwościowego i o wartości $U = U_n$, a następnie skokowo obniżano wartość napięcia do $0,75 U_n$ przez czas 100 ms. Próbę dla każdego nastawienia powtarzano dziesięciokrotnie.

f nastawiona	f wymuszana	Działanie SCO
Hz	Hz	-
49,0	49,1	Brak
48,5	48,6	Brak
48,0	48,1	Brak

W żadnej z prób nie nastąpiło działanie SCO.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.4. Badanie wpływu oscylacji międzysystemowych i kolysań mocy na działanie SCO

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym (bez harmoniczných) o stałej amplitudzie i o opadającej częstotliwości w zakresie od 50 Hz do 40 Hz z kolysaniem o zadanej amplitudzie i częstotliwości. Błokada napięciowa nastawiona na $0,5 U_n$. Jako czas zadziałania (częstotliwość zadziałania) wybierano wartość pośrednią z trzech prób.

Próba 1

Wymuszenie df/dt			Wartość napięcia	Nastawienie f	Czas zadziałania	Częstotl. zadziałania (fz)	Działanie stabilne
df/dt	A	f1					
Hz/s	Hz	Hz	Un	Hz	ms	Hz	-
-1	0,1	1,6	1,1	49,0	75,0	48,895	tak
				48,5	83,0	48,450	tak
				48,0	85,9	47,879	tak
			1,0	49,0	77,3	48,892	tak
				48,5	86,5	48,450	tak
				48,0	85,4	47,879	tak
			0,55	49,0	75,2	48,895	tak
				48,5	83,3	48,450	tak
				48,0	86,2	47,878	tak

A – amplituda kołysań częstotliwości; f1 – częstotliwość kołysań

Próba 2

Wymuszenie df/dt			Wartość napięcia	Nastawienie f	Czas zadziałania	Częstotl. zadziałania (fz)	Działanie stabilne
df/dt	A	f1					
Hz/s	Hz	Hz	Un	Hz	ms	Hz	-
-2	0,3	1,0	1,1	49,0	95,2	48,978	tak
				48,5	84,8	48,200	tak
				48,0	83,2	47,685	tak
			1,0	49,0	94,9	48,978	tak
				48,5	83,8	48,204	tak
				48,0	86,8	47,672	tak
			0,55	49,0	95,4	48,978	tak
				48,5	85,9	48,196	tak
				48,0	85,9	47,675	tak

A – amplituda kołysań częstotliwości; f1 – częstotliwość kołysań

Próba 3

Wymuszenie df/dt			Wartość napięcia	Nastawienie f	Czas zadziałania	Częstotl. zadziałania (fz)	Działanie stabilne
df/dt	A	fi					
Hz/s	Hz	Hz	Un	Hz	ms	Hz	-
-5	0,4	0,8	1,1	49,0	86,5	48,469	tak
				48,5	86,7	48,032	tak
				48,0	87,2	47,610	tak
			1,0	49,0	86,0	48,472	tak
				48,5	85,6	49,037	tak
				48,0	86,5	47,611	tak
			0,55	49,0	86,2	48,470	tak
				48,5	86,2	48,034	tak
				48,0	86,6	47,611	tak

A – amplituda kołysań częstotliwości; fi – częstotliwość kołysań

Zmierzone czasy zadziałania są zbieżne ze zmierzonymi w p.6.1. i p.6.2. (częstotliwość zadziałania jest zależna od kształtu krzywej w momencie pomiaru i różni się od zmierzonej w p.6.1 i p.6.2.). Zabezpieczenia w zadanym zakresie zmian częstotliwości działa stabilnie.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.5. Badanie odporności na zwarcia doziemne w sieci SN

Zabezpieczenie jest zasilane napięciem międzyprzewodowym (wyliczanym). Próby dodawania składowej zerowej nie powodują działania zabezpieczenia.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.6. Badanie działania blokady napięciowej układu SCO

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o amplitudzie $U = U_n$ i częstotliwości $f = 50$ Hz, a następnie skokowo obniżano napięcie do wartości amplitudy $0,45 U_n$; $0,3 U_n$; $0,2 U_n$ i częstotliwości 48 Hz. Przy każdym poziomie napięcia wykonywano 10 prób. Sprawdzenie wykonano przy nastawieniu członu częstotliwościowego $f_r = 49,0$ Hz i blokady napięciowej na $0,5 U_n$.

