



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY**  
**INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI**



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

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

**Raport z badań zabezpieczenia UTX3/4vZRP**  
**funkcja odległościowa (21)**

Wykonawca:

**Instytucja:** Politechnika Warszawska

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

Dyrektor Instytutu Elektroenergetyki

**DYREKTOR INSTYTUTU**

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

**Kierownik pracy:** dr inż. Ryszard Kowalik

.....  
Marcin Januszewski

.....  
Krzysztof Tomaszek

.....  
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

## **Zakres niniejszego opracowania**

<b>1. Opis wykonanych prac .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Wyposażenie, konfiguracja i funkcje zabezpieczeniowe urządzenia .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Opis układu pomiarowego .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Wyniki badań wraz z opisem prób funkcjonalnych .....</b>	<b>11</b>
4.1. Określenie dokładności pomiarów dokonywanych przez zabezpieczenie .....	11
4.2. Sprawdzenie dokładności określania zasięgów stref dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) .....	13
4.2.1. Błędy określania zasięgu rezystancyjnego oraz reaktancyjnego .....	13
4.2.2. Błędy określania kierunku działania funkcji odległościowej (21) oraz (21N) .....	28
4.3. Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref	35
4.4. Określenie czasu odpadania funkcji odległościowej .....	47
4.5. Określenie dokładności nastawionej zwłoki czasowej .....	48
4.6. Sprawdzenie możliwości nastawiania dowolnego kierunku działania stref .....	50
4.7. Sprawdzenie poprawności określania kierunku działania funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla zwarć bliskich (pamięć napięciowa) – testy dla nowego firmware 3.4.005 .....	52
4.8. Sprawdzenie poprawności działania funkcji załączenia na zwarcie (SOTF).....	55
4.9. Sprawdzenie poprawności działania funkcji informującej o awarii pomiaru napięcia zmiennego (VTS).....	58
4.10. Sprawdzenie poprawności działania automatyki SPZ (79) .....	58
4.11. Sprawdzenie koordynacji działania zabezpieczeń odległościowych (85) .....	76
4.12. Sprawdzenie funkcji kontroli synchronizmu (25).....	89
4.13. Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref przy wymuszeniach zbliżonych do rzeczywistych .....	90
4.14. Sprawdzenie poprawności działania blokady od kołysań sieciowych (68) .....	92
<b>5. Wnioski końcowe .....</b>	<b>109</b>

## 1. Opis wykonanych prac

Niniejszy raport wyniki badań zabezpieczenia UTX3vZPR. W początkowej fazie trwania pracy ustalono zakres prób funkcjonalnych, następnie po dostarczeniu urządzenia do badań stworzono i wykonano układ pomiarowy, pozwalający na wykonanie ustalonych prób według sporządzonego algorytmu badań. Po każdej próbie funkcjonalnej opracowano jej przebieg i na podstawie wyników sformułowano wnioski odnośnie każdej próby indywidualnie. W części końcowej zawarto całkowite podsumowanie z przeprowadzonych testów.

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

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 urządzenia

W laboratorium Instytutu Elektroenergetyki PW przeprowadzono badania funkcji odległościowej 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: 30200<sup>1</sup>.

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
- 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.

Podstawowa konfiguracja nastaw ogólnych podczas przeprowadzania testów (jeśli w dalszej części raportu nie wskazano inaczej) była następująca:

- Prąd znamionowy przekładnika prądowego po stronie wtórnej: 1A,
- Prąd znamionowy przekładnika prądowego po stronie pierwotnej: 600 A,
- Napięcie znamionowe wtórne międzyfazowe: 100 V,
- Konfiguracja połączenia przekładników prądowych: gwiazda,
- Częstotliwość znamionowa: 50 Hz.

Podstawowa konfiguracja urządzenia pokazana została na rys. 2.1 – rys. 2.3.

---

<sup>1</sup> 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.

### Zakresy pomiarowe

Prądy fazowe

Zakres pomiarowy [A] 50 Prąd nominalny In [A] 1

---

Prąd I4 (IE)

Zakres pomiarowy [A] 50

---

Prąd I4 (IE2)

Zakres pomiarowy [A] 50

---

Napięcia fazowe

Zakres pomiarowy [V] 70,7 1,22 Un Napięcie nominalne Un [V] 57,7

---

Napięcie U4 (UE)

Zakres pomiarowy [V] 115,5 2,00 Un

---

Napięcie U sync

Zakres pomiarowy [V] 115,5 2,00 Un

Rys. 2.1. Zakładka *Zakresy pomiarowe*

### Moduł podstawowy

Napięcie nominalne Un [V] 57,7  Urządzenie załączone

Prąd nominalny In [A] 1  Inwersja prądów

Przekładnia napięciowa Pt [n] 1100  Blokada wyłączeń

Przekładnia Pte / 3

Przekładnia prądowa Ct [n] 600  Blokada członów impedancyjnych

Typ sieci: Uziemiona  Kontrola sygnalizacji awarii bezpiecznika

Układ sieci: Gwiazda

Pomiar napięcia: Linia

Pomiar napięć:  fazowych  międzyfazowych

Jednostki:  [Un]  [V]  [In]  [A]

UL / UΔ 1,732 UE = U4

UE wyliczone  IE wyliczone (Ien = In)

Węźcie pomiarowe IE

Prąd nominalny Ien [A] 1

Przekładnia prądowa Cie [n] 600

Zakres pomiarowy [A] 50

Okno pomiarowe dla zwarć przerywanych [10 ms] 1

Rys. 2.2. Zakładka *Moduł podstawowy*

**Wybiornik fazowy**

**Wybiornik napięciowy**

Obecność napięcia [Un]

Zanik napięcia [Un]

**Wybiornik prądowy**

**Fazowy prąd pobudzeniowy**

Charakterystyka

I<sub>min</sub> [In]  dla U< [Un]

I<sub>min</sub> [In]  dla U> [Un]

**Ziemnozwarciowy prąd pobudzeniowy**

Charakterystyka

I<sub>min</sub> [Ien]  dla UE< [Un]

I<sub>min</sub> [Ien]  dla UE> [Un]

Wsp. stab. pobudzenia [%]

Zanik prądu [In]

Rys. 2.3. Zakładka *Wybiornik fazowy*

W przełączniku istnieje możliwość wybrania czterech banków nastawień. W trakcie testów zawsze aktywny był bank 1. Przed przystąpieniem do wykonania testów ustalono, że badania zostaną przeprowadzone dla linii o średniej długości ( $l=72,85$  km). Podstawowe parametry testowej linii zostały pokazane na rys. 2.4, wskazane wartości dotyczą strony pierwotnej. Nastawienia poszczególnych stref pokazano na rys. 2.5, rys. 2.6, rys. 2.7, rys. 2.8, rys. 2.9, rys. 2.10, wskazane wartości dotyczą strony wtórnej. Graficzna prezentacja stref zaczerpnięta z programu SAZ 2000 została pokazana na rys. 2.11 (zwarcia doziemne) oraz rys. 2.12 (zwarcia międzyfazowe). Podczas wykonywania konkretnych testów, jeśli wymagał tego algorytm badań, blokowano działanie wybranych stref oraz aktywowano/blokowano wybrane funkcje dodatkowe.

**Parametry Linii, Lokalizator**

Lokalizator miejsca zwarcia: Z A Ł Ą C Z O N Y

**Linia (strona pierwotna)**

Długość [km]

R<sub>1</sub> [om]  X<sub>1</sub> [om]

R<sub>0</sub> [om]  X<sub>0</sub> [om]

Parametry dotyczą całej linii

Tor równoległy (strona pierwotna)

R<sub>1</sub> [om]  X<sub>1</sub> [om]

R<sub>m</sub> [om]  X<sub>m</sub> [om]

Z<sub>1</sub> = 31,426 om; 69,3 deg

k = 0,662 + j0,038

k = 0,663; 3,3 deg

Fr = 0,562

Fx = 0,677

Rys. 2.4. Zakładka *Parametry Linii, Lokalizator*

**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tył    6 bezkie

Strefa załączona

Blokada opóźnień strefy

Blokada strefy od kołysania mocy

Opóźnienie dla zwarć  
jednofazowych [10 ms] 0  
wielofazowych [10 ms] 0

Numer programu SPZ 0

Kierunek Przód

Blokada wyłączenia

Kąt  
półosi kierunku A [deg] 115  
kierunku B [deg] 25

Minimalny czas opóźnień [10 ms] 1 w strefach

Blokada opóźnień wył. w strefach

Blokada stref doziemnych

Zasięg strefy R [om] 8,5  
X [om] 13,635

Punkt podcięcia strefy Rd [om] 8,5  
Xd [om] 8,5

Zasięg strefy ziemnozwarciowej RE [om] 17  
XE [om] 13,635

Rys. 2.5. Zakładka *Strefy* – Strefa 1N

**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tył    6 bezkie

Strefa załączona

Blokada opóźnień strefy

Blokada strefy od kołysania mocy

Opóźnienie dla zwarć  
jednofazowych [10 ms] 4  
wielofazowych [10 ms] 4

Numer programu SPZ 1

Kierunek Przód

Blokada wyłączenia

Kąt  
półosi kierunku A [deg] 115  
kierunku B [deg] 25

Minimalny czas opóźnień [10 ms] 1 w strefach

Blokada opóźnień wył. w strefach

Blokada stref doziemnych

Zasięg strefy R [om] 11  
X [om] 18,45

Punkt podcięcia strefy Rd [om] 11  
Xd [om] 11

Zasięg strefy ziemnozwarciowej RE [om] 20  
XE [om] 18,45

Rys. 2.6. Zakładka *Strefy* – Strefa 1W

**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tył    6 bezkie

Strefa załączona

Blokada opóźnień strefy

Blokada strefy od kołysania mocy

Opóźnienie dla zwarć  
jednofazowych [10 ms] 70  
wielofazowych [10 ms] 70

Numer programu SPZ 0

Kierunek Przód

Blokada wyłączenia

Kąt  
półosi kierunku A [deg] 115  
kierunku B [deg] 25

Minimalny czas opóźnień [10 ms] 1 w strefach

Blokada opóźnień wył. w strefach

Blokada stref doziemnych

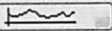
Zasięg strefy R [om] 11  
X [om] 20

Punkt podcięcia strefy Rd [om] 11  
Xd [om] 11

Zasięg strefy ziemnozwarciowej RE [om] 20  
XE [om] 20

Rys. 2.7. Zakładka *Strefy* – Strefa 2

**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tył    6 bezkie    

Strefa załączona

Blokada opóźnień strefy

Blokada strefy od kołysania mocy

Zasięg strefy    R [om] 11  
                   X [om] 22,635

Punkt podcięcia strefy    Rd [om] 11  
                                   Xd [om] 11

Zasięg strefy ziemnozwarciowej    RE [om] 20  
   XE [om] 22,635

Opóźnienie dla zwarć  
 jednofazowych    [10 ms] 230  
 wielofazowych    [10 ms] 230

Numer programu SPZ    0

Kierunek    Przód

Blokada wyłączenia

Kąt

kierunku A [deg] 115  
 kierunku B [deg] 25

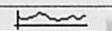
Minimalny czas opóźnień w strefach    [10 ms] 1

Blokada opóźnień wył. w strefach

Blokada stref doziemnych

Rys. 2.8. Zakładka *Strefy* – Strefa 3

**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tył    6 bezkie    

Strefa załączona

Blokada opóźnień strefy

Blokada strefy od kołysania mocy

Zasięg strefy    R [om] 3,5  
                   X [om] 1,01

Punkt podcięcia strefy    Rd [om] 3,5  
                                   Xd [om] 3,5

Zasięg strefy ziemnozwarciowej    RE [om] 6,05  
   XE [om] 1,01

Opóźnienie dla zwarć  
 jednofazowych    [10 ms] 35  
 wielofazowych    [10 ms] 35

Numer programu SPZ    0

Kierunek    Tył

Blokada wyłączenia

Kąt

kierunku A [deg] 115  
 kierunku B [deg] 25

Minimalny czas opóźnień w strefach    [10 ms] 1

Blokada opóźnień wył. w strefach

Blokada stref doziemnych

Rys. 2.9. Zakładka *Strefy* – Strefa 5\_tył



**Strefy**

1 N    2    3    1 W    5 tyl    6 bezkie

Strefa zakńczona

Blokada strefy od kołysania mocy

Blokada opóźnień strefy

Strefa używana jako kryterium pobudzeniowe

Opóźnienie dla zwarć  
jednofazowych [10 ms] 35

wielofazowych [10 ms] 35

Numer programu SPZ 0

Kierunek Bezkie.

Blokada wyłączenia

Kąt  
półosi kierunku A [deg] 115  
kierunku B [deg] 25

Minimalny czas opóźnień w strefach [10 ms] 1

Blokada opóźnień wył. w strefach

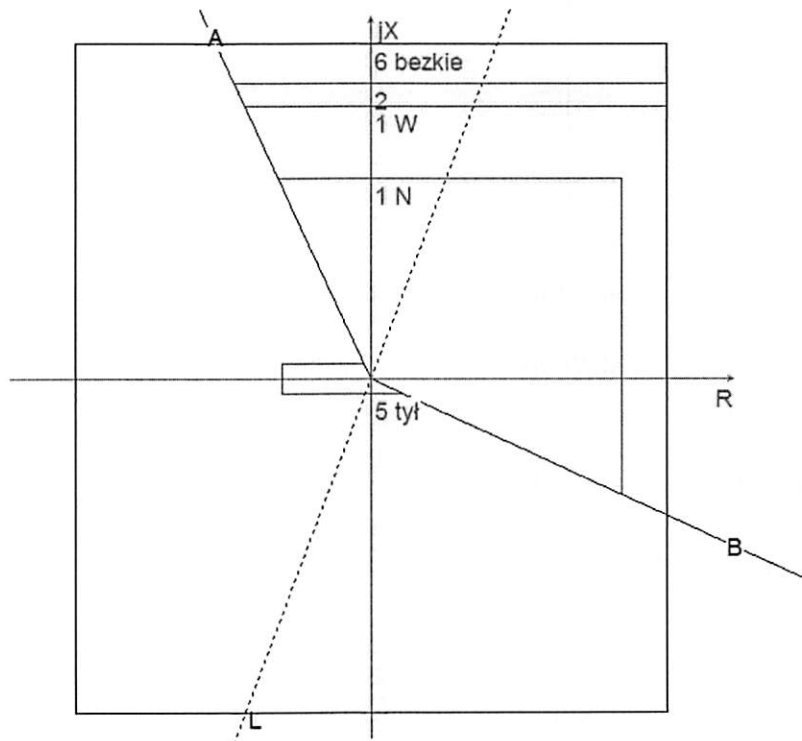
Blokada stref doziemnych

Zasięg strefy R [om] 11  
X [om] 22,635

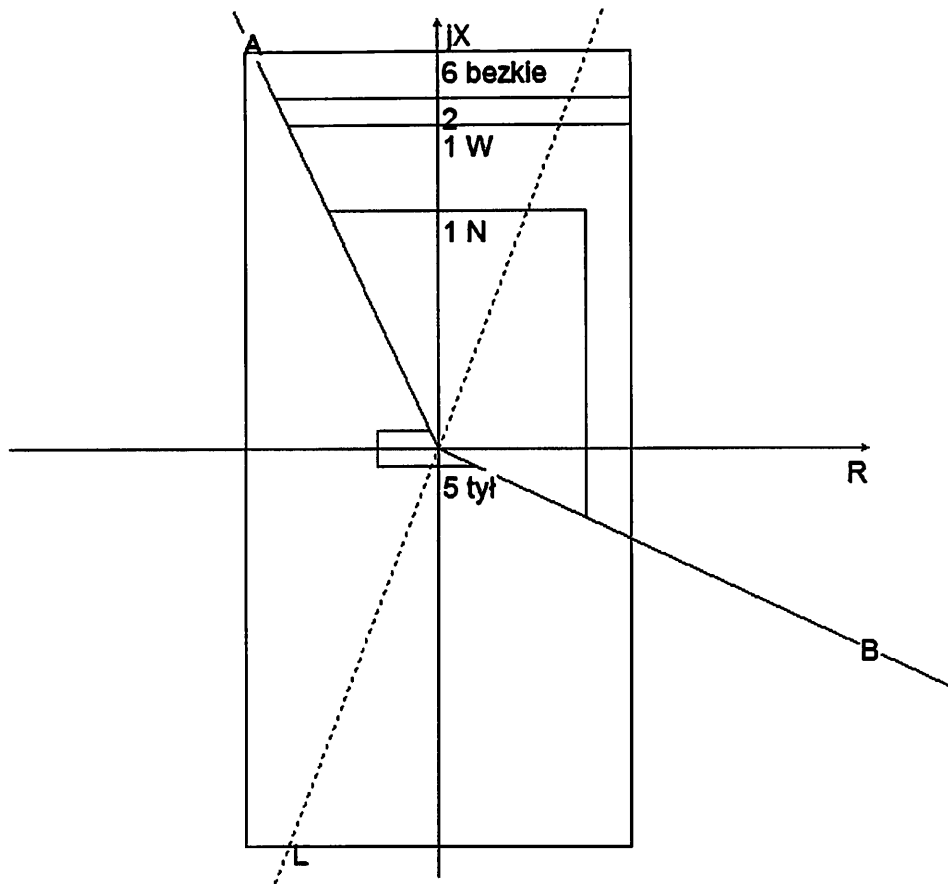
Punkt podcięcia strefy Rd [om] 11  
Xd [om] 11

Zasięg strefy ziemnozwarciowej RE [om] 20  
XE [om] 22,635

Rys. 2.10. Zakładka *Strefy* – Strefa 6\_bezkierunkowa



Rys. 2.11. Wygląd stref 1N, 1W, 2, 3, 5\_tyl, 6\_bezkierunkowa dla zwarć doziemnych



Rys. 2.12. Wygląd stref 1N, 1W, 2, 3, 5\_tyl, 6\_bezkierunkowa dla zwarć międzyfazowych

### 3. Opis układu pomiarowego

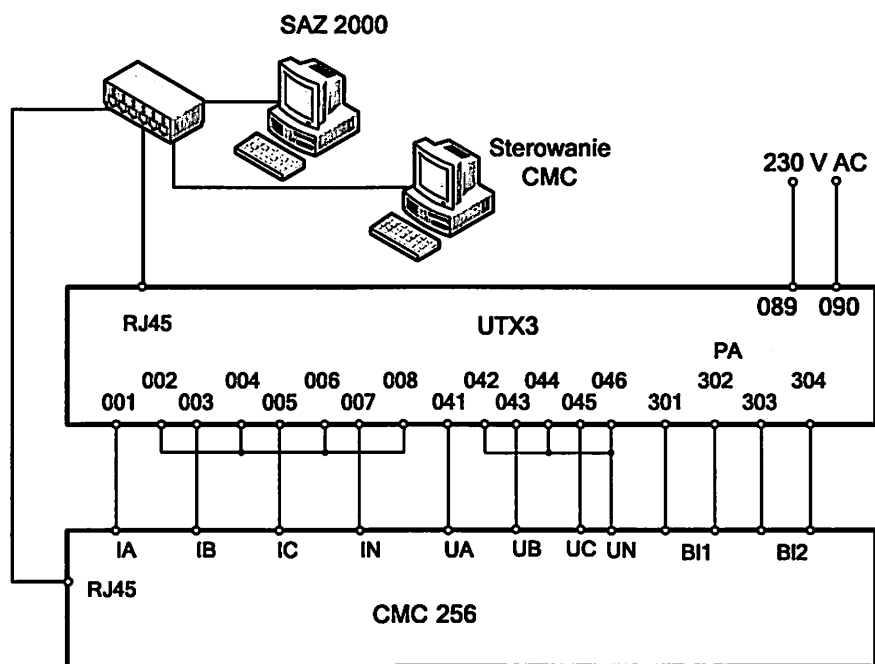
Badania przekaźnika odbyły się z użyciem testera CMC – 256 firmy Omicron. Układ pomiarowy przedstawiony został na rys. 3.1, określa on podstawowy zakres połączeń, który wykorzystywany był we wszystkich testach. W przypadku specyficznych badań, układ pomiarowy był dostosowywany do wymagań testów wybranej funkcji. W razie potrzeby wprowadzano np. dodatkowe sygnały dwustanowe lub podawano sygnały dwustanowe na wybrane wejścia przekaźnika.

Układ pomiaru prądu jest układem pełnej gwiazdy. Składową zerową prądu otrzymano jako sumowanie elektryczne prądów trzech faz poprzez przeprowadzenie gwiazdy prądów przez wejście do pomiaru prądu zerowego (zaciski 007, 008). W przypadku przekaźnika UTX 3 istnieje możliwość pomiaru prądu zerowego bezpośrednio z dedykowanego wejścia analogowego (007, 008) lub poprzez matematyczne wyliczenie sumy prądów płynących w poszczególnych fazach. W trakcie testów sprawdzono poprawność działania funkcji odległościowej dla obu wariantów.

Napięcia fazowe mierzone były przez dedykowane wejścia analogowe połączone w układzie gwiazdy. Składowa zerowa napięcia wyliczana była matematycznie.

Podczas testów funkcje zabezpieczeniowe były badane indywidualnie, tak aby inne funkcje nie mogły wpływać na zachowanie testowanego zabezpieczenia.

Sygnały o zadziałaniu przekaźnika zostały wprowadzone na odpowiednie wejścia testera CMC 256. Pojawiające się tych wejściach sygnały dwustanowe stanowiły kryteria oceny działania danej funkcji.



Rys. 3.1. Podstawowy układ pomiarowy wykorzystywany podczas testów

## 4. Wyniki badań wraz z opisem prób funkcjonalnych

### 4.1. Określenie dokładności pomiarów dokonywanych przez zabezpieczenie

#### Przebieg testów

W celu określenia dokładności pomiarów prądu i napięcia wykonano sprawdzenie dokładność pomiarów przy zmianach częstotliwości sygnału wymuszanego. Pomiarów wykonano dla :

- prądu  $I_{L1RMS}$ ,  $I_{L2RMS}$ ,  $I_{L3RMS}$  dla częstotliwości 47 Hz; 48 Hz; 49 Hz; 50 Hz; 51 Hz; 52 Hz; 53 Hz; 100 Hz; 150 Hz; 200 Hz; 250 Hz,
- napięcia  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $U_{L3}$  częstotliwości 47 Hz; 48 Hz; 49 Hz; 50 Hz; 51 Hz; 52 Hz; 53 Hz; 100 Hz; 150 Hz; 200 Hz; 250 Hz.

W wyniku przeprowadzonych testów otrzymano wyniki zamieszczone w tabelach tab. 4.1 oraz tab. 4.2.

Tab. 4.1. Wyniki pomiarów dokładności wartości  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $U_{L3}$ , dla zmiennej częstotliwości (wartość zadana 57,7 V)

Faza	L1				L2				L3			
f [Hz]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]
47	57,7	0,0	0,06	-0,7	55,7	2,0	3,52	-118,5	58,8	-1,1	1,84	122,1
48	58,7	-1,0	1,67	1,1	56,7	1,0	1,79	-119,4	57,3	0,4	0,75	122,4
49	58,3	-0,6	0,98	0,4	57,5	0,2	0,41	-120,3	57,3	0,4	0,75	121,0
50	57,7	0,0	0,06	-0,2	57,7	0,0	0,06	-120,0	57,7	0,0	0,06	120,0
51	58,0	-0,3	0,46	-0,1	57,1	0,6	1,10	-119,8	57,9	-0,2	0,29	120,9
52	57,2	0,5	0,93	-1,2	56,8	0,9	1,62	-119,3	58,7	-1,0	1,67	120,4
53	58,7	-1,0	1,67	0,3	55,8	1,9	3,35	-119,1	57,6	0,1	0,23	123,3

100	0,0	57,7	100,00	30,0	0,0	57,7	100,00	30,0	0,0	57,7	100,00	-149,8
150	0,0	57,7	100,00	122,9	0,0	57,7	100,00	-174,1	0,0	57,7	100,00	30,0
200	0,0	57,7	100,00	25,1	0,0	57,7	100,00	-154,9	0,0	57,7	100,00	24,3
250	0,0	57,7	100,00	120,0	0,0	57,7	100,00	-150,0	0,0	57,7	100,00	120,0

Tab. 4.2. Wyniki pomiarów dokładności wartości  $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ ,  $I_{L3}$ , dla zmiennej częstotliwości (wartość zadana 1,0 A)

Faza	L1				L2				L3			
f [Hz]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]
47	1,0	0,0	0,00	-0,2	1,0	0,0	0,00	-118,3	1,0	0,0	0,00	122,1
48	1,0	0,0	0,00	1,1	1,0	0,0	0,00	-119,2	1,0	0,0	0,00	122,7
49	1,0	0,0	0,00	0,5	1,0	0,0	0,00	-120,0	1,0	0,0	0,00	121,0
50	1,0	0,0	0,00	-0,2	1,0	0,0	0,00	-119,8	1,0	0,0	0,00	120,0
51	1,0	0,0	0,00	0,2	1,0	0,0	0,00	-120,0	1,0	0,0	0,00	121,1
52	1,0	0,0	0,00	-1,4	1,0	0,0	0,00	-118,9	1,0	0,0	0,00	120,4
53	1,0	0,0	0,00	0,5	1,0	0,0	0,00	-118,8	1,0	0,0	0,00	123,2
100	0,0	1,0	100,00	-150,0	0,0	1,0	100,00	-160,1	0,0	1,0	100,00	-64,6
150	0,0	1,0	100,00	-60,0	0,0	1,0	100,00	-60,0	0,0	1,0	100,00	-60,0
200	0,0	1,0	100,00	121,5	0,0	1,0	100,00	18,7	0,0	1,0	100,00	-64,9
250	0,0	1,0	100,00	120,0	0,0	1,0	100,00	120,0	0,0	1,0	100,00	-150,0

W celu określenia dokładności pomiarów bezpośrednich wykonano sprawdzenie dokładność pomiarów:

- wartości skutecznej prądów fazowych  $I_{L1RMS}$ ,  $I_{L2RMS}$ ,  $I_{L3RMS}$  ( $I_n=1A$ ) dla prądów wymuszanych równych:  $I_{wym}=0.1A$ ;  $0.5A$ ;  $0.7A$ ;  $2A$ ;  $5A$ ;  $10A$ ,
- wartości skutecznej napięć fazowych  $U_{L1RMS}$ ,  $U_{L2RMS}$ ,  $U_{L3RMS}$  ( $U_n=57,735V$ ) dla prądów wymuszanych równych:  $U_{wym}=10V$ ;  $20V$ ;  $30V$ ;  $40V$ ;  $50V$ ;  $70V$ .

Na podstawie otrzymanych wyników obliczono:

- błędy bezwzględne pomiaru odpowiednich wielkości,
- błędy względne pomiaru odpowiednich wielkości.

Stosowne obliczenia wykonano oraz pokazano w tab. 4.3 oraz tab. 4.4.

Tab. 4.3. Wyniki pomiarów dokładności wartości  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $U_{L3}$ , dla stałej częstotliwości  $f = 50$  Hz

Faza	L1				L2				L3			
Uzad [V]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Uf [V]	Bł. bezw. [V]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]
10,0	10,0	0,0	0,00	-0,1	10,0	0,0	0,0	-120,2	10,0	0,0	0,0	120,0
20,0	20,0	0,0	0,00	0,4	20,0	0,0	0,0	-120,0	20,0	0,0	0,0	120,0
30,0	30,0	0,0	0,00	0,0	30,0	0,0	0,0	-120,3	30,0	0,0	0,0	120,0
40,0	40,0	0,0	0,00	-0,1	40,0	0,0	0,0	-119,6	40,0	0,0	0,0	120,0
50,0	50,0	0,0	0,00	0,4	50,0	0,0	0,0	-119,7	50,0	0,0	0,0	120,0
70,0	70,0	0,0	0,00	0,3	70,0	0,0	0,0	-119,8	70,0	0,0	0,0	120,0

Tab. 4.4. Wyniki pomiarów dokładności wartości  $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ ,  $I_{L3}$ , dla stałej częstotliwości  $f = 50$  Hz

Faza	L1				L2				L3			
Izad [A]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	IL [A]	Bł. bezw. [A]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]
0,1	0,1	0,0	0,00	-1,3	0,1	0,0	0,0	-121,0	0,1	0,0	0,0	119,6
0,5	0,5	0,0	0,00	0,1	0,5	0,0	0,0	-119,6	0,5	0,0	0,0	120,5
0,7	0,7	0,0	0,00	0,4	0,7	0,0	0,0	-119,9	0,7	0,0	0,0	120,6
2,0	2,0	0,0	0,00	0,2	2,0	0,0	0,0	-119,6	2,0	0,0	0,0	120,2
5,0	5,0	0,0	0,00	0,4	5,0	0,0	0,0	-119,5	5,0	0,0	0,0	120,2
10,0	10,0	0,0	0,00	0,3	10,0	0,0	0,0	-119,6	10,0	0,0	0,0	120,2

## Wnioski

W ramach wykonanych testów można stwierdzić, że uzyskane dokładności pomiarów wielkości analogowych są zadowalające. Błędy względne o wartości 100% dla częstotliwości 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz i 250 Hz, będącymi odpowiednio 2, 3, 4 i 5 harmoniczną, są najprawdopodobniej wynikiem działania algorytmów obliczeniowych urządzenia, które uwzględnia w tych pomiarach oraz wyświetla jedynie wartości pierwszej harmonicznej sygnałów.

## **4.2. Sprawdzenie dokładności określania zasięgów stref dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N)**

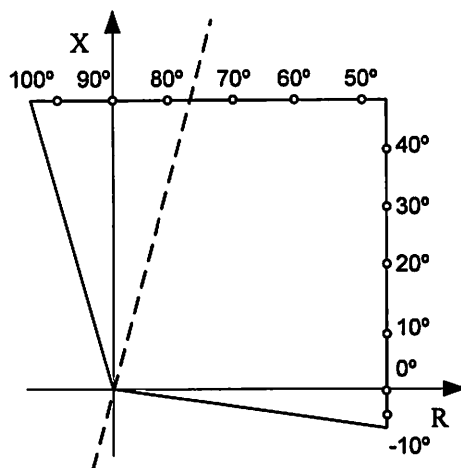
### **4.2.1. Błędy określania zasięgu rezystancyjnego oraz reaktancyjnego**

#### Przebieg testów

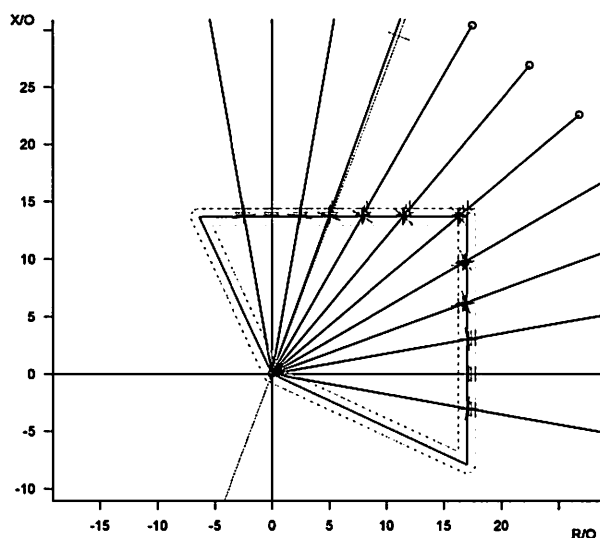
Testy dokładności określania zasięgu rezystancyjnego oraz reaktancyjnego przeprowadzono osobno dla każdej ze stref, dla każdego typu zwarcia, w punktach przedstawionych na rys. 4.1. W celu przeprowadzenia testu wykorzystano funkcję *Check Test* modułu *Advance Distance*. Pozwala ona na stworzenie linii testowych, rozpoczynających się w określonym punkcie płaszczyzny impedancyjnej, położonej pod określonym kątem względem osi rezystancyjnej tej płaszczyzny, a także o określonej długości. Na potrzeby testu stworzono zestaw linii testowych rozpoczynających się w początku układu współrzędnych płaszczyzny impedancyjnej, o długości wystarczającej do objęcia najdalej oddalonego od środka układu współrzędnych punktu 3 strefy, rozmieszczonych co  $10^\circ$  rozpoczynając od  $-10^\circ$ , a kończąc na  $100^\circ$ . Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarciach L1-N przedstawiono na rys. 4.2. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *Dokładność określania zasięgu rezystancyjnego oraz reaktancyjnego*. Wyniki testów zamieszczono w tab. 4.5, tab. 4.6, tab. 4.7, tab. 4.8, tab. 4.9, tab. 4.10, tab. 4.11.