Podczas wszystkich prób zabezpieczenia nie pobudziło się.

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.7. Badanie członu pochodnej częstotliwości df/dt przy symulowaniu oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy (jeśli jest na wyposażeniu)

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym (bez harmonicznych) amplitudzie $U = U_n$ i o opadającej częstotliwości w zakresie od 50 Hz do 40 Hz z kołysaniem o zadanej amplitudzie i częstotliwości. Zabezpieczenie ustawiono w trybie $f + df/dt$. Nastawienie członu $f = 49,5$ Hz.

Nr próby	Nastawienie df/dt	Wymuszenie			Działanie stabilne
		df/dt	A	fi	
-	Hz/s	Hz/s	Hz	Hz	tak
1	-0,9	-1,0	0,2	1,6	tak
2	-0,8		0,2	1,6	tak
3	-0,9		0	0	tak
4	-1,9	-2,0	0,4	1	tak
5	-1,8		0,4	1	tak
6	-1,9		0	0	tak
7	-4,8	-5,0	0,8	1,2	tak
8	-4,6		0,8	1,2	tak
9	-4,8		0	0	tak

A – amplituda kołysań częstotliwości; fi – częstotliwość kołysań

Podczas wszystkich prób człon df/dt działał stabilnie

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.8. Badanie członu przyrostu różnicowego częstotliwości $\Delta f/\Delta t$ przy symulowaniu oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy (jeśli jest na wyposażeniu)

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o amplitudzie $U = U_n$ i o opadającej częstotliwości w zakresie od 50 Hz do 40 Hz z kołysaniem o zadanej amplitudzie i częstotliwości. Zabezpieczenie ustawiono w trybie $f + \Delta f/\Delta t$. W zabezpieczeniu ustawiono człon f i $\Delta f/\Delta t$ następująco:

- człon rozruchowy $f = 49,5$ Hz
- czas $\Delta t = 0,5$ s
- przyrost Δf – zgodnie z tablicą

Nr próby	Nastawienie	Wymuszenie			Działanie stabilne
	Δf	df/dt	A	f_i	
-	Hz	Hz/s	Hz	Hz	-
1	-0,45	-1,0	0,2	1,6	tak
2	-0,4		0,2	1,6	tak
3	-0,45		0	0	tak
4	-0,95	-2,0	0,4	1	tak
5	-0,9		0,4	1	tak
6	-0,95		0	0	tak
7	-2,4	-5,0	0,8	1,2	tak
8	-2,3		0,8	1,2	tak
9	-2,4		0	0	tak

A – amplituda kołysań częstotliwości; f_i – częstotliwość kołysań

Podczas wszystkich prób człon $\Delta f/\Delta t$ działał stabilnie
Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.9. Badanie stabilności układu SCO przy zasilaniu symulowanymi przebiegami odpowiadającymi rzeczywistym przebiegom zarejestrowanym podczas zbędnych działaniach SCO

6.9.1. Stopniowy zanik napięcia na szynach SN podczas cyklu SPZ, powodowany wybiegiem silników asynchronicznych

Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o amplitudzie $U = U_n$ i częstotliwości 50 Hz, a następnie powodowano liniowy spadek napięcia do 0 przez czas 0,4 s i równoczesny liniowy spadek częstotliwości z szybkością 30 Hz/s. Wykonano 10 prób. Blokada napięciowa nastawiona na $0,5 U_n$.

Podczas wszystkich prób zabezpieczenie nie pobudziło się.

Badane zabezpieczenie blokuje się przy szybkości spadania częstotliwości powyżej 20 Hz/s. Dzięki temu jest odporne na stopniowe zaniki napięcia powodowane wybiegiem silników nawet przy działaniu z czasem własnym (90 ms).

Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.9.2. Stan przejściowy związany z ładowaniem pojemności fazy po zaniku doziemienia w sieci kompensowanej SN

Badanie dotyczy układów instalowanych w sieci SN i przewidzianych do zasilania napięciami fazowymi. Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o stałej amplitudzie ($U = U_n$) i częstotliwości $f = 50$ Hz. W każdej próbie między punkt gwiazdowy zasilania a punkt gwiazdowy zabezpieczenia włączano skokowo dodatkowe źródło odwzorowujące napięcie U_0 o początkowej amplitudzie równej U_n i następnie zanikające liniowo do 0 przez czas 1 s. Sprawdzenie wykonano przy nastawieniu członu częstotliwościowego $f_r = 49,0$ Hz i blokady od U_0 na $0,1 U_n$. Wykonano po dziesięć prób przy częstotliwości napięcia $U_0 = 30$ Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz oraz z podaniem napięcia U_0 na wejście $3U_0$ zabezpieczenia i bez podania.