Dodatkowo wykonano testy uzupełniające dla strefy 1N dla częstotliwości  $f = 52,5$  Hz i  $f = 47,5$  Hz (tab. 4.10, tab. 4.11).

Testy wykonano dla każdej strefy osobno (aktywowana była tylko badana strefa, inne były wyłączone). Nastawienia każdej strefy odpowiadały parametrom pokazanym w rozdz. 2. Jedyną zmianą w nastawieniach polegała na ustawieniu czasu działania badanej strefy na czas bezzwłoczny.



Rys. 4.1. Punkty pomiarowe do określenia dokładności zasięgów



Rys. 4.2. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarcia L1-N

Tab. 4.5. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 1N

Strefa 1N - zwarcie L1-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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				

$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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
<b>Strefa 1N - zwarcie L3-E</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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	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
<b>Strefa 1N - zwarcie L1-L2</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L2-L3</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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	8,477	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	8,477	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	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L3-L1</b>									

Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	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	8,477	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 L1-L2-L3									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,477	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	8,477	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	8,614	8,50	-0,11	1,34	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,614	8,50	-0,11	1,34	-	-	-	-	-
50,0	8,842	8,50	-0,34	4,02	-	-	-	-	-

Tab. 4.6. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 1W

Strefa 1W - zwarcie L1-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	50,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	19,94	20,00	0,06	0,30	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	19,94	20,00	0,06	0,30	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	19,94	20,00	0,06	0,30	100,0	18,39	18,45	0,06	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Strefa 1W - zwarcie L2-E									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	50,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	19,94	20,00	0,06	0,30	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33



30,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1W - zwarcie L3-E</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	50,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	19,94	20,00	0,06	0,30	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	19,94	20,00	0,06	0,30	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	20,06	20,00	-0,06	0,30	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1W - zwarcie L1-L2</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1W - zwarcie L2-L3</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	10,97	11,00	0,03	0,27	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1W - zwarcie L3-L1</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33

10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1W - zwarcie L1-L2-L3</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	60,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
30,0	11,09	11,00	-0,09	0,82	100,0	18,51	18,45	-0,06	0,33
40,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,09	11,00	-0,09	0,82	-	-	-	-	-

Tab. 4.7. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 2

<b>Strefa 2 - zwarcie L1-E</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	50,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	60,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	19,93	20,00	0,07	0,35	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
40,0	19,93	20,00	0,07	0,35	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L2-E</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	50,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	60,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	19,93	20,00	0,07	0,35	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
40,0	19,93	20,00	0,07	0,35	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L3-E</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				

$\varphi$ [°]	Ract[ $\Omega$ ]	Rnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[ $\Omega$ ]	Xnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	50,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	60,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	20,07	20,00	-0,07	0,35	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
40,0	19,93	20,00	0,07	0,35	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L1-L2</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[ $\Omega$ ]	Rnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[ $\Omega$ ]	Xnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
40,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
60,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L2-L3</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[ $\Omega$ ]	Rnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[ $\Omega$ ]	Xnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
40,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
60,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L3-L1</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[ $\Omega$ ]	Rnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[ $\Omega$ ]	Xnom[ $\Omega$ ]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-

40,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
50,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
60,0	10,97	11,00	0,03	0,27	-	-	-	-	-
<b>Strefa 2 - zwarcie L1-L2-L3</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	70,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
0,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	80,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
10,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	90,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
20,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	100,0	20,07	20,00	-0,07	0,35
30,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-
40,0	11,17	11,00	-0,17	1,55	-	-	-	-	-
50,0	11,10	11,00	-0,10	0,91	-	-	-	-	-
60,0	11,03	11,00	-0,03	0,27	-	-	-	-	-

Tab. 4.8. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 3

<b>Strefa 3 - zwarcie L1-E</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	50,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	60,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
40,0	19,92	20,00	0,08	0,40	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 3 - zwarcie L2-E</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	50,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	60,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	19,92	20,00	0,08	0,40	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
40,0	19,92	20,00	0,08	0,40	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 3 - zwarcie L3-E</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]

-10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	50,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	60,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
40,0	20,08	20,00	-0,08	0,40	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Strefa 3 - zwarcie L1-L2</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
40,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
50,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
60,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
<b>Strefa 3 - zwarcie L2-L3</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
40,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
50,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
60,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
<b>Strefa 3 - zwarcie L3-L1</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
40,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
50,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-
60,0	10,96	11,00	0,04	0,36	-	-	-	-	-

Strefa 3 - zwarcie L1-L2-L3									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	70,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
0,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	80,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
10,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	90,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
20,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	100,0	22,71	22,635	-0,075	0,33
30,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
40,0	11,04	11,00	-0,04	0,36	-	-	-	-	-
50,0	11,11	11,00	-0,11	1,00	-	-	-	-	-
60,0	11,19	11,00	-0,19	1,73	-	-	-	-	-

Tab. 4.9. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 5\_tyl

Strefa 5_tyl - zwarcie L1-N									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-5,747	-6,05	-0,30	5,01	200,0	-1,034	-1,010	0,024	2,38
180,0	-6,077	-6,05	0,03	0,45	210,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
190,0	-5,862	-6,05	-0,19	3,11	220,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

Strefa 5_tyl - zwarcie L2-N									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-5,747	-6,05	-0,30	5,01	200,0	-1,034	-1,010	0,024	2,38
180,0	-6,077	-6,05	0,03	0,45	210,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
190,0	-5,862	-6,05	-0,19	3,11	220,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

Strefa 5_tyl - zwarcie L3-N									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				

$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-5,785	-6,05	-0,27	4,38	200,0	-1,040	-1,010	0,03	2,97
180,0	-6,077	-6,05	0,03	0,45	210,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
190,0	-5,900	-6,05	-0,15	2,48	220,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

**Strefa 5 tyl - zwarcie L1-L2**

Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	200,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
180,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	210,0	-1,017	-1,010	0,007	0,69
190,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	220,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

**Strefa 5 tyl - zwarcie L2-L3**

Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	200,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
180,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	210,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
190,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	220,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

**Strefa 5 tyl - zwarcie L3-L1**

Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	200,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
180,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	210,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
190,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	220,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

-	-	-	-	-	230,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
<b>Strefa 5 tyl - zwarcie L1-L2-L3</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
170,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	200,0	-1,030	-1,010	0,02	1,98
180,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	210,0	-1,098	-1,010	0,088	8,71
190,0	-3,513	-3,50	0,01	0,37	220,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	230,0	-1,077	-1,010	0,067	6,63
-	-	-	-	-	240,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	250,0	-1,077	-1,010	0,067	6,63
-	-	-	-	-	260,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	270,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29
-	-	-	-	-	280,0	-1,023	-1,010	0,013	1,29

Tab. 4.10. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 1N dla  $f = 47,5$  Hz

<b>Strefa 1N - zwarcie L1-E - 47,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	16,95	17,00	0,05	0,29	40,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
10,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	60,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
20,0	17,23	17,00	-0,23	1,35	70,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
30,0	17,32	17,00	-0,32	1,88	80,0	13,77	13,635	-0,135	0,99
-	-	-	-	-	90,0	13,59	13,635	0,045	0,33
-	-	-	-	-	100,0	13,77	13,635	-0,135	0,99
<b>Strefa 1N - zwarcie L2-E - 47,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	40,0	13,50	13,635	0,135	0,99
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,77	13,635	-0,135	0,99
10,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	60,0	14,41	13,635	-0,775	5,68
20,0	17,32	17,00	-0,32	1,88	70,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
30,0	17,32	17,00	-0,32	1,88	80,0	13,41	13,635	0,225	1,65
-	-	-	-	-	90,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
-	-	-	-	-	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33



Strefa 1N - zwarcie L3-E - 47,5 Hz									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	16,95	17,00	0,05	0,29	40,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,50	13,635	0,135	0,99
10,0	17,23	17,00	-0,23	1,35	60,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
20,0	17,32	17,00	-0,32	1,88	70,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
30,0	17,41	17,00	-0,41	2,41	80,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
-	-	-	-	-	90,0	13,23	13,635	0,405	2,97
-	-	-	-	-	100,0	14,68	13,635	-1,045	7,66
Strefa 1N - zwarcie L1-L2 - 47,5 Hz									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,659	8,50	-0,16	1,87	60,0	13,41	13,635	0,225	1,65
0,0	8,386	8,50	0,11	1,34	70,0	13,23	13,635	0,405	2,97
10,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	80,0	13,50	13,635	0,135	0,99
20,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	90,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
30,0	8,751	8,50	-0,25	2,95	100,0	13,68	13,635	-0,045	0,33
40,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	-	-	-	-	-
50,0	9,024	8,50	-0,52	6,16	-	-	-	-	-
Strefa 1N - zwarcie L2-L3 - 47,5 Hz									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	60,0	13,41	13,635	0,225	1,65
0,0	8,432	8,50	0,07	0,80	70,0	13,59	13,635	0,045	0,33
10,0	8,386	8,50	0,11	1,34	80,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
20,0	8,614	8,50	-0,11	1,34	90,0	13,41	13,635	0,225	1,65
30,0	8,933	8,50	-0,43	5,09	100,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
40,0	8,751	8,50	-0,25	2,95	-	-	-	-	-
50,0	9,069	8,50	-0,57	6,69	-	-	-	-	-
Strefa 1N - zwarcie L3-L1 - 47,5 Hz									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,113	8,50	0,39	4,55	60,0	13,59	13,635	0,045	0,33
0,0	8,386	8,50	0,11	1,34	70,0	13,23	13,635	0,405	2,97
10,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	80,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
20,0	8,887	8,50	-0,39	4,55	90,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
30,0	8,659	8,50	-0,16	1,87	100,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
40,0	8,796	8,50	-0,30	3,48	-	-	-	-	-

50,0	9,024	8,50	-0,52	6,16	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L1-L2-L3 - 47,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,659	8,50	-0,16	1,87	60,0	13,77	13,635	-0,135	0,99
0,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	70,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
10,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	80,0	13,77	13,635	-0,135	0,99
20,0	8,887	8,50	-0,39	4,55	90,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
30,0	8,887	8,50	-0,39	4,55	100,0	14,41	13,635	-0,775	5,68
40,0	9,069	8,50	-0,57	6,69	-	-	-	-	-
50,0	9,434	8,50	-0,93	10,99	-	-	-	-	-

Tab. 4.11. Wyniki testów dokładności określania zasięgu rezystancyjnego i reaktancyjnego dla strefy 1N dla  $f = 52,5$  Hz

<b>Strefa 1N - zwarcie L1-E - 52,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	40,0	14,13	13,635	-0,495	3,63
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	13,23	13,635	0,405	2,97
10,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	60,0	14,32	13,635	-0,685	5,02
20,0	17,23	17,00	-0,23	1,35	70,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
30,0	17,41	17,00	-0,41	2,41	80,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
-	-	-	-	-	90,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
-	-	-	-	-	100,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
<b>Strefa 1N - zwarcie L2-E - 52,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	40,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
0,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	50,0	14,41	13,635	-0,775	5,68
10,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	60,0	14,41	13,635	-0,775	5,68
20,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	70,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
30,0	17,41	17,00	-0,41	2,41	80,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
-	-	-	-	-	90,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
-	-	-	-	-	100,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
<b>Strefa 1N - zwarcie L3-E - 52,5 Hz</b>									
Zasięg rezystancyjny R					Zasięg reaktancyjny X				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	17,14	17,00	-0,14	0,82	40,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
0,0	16,95	17,00	0,05	0,29	50,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
10,0	16,95	17,00	0,05	0,29	60,0	14,23	13,635	-0,595	4,36

20,0	17,05	17,00	-0,05	0,29	70,0	13,59	13,635	0,045	0,33
30,0	16,95	17,00	0,05	0,29	80,0	13,59	13,635	0,045	0,33
-	-	-	-	-	90,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
-	-	-	-	-	100,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
<b>Strefa 1N - zwarcie L1-L2 - 52,5 Hz</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,842	8,50	-0,34	4,02	60,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
0,0	8,477	8,50	0,02	0,27	70,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
10,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	80,0	13,59	13,635	0,045	0,33
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
30,0	8,295	8,50	0,21	2,41	100,0	13,59	13,635	0,045	0,33
40,0	8,295	8,50	0,21	2,41	-	-	-	-	-
50,0	8,204	8,50	0,30	3,48	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L2-L3 - 52,5 Hz</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,751	8,50	-0,25	2,95	60,0	13,59	13,635	0,045	0,33
0,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	70,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
10,0	8,614	8,50	-0,11	1,34	80,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
20,0	8,523	8,50	-0,02	0,27	90,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
30,0	8,386	8,50	0,11	1,34	100,0	13,86	13,635	-0,225	1,65
40,0	8,249	8,50	0,25	2,95	-	-	-	-	-
50,0	8,113	8,50	0,39	4,55	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L3-L1 - 52,5 Hz</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,751	8,50	-0,25	2,95	60,0	14,04	13,635	-0,405	2,97
0,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	70,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
10,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	80,0	13,59	13,635	0,045	0,33
20,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	90,0	13,59	13,635	0,045	0,33
30,0	8,295	8,50	0,21	2,41	100,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
40,0	8,295	8,50	0,21	2,41	-	-	-	-	-
50,0	8,158	8,50	0,34	4,02	-	-	-	-	-
<b>Strefa 1N - zwarcie L1-L2-L3 - 52,5 Hz</b>									
<b>Zasięg rezystancyjny R</b>					<b>Zasięg reaktancyjny X</b>				
$\varphi$ [°]	Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	$\varphi$ [°]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-10,0	8,887	8,50	-0,39	4,55	60,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
0,0	8,796	8,50	-0,30	3,48	70,0	14,14	13,635	-0,505	3,70
10,0	8,705	8,50	-0,21	2,41	80,0	14,14	13,635	-0,505	3,70

20,0	8,568	8,50	-0,07	0,80	90,0	14,23	13,635	-0,595	4,36
30,0	8,432	8,50	0,07	0,80	100,0	13,95	13,635	-0,315	2,31
40,0	8,341	8,50	0,16	1,87	-	-	-	-	-
50,0	8,341	8,50	0,16	1,87	-	-	-	-	-

## Wnioski

Dla częstotliwości  $f = 50$  Hz błędy z reguły nie przekraczają 0,5%. Największe problemy zauważono przy zwarcich 3-fazowych, gdzie regularnie można zauważyć pojedyncze pomiary przy których uzyskano błąd do 2%.

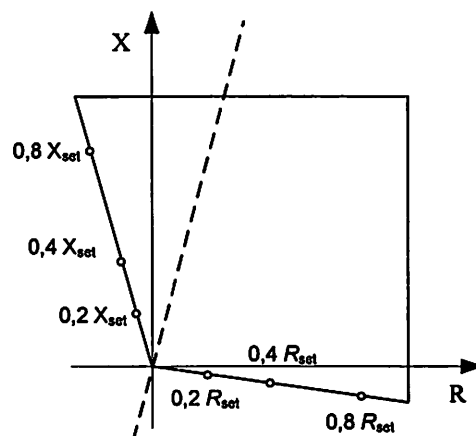
Zmiana częstotliwości znacząco wpływa na uzyskiwane błędy. Większa część uzyskanych rezultatów mieści się w zakresie 0,3% – 3%. Można jednak zauważyć błędy przekraczające ten zakres. Ponownie najgorsza sytuacja występuje dla zwarć 3-fazowych. Dla częstotliwości 47,5 Hz zanotowano największy błąd rzędu 10,99% przy zwarciu 3-fazowym, a dla częstotliwości 52,5 Hz największy błąd wynoszący 5,68% odnotowano dla zwarcia L2-E.

### 4.2.2. Błędy określania kierunku działania funkcji odległościowej (21) oraz (21N)

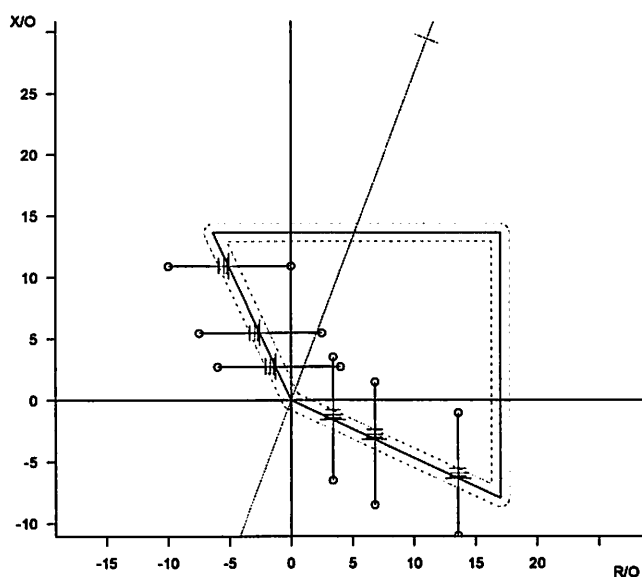
#### Przebieg testów

Testy dokładności określania zasięgu rezystancyjnego oraz reaktancyjnego należy przeprowadzić osobno dla każdej ze stref, dla każdego typu zwarcia, w punktach przedstawionych na rys. 4.3. W celu przeprowadzenia testu wykorzystano funkcję *Check Test* modułu *Advance Distance*. Pozwala ona na stworzenie linii testowych, rozpoczynających się w określonym punkcie płaszczyzny impedancyjnej, położonej pod określonym kątem względem linii określającej kierunek działania. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarcich L1-N przedstawiono na rys. 4.4. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *Dokładność określania kierunku działania*. Wyniki testów zamieszczono w tab. 4.12, tab. 4.13, tab. 4.14, tab. 4.15, tab. 4.16.

Testy wykonano dla każdej strefy osobno (aktywowana była tylko badana strefa, inne były wyłączone). Nastawienia każdej strefy odpowiadały parametrom pokazanym w rozdz. 2. Jedyne zmiany w nastawieniach polegały na ustawieniu czasu działania badanej strefy na czas bezzwłoczny.



Rys. 4.3. Punkty pomiarowe do określenia dokładności kierunku działania



Rys. 4.4. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarcia L1-N

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	-1,284	-1,272	0,012	0,94	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,76
0,4 Xn	-2,556	-2,543	0,013	0,51	0,4 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
0,8 Xn	-5,099	-5,086	0,013	0,26	0,8 Rn	-6,329	-6,342	-0,013	0,20
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	-1,284	-1,272	0,012	0,94	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,76
0,4 Xn	-2,556	-2,543	0,013	0,51	0,4 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
0,8 Xn	-5,099	-5,086	0,013	0,26	0,8 Rn	-6,329	-6,342	-0,013	0,20
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	-1,284	-1,272	0,012	0,94	0,2 Rn	-1,573	-1,585	-0,012	0,76
0,4 Xn	-2,556	-2,543	0,013	0,51	0,4 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
0,8 Xn	-5,099	-5,086	0,013	0,26	0,8 Rn	-6,304	-6,342	-0,038	0,60
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	-2,088	-1,272	0,816	64,15	0,2 Rn	-0,7676	-0,7927	-0,0251	3,17
0,4 Xn	-3,762	-2,543	1,219	47,94	0,4 Rn	-1,560	-1,585	-0,025	1,58
0,8 Xn	-5,099	-5,086	0,013	0,26	0,8 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
<b>Strefa 1N - zwarcie L2-L3</b>									
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	-1,877	-1,272	0,605	47,56	0,2 Rn	-0,7676	-0,7927	-0,0251	3,17
0,4 Xn	-3,360	-2,543	0,817	32,13	0,4 Rn	-1,560	-1,585	-0,025	1,58
0,8 Xn	-5,602	-5,086	0,516	10,15	0,8 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
<b>Strefa 1N - zwarcie L3-L1</b>									
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	-2,490	-1,272	1,218	95,75	0,2 Rn	-0,7676	-0,7927	-0,0251	3,17
0,4 Xn	-3,360	-2,543	0,817	32,13	0,4 Rn	-1,560	-1,585	-0,025	1,58
0,8 Xn	-5,250	-5,086	0,164	3,22	0,8 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79
<b>Strefa 1N - zwarcie L1-L2-L3</b>									
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	-2,516	-1,272	1,244	97,80	0,2 Rn	-1,572	-0,7927	0,7793	98,31
0,4 Xn	-3,536	-2,543	0,993	39,05	0,4 Rn	-2,716	-1,585	1,131	71,36
0,8 Xn	-6,506	-5,086	1,420	27,92	0,8 Rn	-3,146	-3,171	-0,025	0,79

Tab. 4.13. Wyniki testów dokładności określania kierunku działania dla strefy 1W

<b>Strefa 1W - zwarcie L1-E</b>									
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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,848	-1,865	-0,017	0,91
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-3,713	-3,730	-0,017	0,46
0,8 Xn	-6,934	-6,883	0,051	0,74	0,8 Rn	-7,410	-7,461	-0,051	0,68
<b>Strefa 1W - zwarcie L2-E</b>									
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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,848	-1,865	-0,017	0,91
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-3,713	-3,730	-0,017	0,46
0,8 Xn	-6,900	-6,883	0,017	0,25	0,8 Rn	-7,410	-7,461	-0,051	0,68
<b>Strefa 1W - zwarcie L3-E</b>									

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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,848	-1,865	-0,017	0,91
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-3,713	-3,730	-0,017	0,46
0,8 Xn	-6,900	-6,883	0,017	0,25	0,8 Rn	-7,410	-7,461	-0,051	0,68
Strefa 1W - 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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,009	-1,026	-0,017	1,66
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-2,035	-2,052	-0,0166	0,81
0,8 Xn	-6,900	-6,883	0,017	0,25	0,8 Rn	-4,087	-4,104	-0,017	0,41
Strefa 1W - 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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,009	-1,026	-0,017	1,66
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-2,035	-2,052	-0,0166	0,81
0,8 Xn	-6,934	-6,883	0,051	0,74	0,8 Rn	-4,087	-4,104	-0,017	0,41
Strefa 1W - 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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,009	-1,026	-0,017	1,66
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-2,035	-2,052	-0,0166	0,81
0,8 Xn	-6,934	-6,883	0,051	0,74	0,8 Rn	-4,087	-4,104	-0,017	0,41
Strefa 1W - 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	-1,738	-1,721	0,017	0,99	0,2 Rn	-1,009	-1,026	-0,017	1,66
0,4 Xn	-3,458	-3,441	0,017	0,49	0,4 Rn	-2,035	-2,052	-0,0166	0,81
0,8 Xn	-6,934	-6,883	0,051	0,74	0,8 Rn	-4,087	-4,104	-0,017	0,41

Tab. 4.14. Wyniki testów dokładności określania kierunku działania dla strefy 2

Strefa 2 - 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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,847	-1,865	-0,018	0,97
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-3,712	-3,730	-0,018	0,48

0,8 Xn	-7,516	-7,461	0,055	0,74	0,8 Rn	-7,406	-7,461	-0,055	0,74
<b>Strefa 2 - zwarcie L2-E</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,847	-1,865	-0,018	0,97
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-3,712	-3,730	-0,018	0,48
0,8 Xn	-7,479	-7,461	0,018	0,24	0,8 Rn	-7,406	-7,461	-0,055	0,74
<b>Strefa 2 - zwarcie L3-E</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,847	-1,865	-0,018	0,97
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-3,712	-3,730	-0,018	0,48
0,8 Xn	-7,516	-7,461	0,055	0,74	0,8 Rn	-7,406	-7,461	-0,055	0,74
<b>Strefa 2 - zwarcie L1-L2</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,007	-1,026	-0,019	1,85
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-2,033	-2,052	-0,019	0,93
0,8 Xn	-7,479	-7,461	0,018	0,24	0,8 Rn	-4,085	-4,104	-0,019	0,46
<b>Strefa 2 - zwarcie L2-L3</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,007	-1,026	-0,019	1,85
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-2,033	-2,052	-0,019	0,93
0,8 Xn	-7,479	-7,461	0,018	0,24	0,8 Rn	-4,085	-4,104	-0,019	0,46
<b>Strefa 2 - zwarcie L3-L1</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,007	-1,026	-0,019	1,85
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-2,033	-2,052	-0,019	0,93
0,8 Xn	-7,479	-7,461	0,018	0,24	0,8 Rn	-4,085	-4,104	-0,019	0,46
<b>Strefa 2 - zwarcie L1-L2-L3</b>									
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	-1,884	-1,865	0,019	1,02	0,2 Rn	-1,007	-1,026	-0,019	1,85
0,4 Xn	-3,749	-3,730	0,019	0,51	0,4 Rn	-2,033	-2,052	-0,019	0,93



0,8 Xn	-7,479	-7,461	0,018	0,24	0,8 Rn	-4,085	-4,104	-0,019	0,46
--------	--------	--------	-------	------	--------	--------	--------	--------	------

Tab. 4.15. Wyniki testów dokładności określania kierunku działania dla strefy 3

Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,844	-1,865	-0,021	1,13
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-3,710	-3,730	-0,02	0,54
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-7,440	-7,461	-0,021	0,28
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,844	-1,865	-0,021	1,13
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-3,710	-3,730	-0,02	0,54
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-7,440	-7,461	-0,021	0,28
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,844	-1,865	-0,021	1,13
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-3,710	-3,730	-0,02	0,54
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-7,398	-7,461	-0,063	0,84
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,005	-1,026	-0,021	2,05
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-2,031	-2,052	-0,021	1,02
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-4,083	-4,104	-0,021	0,51
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,005	-1,026	-0,021	2,05
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-2,031	-2,052	-0,021	1,02
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-4,083	-4,104	-0,021	0,51
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,005	-1,026	-0,021	2,05
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-2,031	-2,052	-0,021	1,02
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-4,083	-4,104	-0,021	0,51
Strefa 3 - 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	-2,132	-2,111	0,021	0,99	0,2 Rn	-1,047	-1,026	0,021	2,05
0,4 Xn	-4,243	-4,222	0,021	0,50	0,4 Rn	-2,031	-2,052	-0,021	1,02
0,8 Xn	-8,506	-8,444	0,062	0,73	0,8 Rn	-4,083	-4,104	-0,021	0,51

Tab. 4.16. Wyniki testów dokładności określania kierunku działania dla strefy 5\_tyl

Strefa 5_tyl - zwarcie L1-E							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8245	-0,8394	-0,0149	1,78
Strefa 5_tyl - zwarcie L2-E							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8542	-0,8394	0,0148	1,76
Strefa 5_tyl - zwarcie L3-E							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8245	-0,8394	-0,0149	1,78
Strefa 5_tyl - zwarcie L1-L2							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8542	-0,8394	0,0148	1,76
Strefa 5_tyl - zwarcie L2-L3							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8245	-0,8394	-0,0149	1,78
Strefa 5_tyl - zwarcie L3-L1							
2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8245	-0,8394	-0,0149	1,78
Strefa 5_tyl - zwarcie L3-L1							

2 ćwiartka				4 ćwiartka			
Ract[Ω]	Rnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]	Xact[Ω]	Xnom[Ω]	Bł. bezw. [Ω]	Bł. wzgl. [%]
-0,3917	-0,3768	0,015	3,95	-0,8245	-0,8394	-0,0149	1,78

### **Wnioski**

Dla wszystkich stref poza strefą 1N błędy określania kierunku działania w 2 ćwiartce nie przekraczają 1,5%, a w 4 ćwiartce nie przekraczają 2,5%.

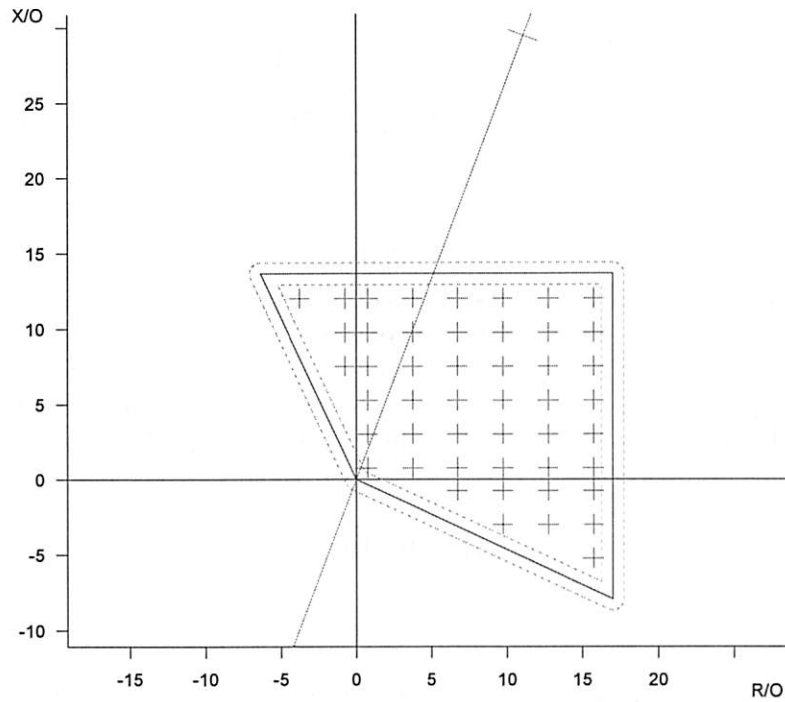
Dla strefy 1N dla zwarć doziemnych błędy określania kierunku działania nie przekraczają 1%. Dla zwarć międzyfazowych i 3-fazowych błędy określania kierunku działania osiągają zdecydowanie większe wartości dochodzące do niemal 100% przy wymuszeniach bliskich środka płaszczyzny impedancyjnej (punkty pomiarowe  $0,2 X_n$  i  $0,2 R_n$  na rys. 4.3).