Podczas wszystkich prób zabezpieczenia nie pobudziło się.

Zabezpieczenie jest zasilane napięciem międzyprzewodowym (wyliczanym).
Wynik sprawdzenia – pozytywny.

6.9.3. Zwarcia doziemne przerywane w sieci SN uziemionej przez rezystor.

Badanie dotyczy układów instalowanych w sieci SN i przewidzianych do zasilania napięciami fazowymi. Badania przeprowadzono zasilając zabezpieczenie napięciem symetrycznym trójfazowym o stałej amplitudzie ($U = U_n$) i częstotliwości $f = 50$ Hz. W każdej próbie powodowano co 30 ms zwarcie między fazą L1, a punktem gwiazdowym zabezpieczenia przez czas ok. 5 ms (od maksimum napięcia do momentu przejścia przez zero). Sprawdzenie wykonano przy nastawieniu członu częstotliwościowego $f_r = 49,0$ Hz i blokady od U_0 na $0,1 U_n$. Wykonano dziesięć prób przy czasie trwania próby 0,3 s oraz z podaniem napięcia U_0 na wejście $3 U_0$ przekaźnika i bez podania.

Podczas wszystkich prób zabezpieczenia nie pobudziło się.

Zabezpieczenie jest zasilane napięciem międzyprzewodowym (wyliczanym).
Wynik sprawdzenia – pozytywny.

7. Podsumowanie

a) Spełnienie przez zabezpieczenie wymagań IRiESP i IRiESD:

- | | |
|--|--|
| - zakres nastawiania ($47 \div 50$ Hz co 0,05 Hz) | - $45 \div 52$ Hz co 0,01 Hz |
| - zwłoka czasowa ($0,05 \div 1$ s co 0,05 s) | - $0 \div 32$ s co 0,01 s |
| - czas własny (<100 ms) | - <90 ms |
| - poprawna praca w zakresie $0,5 \div 1,1 U_n$ | - brak wpływu zmian U w tym zakresie |
| - dokładność pomiaru f (< 10 mHz) | - zmierzona poniżej 2 mHz |
| - blokada napięciowa nastawialna | - nienastawialna $0,5 U_n$ |

Zabezpieczenie spełnia wymagania stawiane w IRiESP i IRiESD

b) Dodatkowe cechy zabezpieczenia:

- blokada od df/dt - nienastawialna ok. 20 Hz/s
- rozrzut wartości rozruchowej f - poniżej ± 1 mHz
- rozrzut czasu własnego - $78,9 \div 92,3$ ms

c) Odporność zabezpieczenia na zakłócenia w pracy sieci:

- 1. wpływ napięcia pomiarowego w zakresie $0,5 \div 1,1 U_n$ - **brak wpływu**
- 2. wpływ harmonicznych (5h, 7h, 11h) - **brak wpływu**
- 3. odporność na skoki napięcia - **odporne**
- 4. wpływ oscylacji międzysystemowych i kołysań mocy - **brak wpływu**
- 5. odporność na stopniowy zanik napięcia na szynach SN, spowodowany wybiegiem silników asynchronicznych - **odporne**
- 6. odporność na zwarcia doziemne – człony częstotliwościowe są zasilane napięciami międzyfazowymi (wyliczanymi) - **odporne.**

8. Ocena

Zabezpieczenia częstotliwościowe w zabezpieczeniu UTXvL, μ UTXvL w wersji przedstawionej do badań nadają się do stosowania w automatyce SCO.

Zabezpieczenie UTXvL, μ UTXvL daje możliwość skrócenia czasu działania zabezpieczenia podczęstotliwościowego do 90 ms.

9. Dokumenty związane

- 1. Ocena gotowości układów SCO zainstalowanych w KSE do realizacji skutecznej obrony przed awariami. Programem badań układów SCO (opracowany przez Instytut Energetyki zgodnie z Umową Nr 4/TK/2015 z dnia 29.06.2015 r.).
- 2. PN-EN 60255-1:2010 - Przekazniki pomiarowe i urządzenia zabezpieczeniowe – Część 1: Wymagania wspólne