### **4.3. Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref**

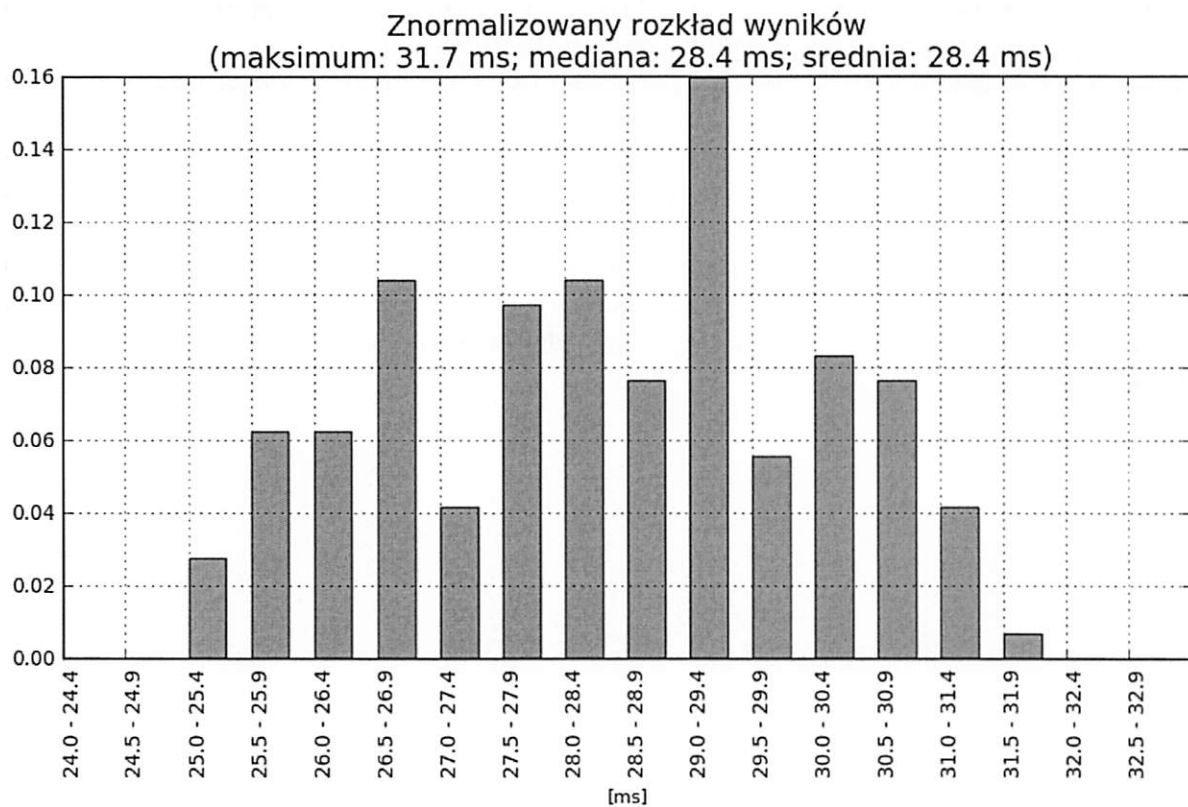
#### **Przebieg testów**

Testy czasów własnych wykonano osobno dla każdej strefy, dla każdego typu zwarcia wymuszając zakłócenie w 30-60 punktach testowych. Dla każdej strefy stworzono 2 siatki punktów testowych, równomiernie rozłożonych wewnątrz strefy, z pominięciem przestrzeni granicznej w której dozwolone jest działanie z czasem sąsiedniej strefy. Jeden zestaw punktów testowych przeznaczony był dla zwarć doziemnych, a drugi dla pozostałych zwarć. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarciach L1-N przedstawiono na rys. 4.5. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *Czasy własne*. Wyniki testów zamieszczono na rys. 4.6, rys. 4.7, rys. 4.8, rys. 4.9, rys. 4.10, rys. 4.11, rys. 4.12, rys. 4.13, rys. 4.14, rys. 4.15, rys. 4.16, rys. 4.17, rys. 4.18, rys. 4.19, rys. 4.20, rys. 4.21, rys. 4.22, rys. 4.23, rys. 4.24, rys. 4.25.

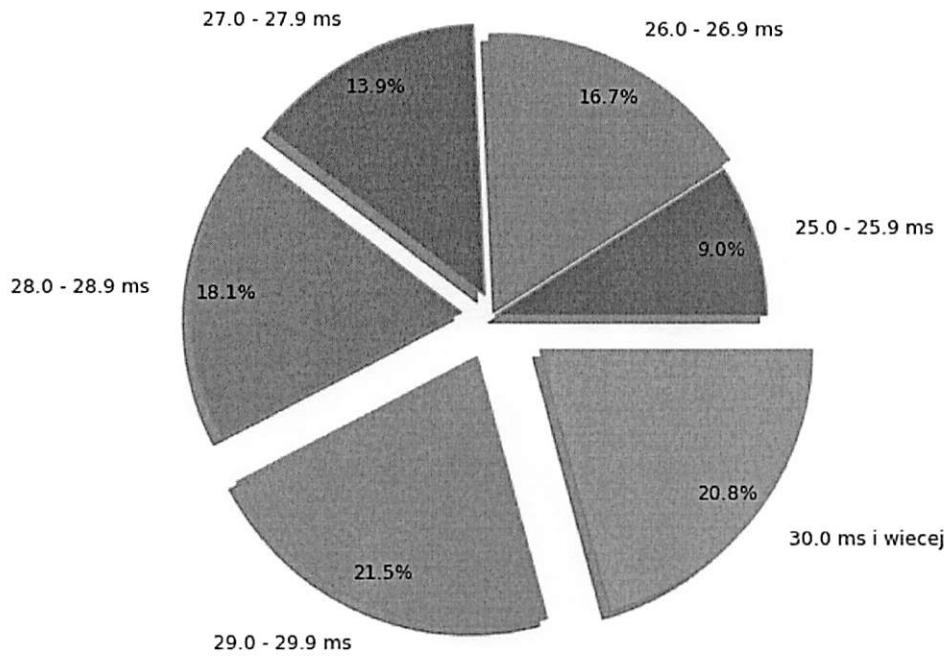
Testy wykonano dla każdej strefy osobno (aktywowana była tylko badana strefa, inne były wyłączone). Nastawienia każdej strefy odpowiadały parametrom pokazanym w rozdz. 2. Jedyna zmiana w nastawieniach polegała na ustawieniu czasu działania badanej strefy na czas bezzwłoczny.



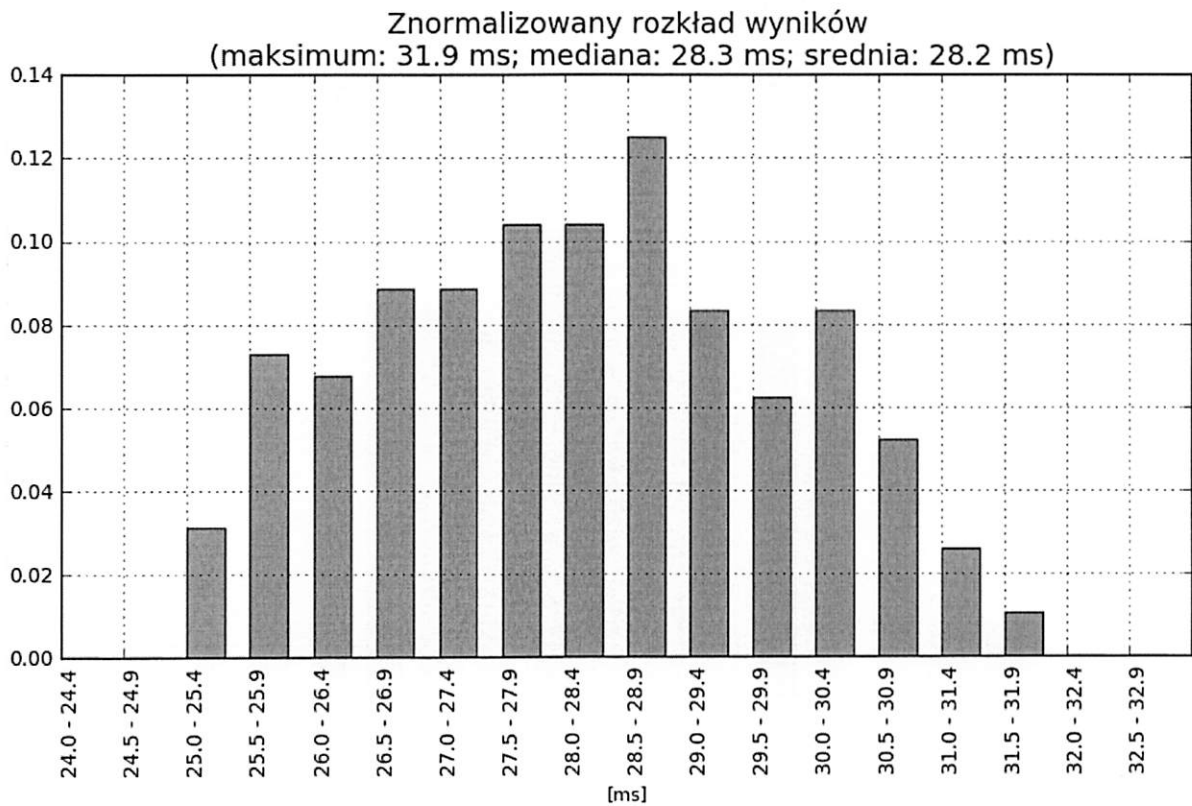
Rys. 4.5. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwarcia L1-N



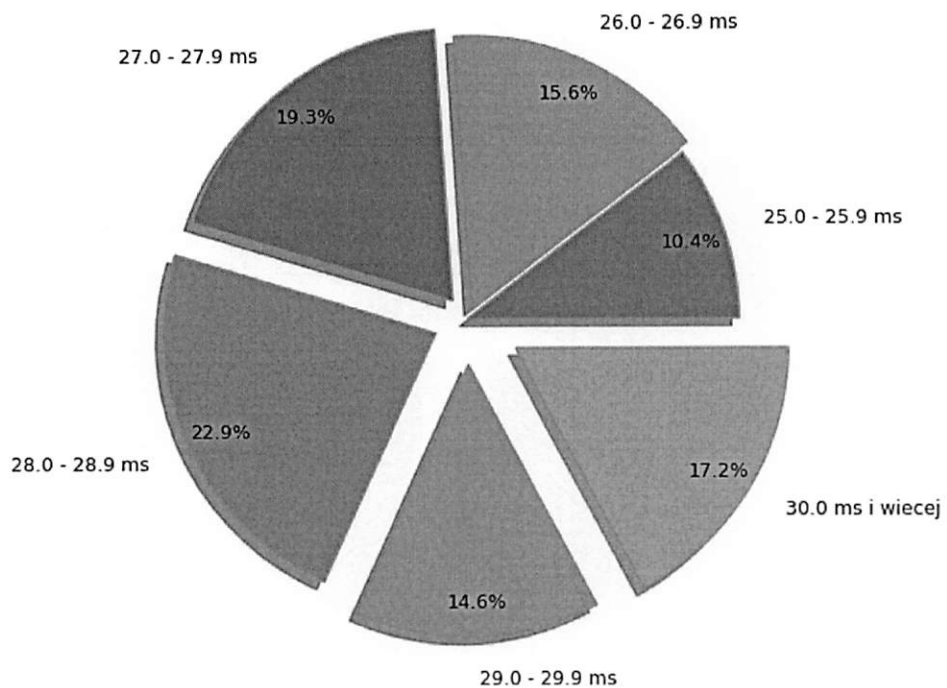
Rys. 4.6. Rozkład czasów własnych strefy 1N dla zwarć doziemnych – wykres słupkowy



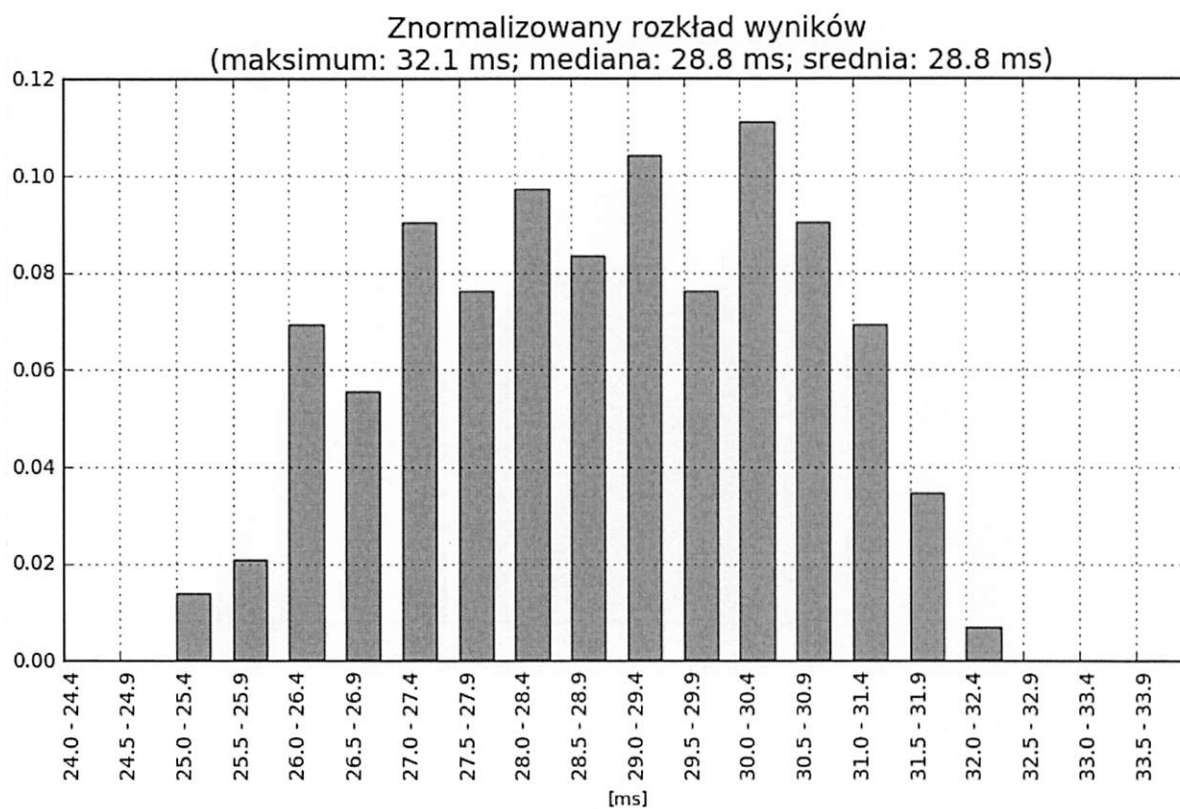
Rys. 4.7. Rozkład czasów własnych strefy 1N dla zwarć doziemnych – wykres kołowy



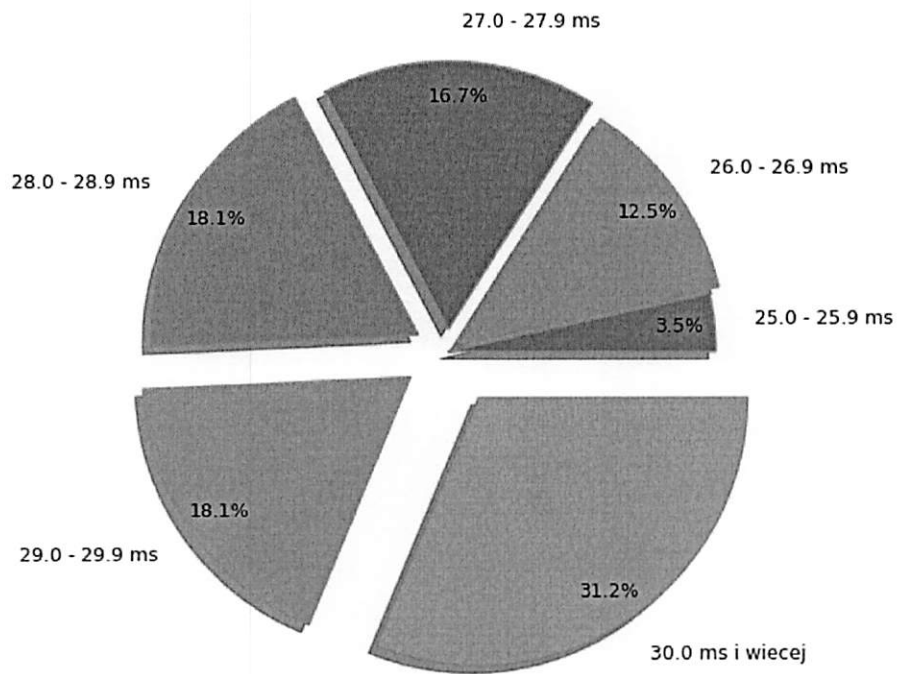
Rys. 4.8. Rozkład czasów własnych strefy 1N dla zwarć międzyfazowych – wykres słupkowy



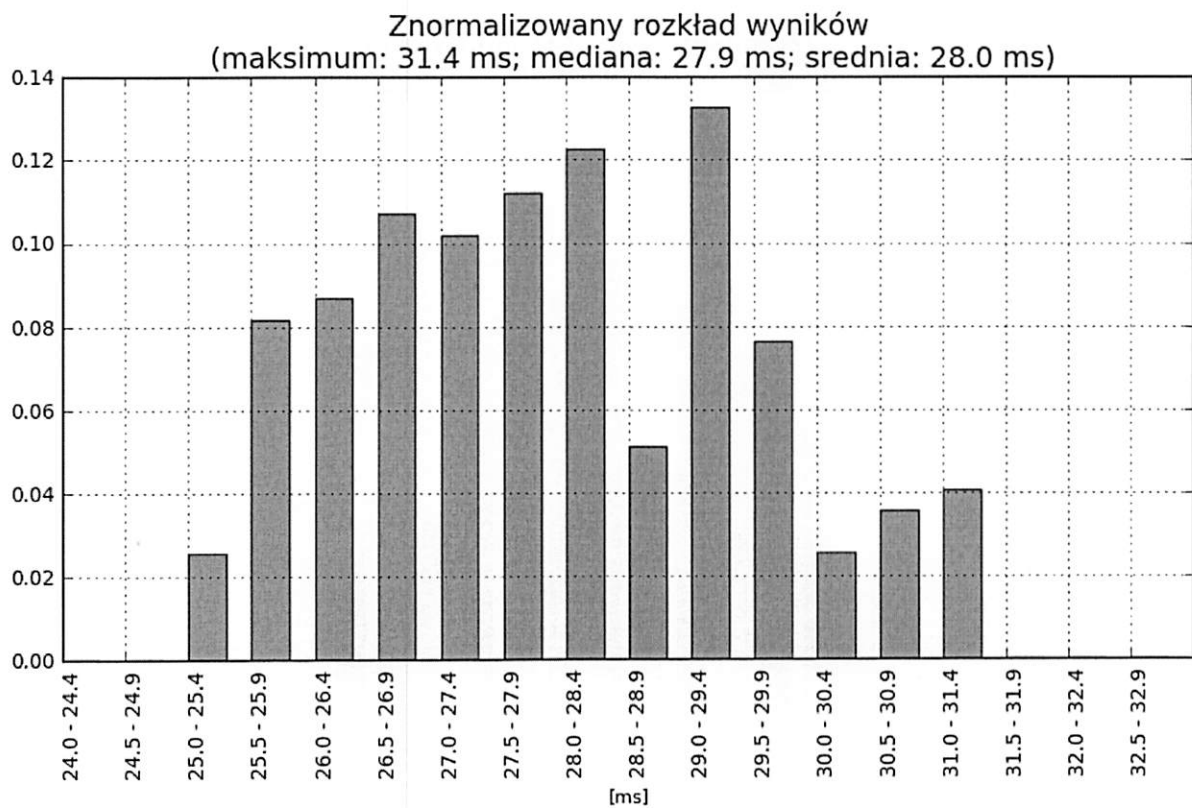
Rys. 4.9. Rozkład czasów własnych strefy 1N dla zwarć międzyfazowych – wykres kołowy



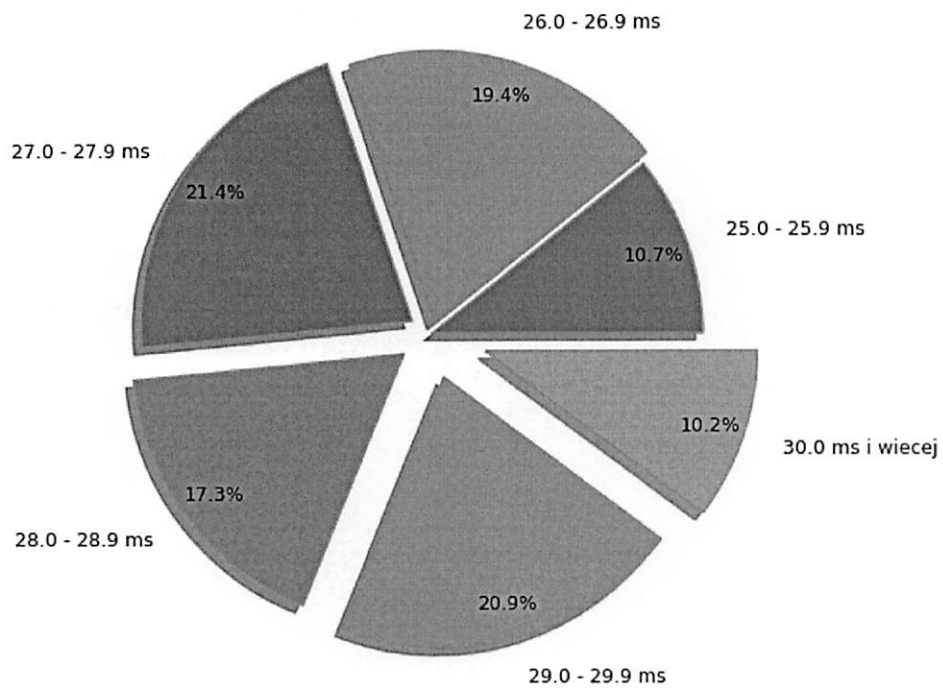
Rys. 4.10. Rozkład czasów własnych strefy 1W dla zwarć doziemnych – wykres słupkowy



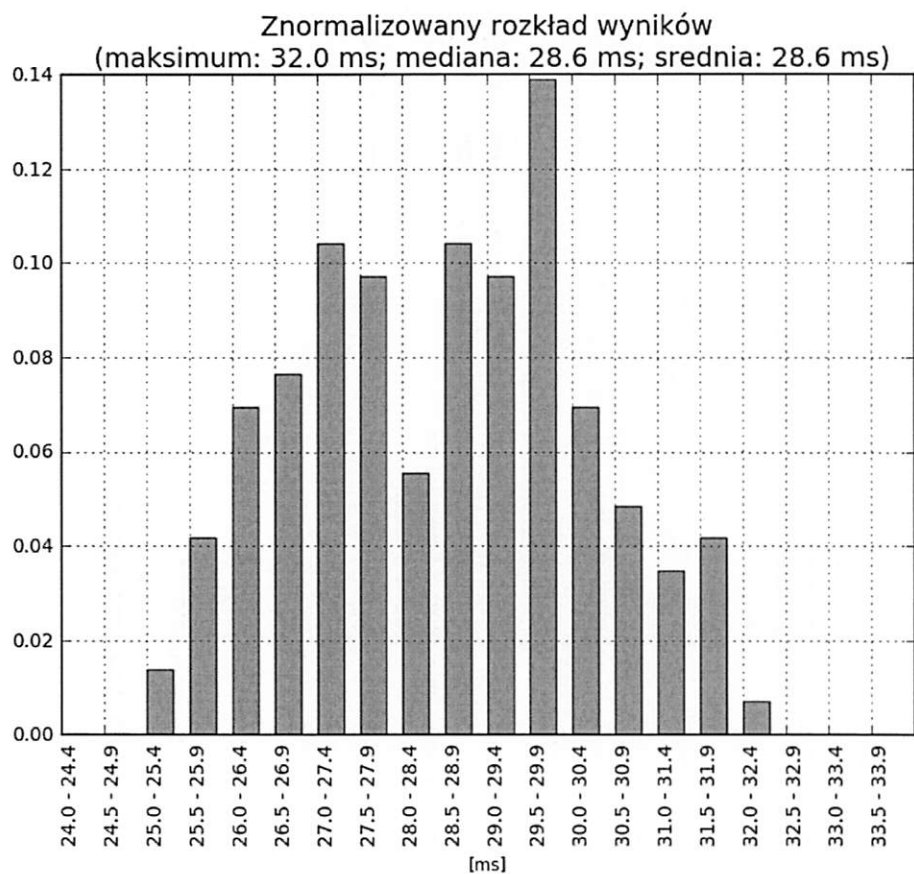
Rys. 4.11. Rozkład czasów własnych strefy 1W dla zwarć doziemnych – wykres kołowy



Rys. 4.12. Rozkład czasów własnych strefy 1W dla zwarć międzyfazowych – wykres słupkowy

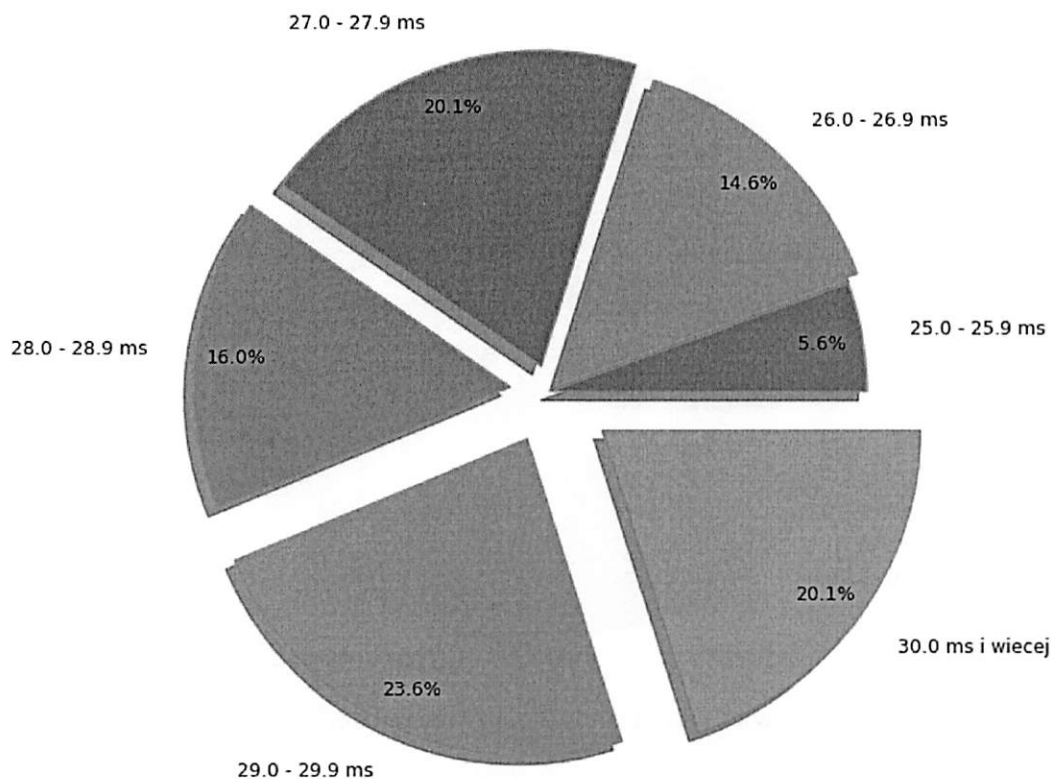


Rys. 4.13. Rozkład czasów własnych strefy 1W dla zwarć międzyfazowych – wykres kołowy

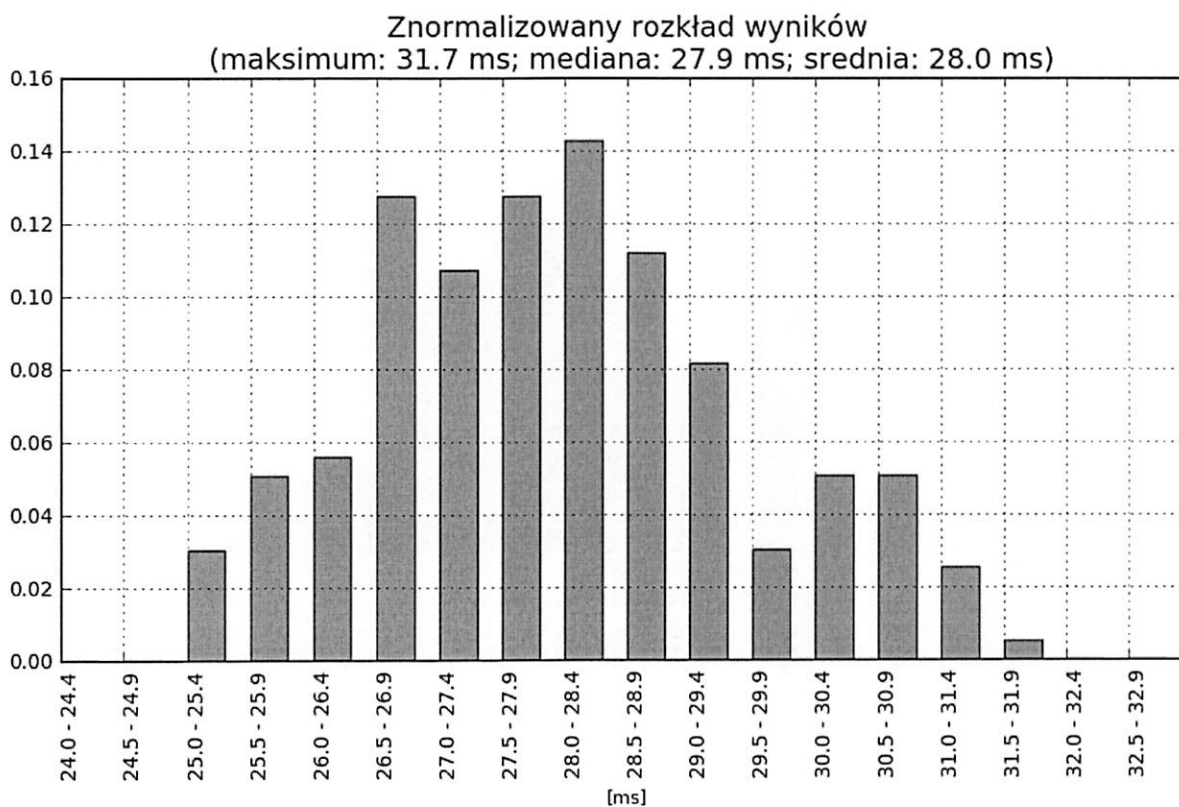


Rys. 4.14. Rozkład czasów własnych strefy 2 dla zwarć doziemnych – wykres słupkowy

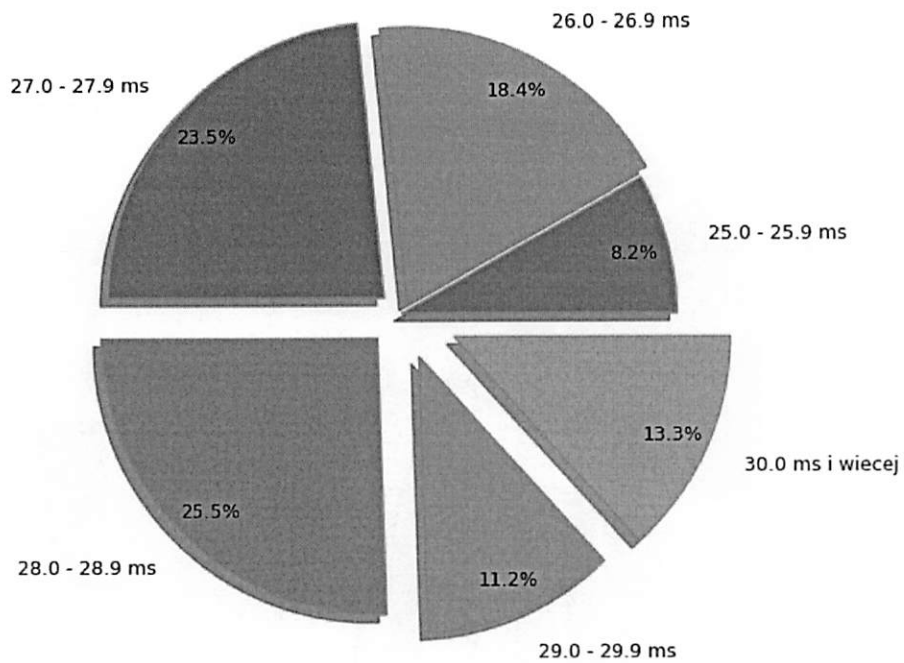




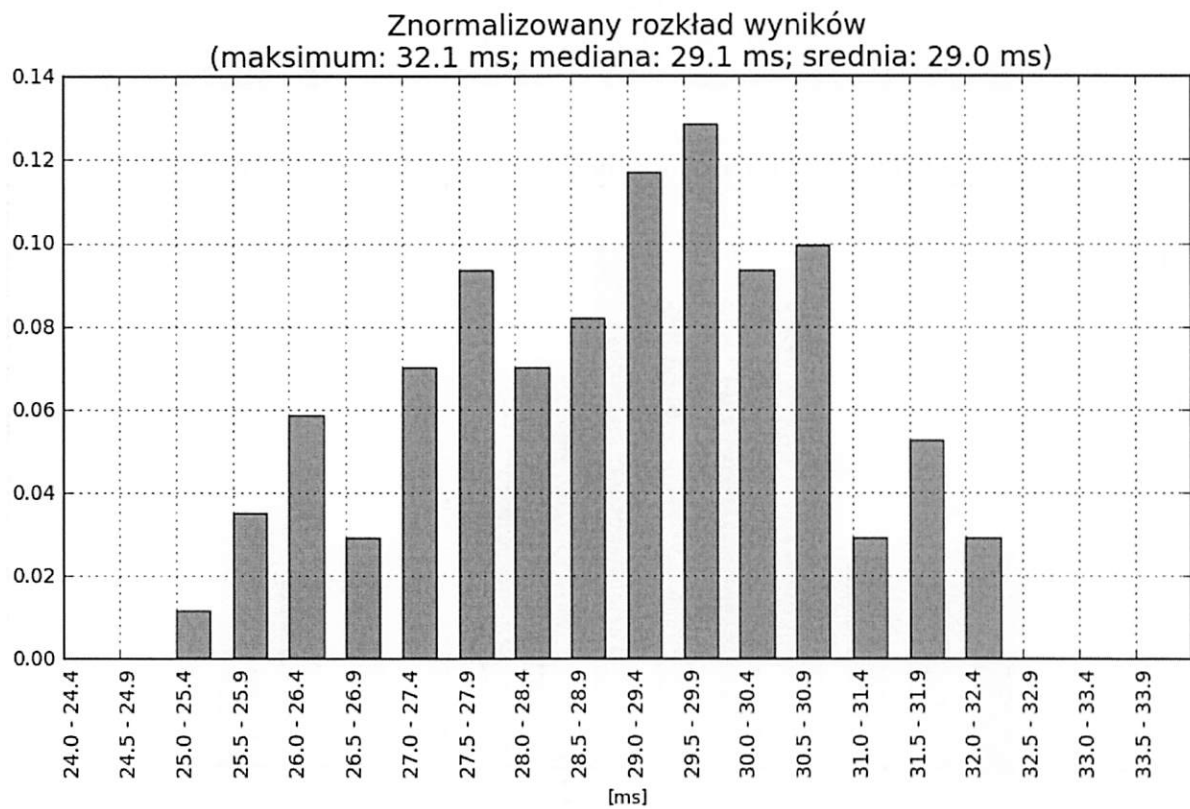
Rys. 4.15. Rozkład czasów własnych strefy 2 dla zwarć doziemnych – wykres kołowy



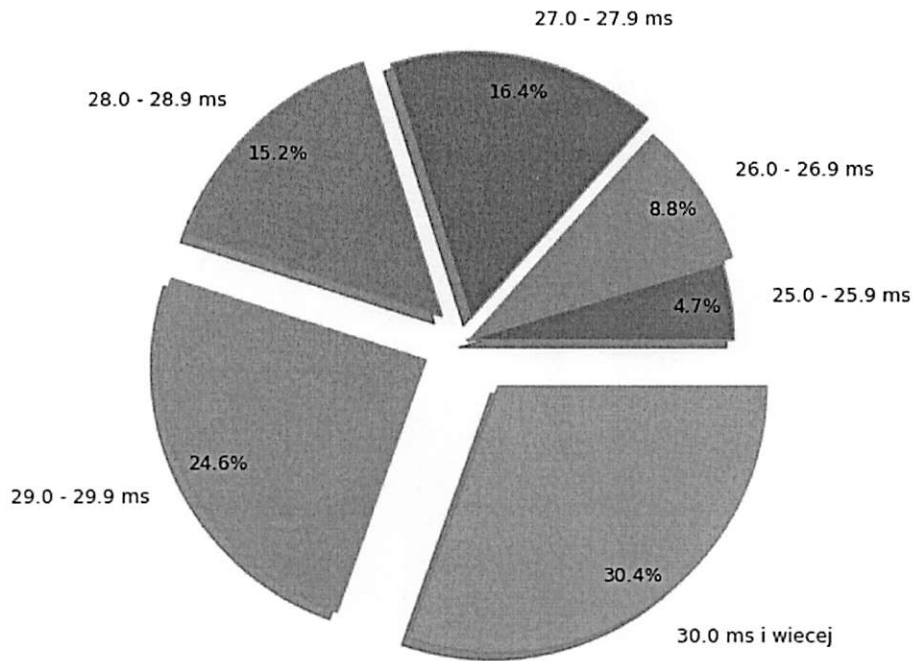
Rys. 4.16. Rozkład czasów własnych strefy 2 dla zwarć międzyfazowych – wykres słupkowy



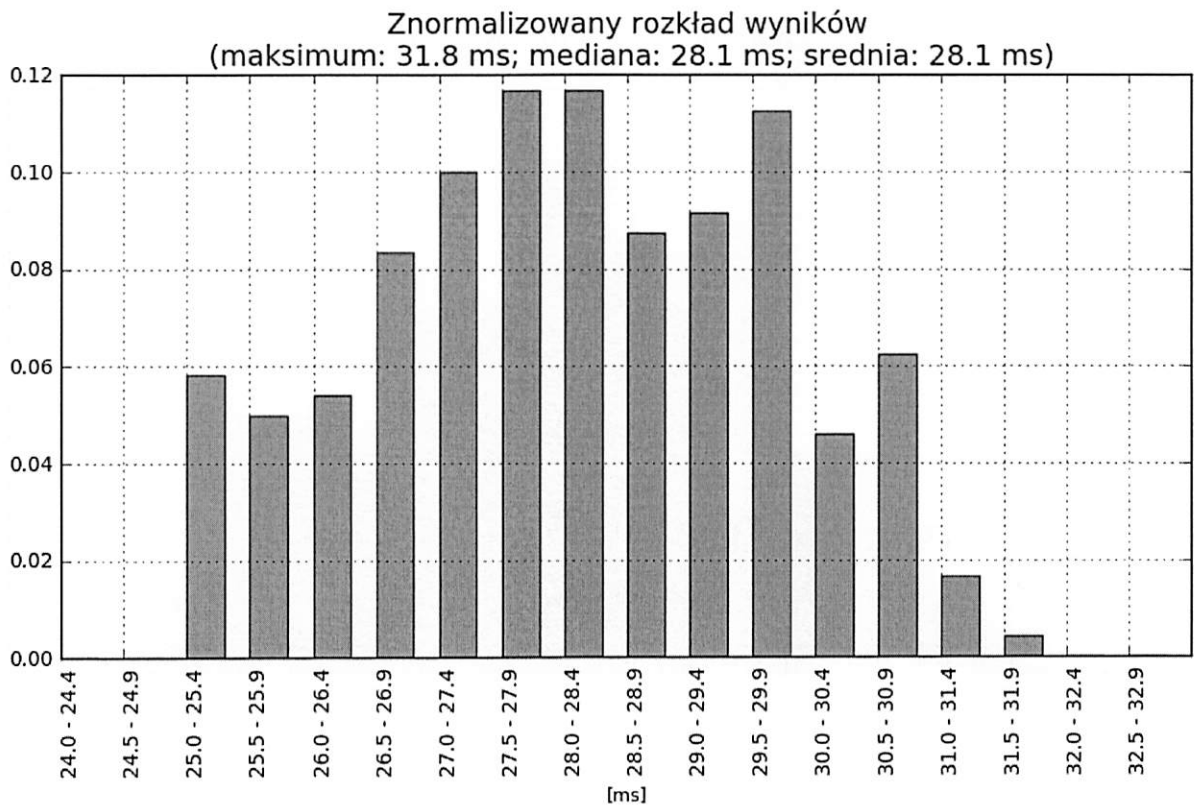
Rys. 4.17. Rozkład czasów własnych strefy 2 dla zwarć międzyfazowych – wykres kołowy



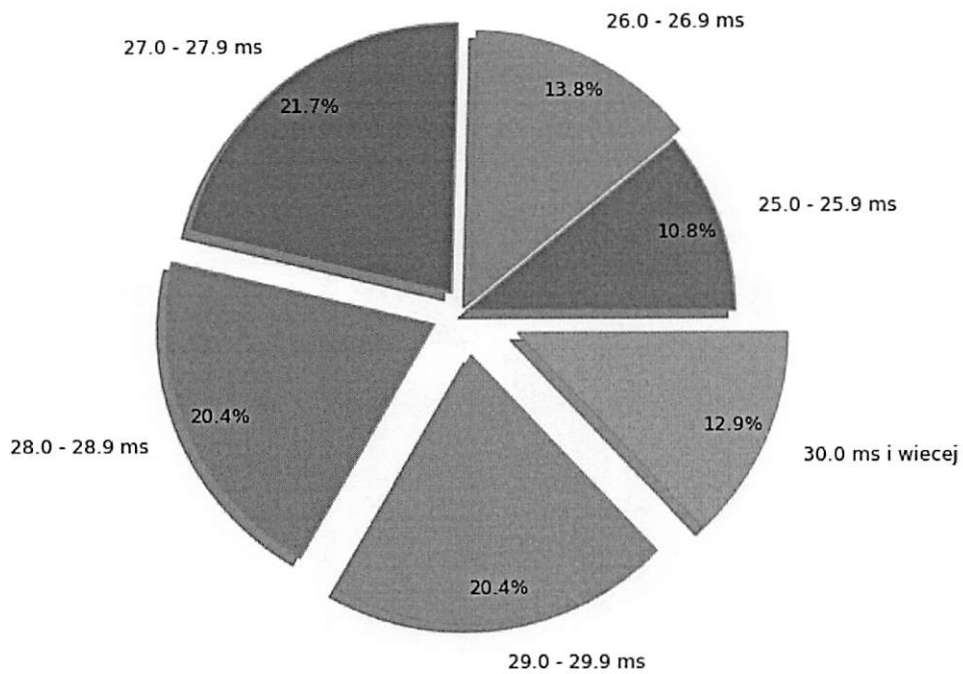
Rys. 4.18. Rozkład czasów własnych strefy 3 dla zwarć doziemnych – wykres słupkowy



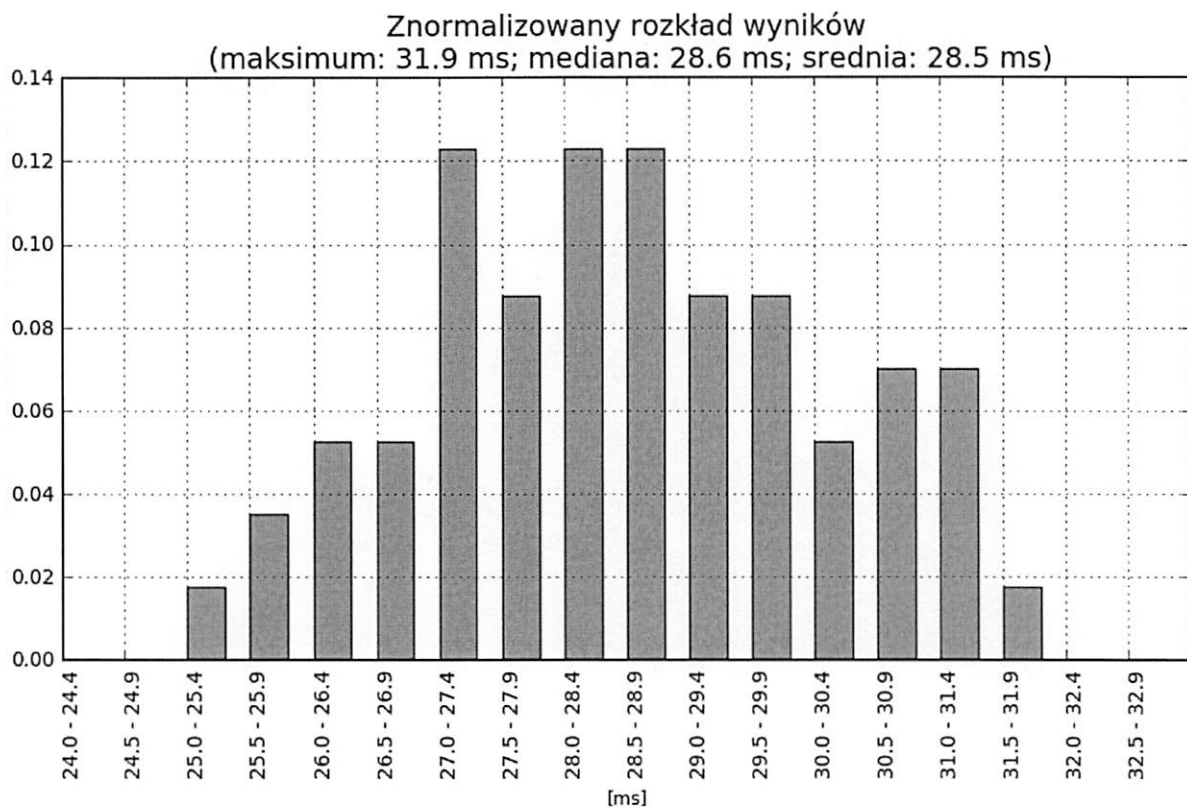
Rys. 4.19. Rozkład czasów własnych strefy 3 dla zwarć doziemnych – wykres kołowy



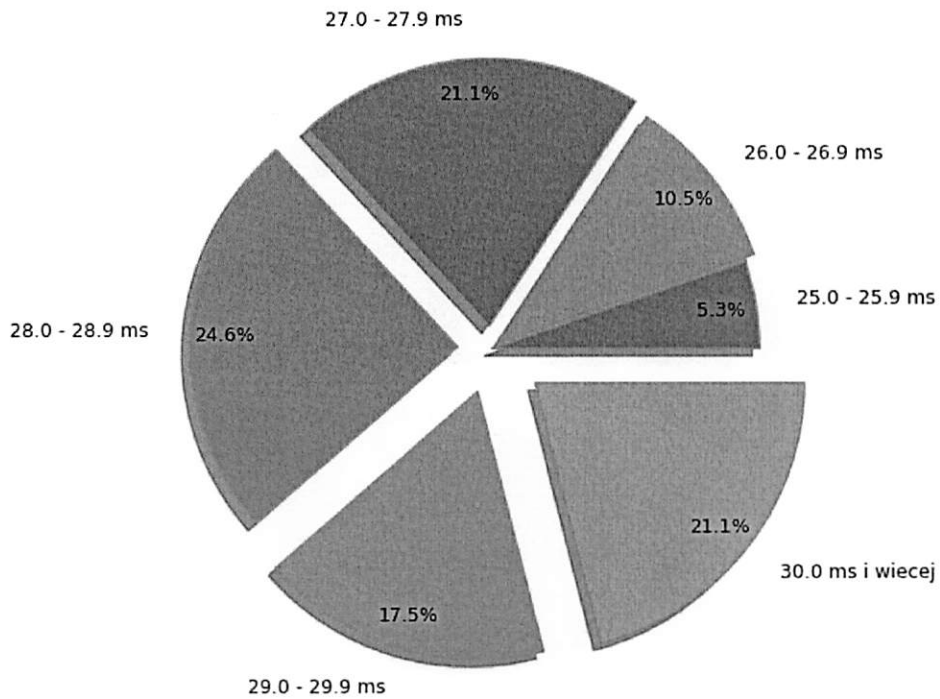
Rys. 4.20. Rozkład czasów własnych strefy 3 dla zwarć międzyfazowych – wykres słupkowy



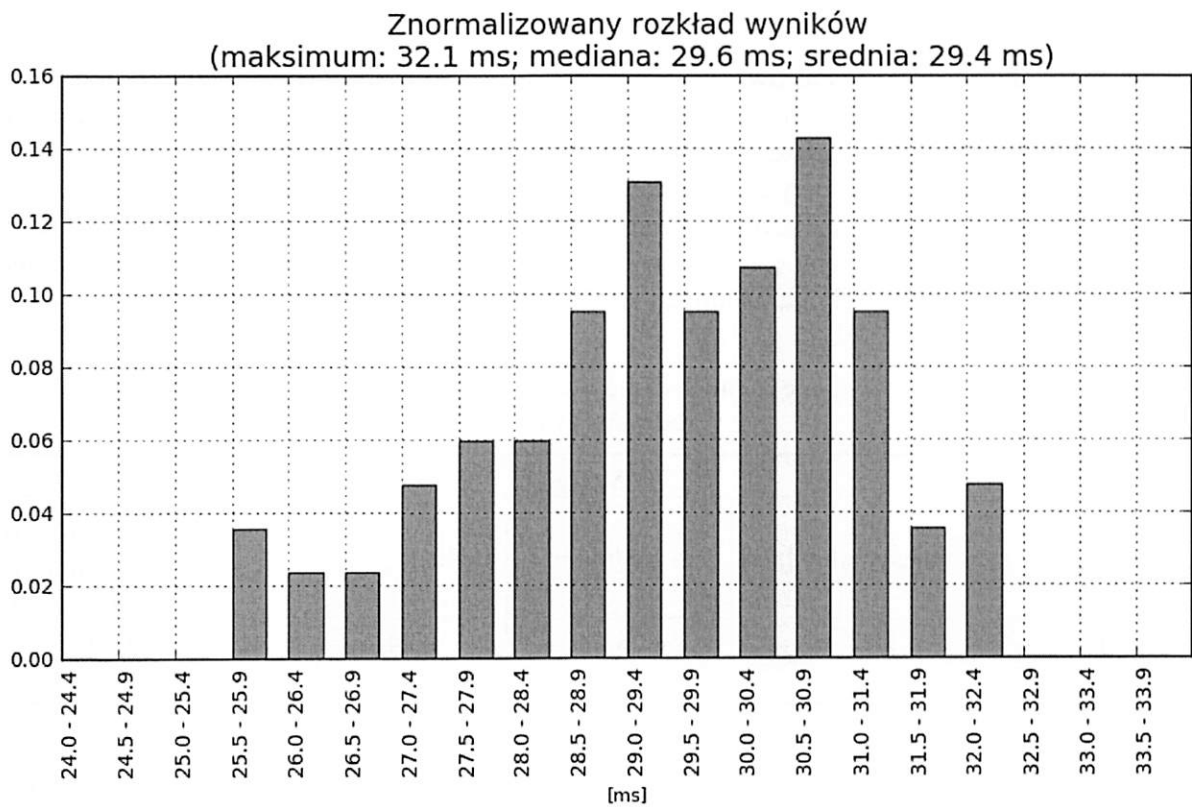
Rys. 4.21. Rozkład czasów własnych strefy 3 dla zwarcí międzyfazowych – wykres kołowy



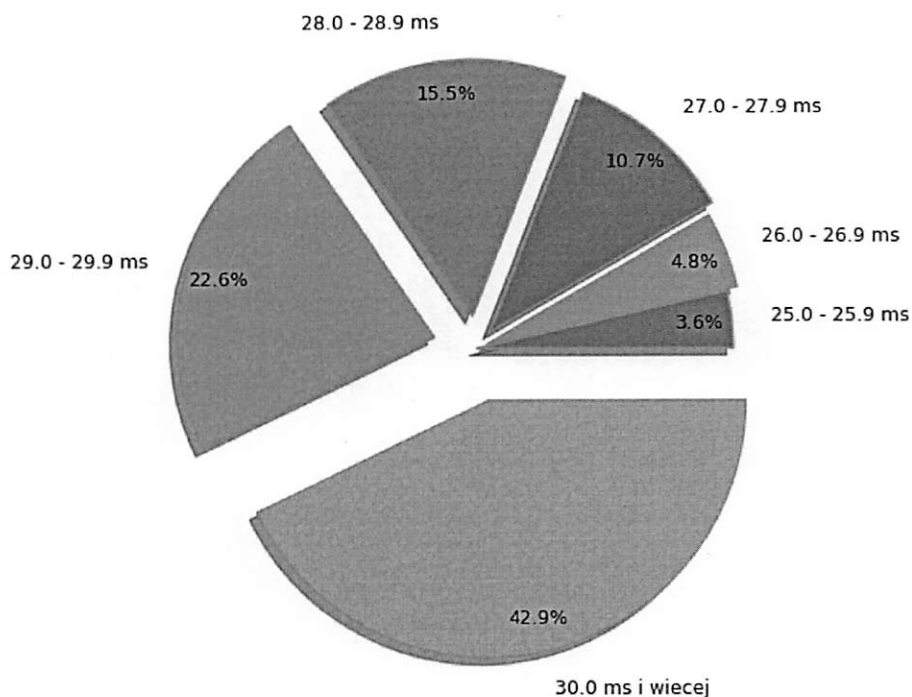
Rys. 4.22. Rozkład czasów własnych strefy 5\_tyl dla zwarcí doziemnych – wykres słupkowy



Rys. 4.23. Rozkład czasów własnych strefy 5\_tyl dla zwarć doziemnych – wykres kołowy



Rys. 4.24. Rozkład czasów własnych strefy 5\_tyl dla zwarć międzyfazowych – wykres słupkowy



Rys. 4.25. Rozkład czasów własnych strefy 5\_tyl dla zwarć międzyfazowych – wykres kołowy

### Wnioski

Czasy własne, biorąc pod uwagę wszystkie strefy i wszystkie rodzaje zwarć, mieszczą się w granicach 25 ms – 32,5 ms. Nie odnotowano przypadków odchylenia od normy o czym świadczą bardzo zbliżone wartości median i wartości średnich. Wyniki testów można uznać za zadowalające. Sumaryczne wyniki uzyskane z testów pokazano w tab. 4.17.

Należy zaznaczyć, że pomiary czasów działania stref przeprowadzono zgodnie z zasięgami stref, odpowiadającym nastawieniom pokazanym w rozdz. 2, a jedyną zmianą było ustawienia czasów działania badanych stref na 0.

Tab. 4.17. Zbiorcze zestawienie średnich czasów zadziałania poszczególnych stref dla różnych rodzajów zwarć

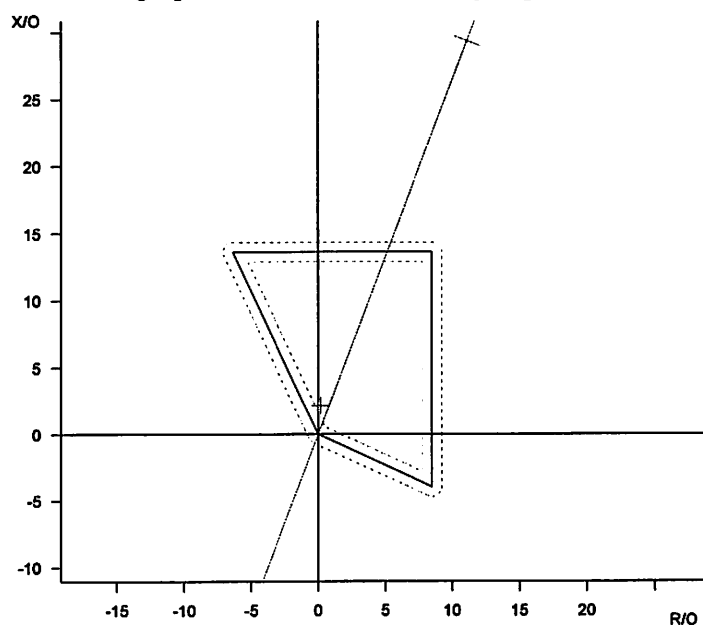
Strefa 1N				
Typ zwarcia	czas maksymalny [ms]	czas średni [ms]	mediana [ms]	przedział czasowy o największym udziale procentowym [ms]
doziemne	31,7	28,4	28,4	29,0-29,4
międzyfazowe	31,9	28,2	28,3	28,5-28,9
Strefa 1W				
Typ zwarcia	czas maksymalny [ms]	czas średni [ms]	mediana [ms]	przedział czasowy o największym udziale procentowym [ms]
doziemne	32,1	28,8	28,8	30,0-30,4
międzyfazowe	31,4	28,0	27,9	29,5-29,9
Strefa 2				

Typ zwarcia	czas maksymalny [ms]	czas średni [ms]	mediana [ms]	przedział czasowy o największym udziale procentowym [ms]
doziemne	32,0	28,6	28,6	29,5-29,9
międzyfazowe	31,7	28,0	27,9	28,0-28,4
<b>Strefa 3</b>				
Typ zwarcia	czas maksymalny [ms]	czas średni [ms]	mediana [ms]	przedział czasowy o największym udziale procentowym [ms]
doziemne	32,1	29,0	29,1	29,5-29,9
międzyfazowe	31,8	28,1	28,1	27,5-27,9 ; 28,0-28,4
<b>Strefa 5 tył</b>				
Typ zwarcia	czas maksymalny [ms]	czas średni [ms]	mediana [ms]	przedział czasowy o największym udziale procentowym [ms]
doziemne	31,9	28,5	28,6	27,0-27,4 ; 28,0-28,4 ; 28,5-28,9
międzyfazowe	32,1	29,4	29,6	30,5-30,9

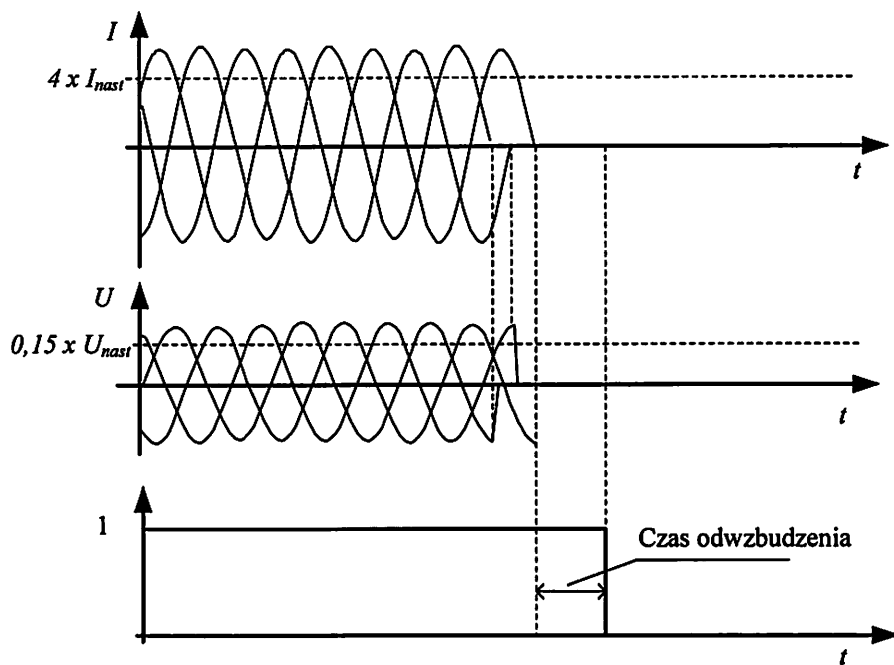
#### 4.4. Określenie czasu odpadania funkcji odległościowej

##### Przebieg testów

Testy czasu odpadu funkcji odległościowej wykonano poprzez 5-krotne wymuszenie zwarcia trójfazowego o parametrach  $I=4\text{ A}$  i  $U=0,15\text{ U}_N$ . Lokalizację punktu pomiarowego na płaszczyźnie impedancyjnej przedstawiono na rys. 4.26. Czas odpadania liczony jest od momentu zaniku w zerze ostatniego prądu fazowego, do momentu zaniknięcia sygnału TRIP doprowadzonego z testowanego przekaźnika do testera, jak przedstawiono na rys. 4.27.



Rys. 4.26. Przykładowy wygląd testu



Rys. 4.27. Sposób określania czasu odpadu

### Wnioski

Uzyskane wyniki czasu odpadu oscylują w granicach 50 ms. Wartość średnia uzyskana z otrzymanych wyników wynosi 50,6 ms. Wyniki testów zamieszczono w tab. 4.18.

Tab. 4.18. Wyniki testów czasu odpadu

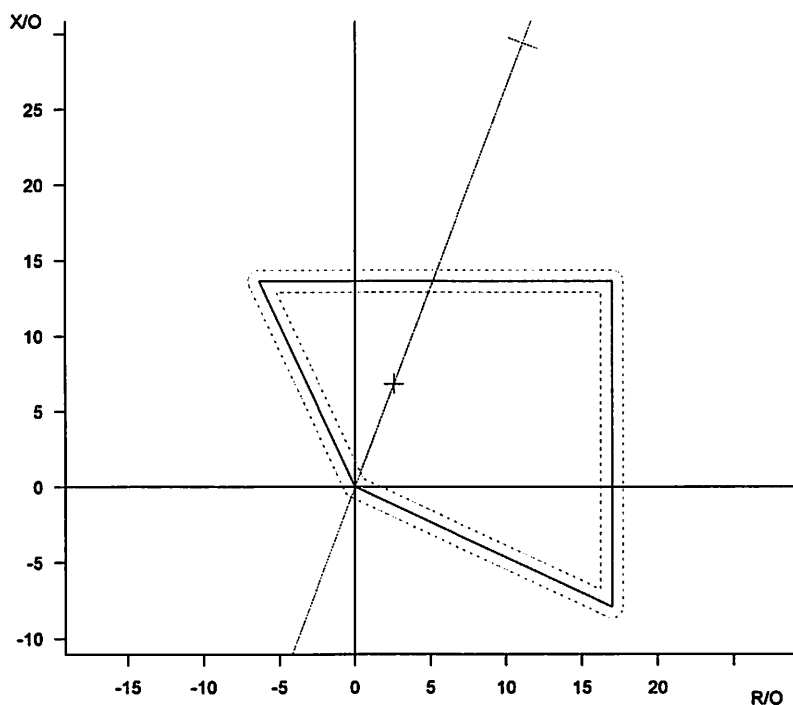
L.p.	Czas odpadu [ms]
1	51,30
2	51,04
3	49,33
4	50,17
5	51,15
Wartość średnia	50,60

## 4.5. Określenie dokładności nastawionej zwłoki czasowej

### Przebieg testów

Testy dokładności określania nastawionej zwłoki czasowej przeprowadzono dla 1 wybranej strefy. Testy przeprowadzono dla strefy 1N. Dokładność określania zwłoki czasowej sprawdzono dla nastawienia czasu równego 50% zakresu oraz dla nastawienia równego 100% dostępnego zakresu zwłoki czasowej. Dla każdego nastawienia wykonano 5-krotne zwarcie jednofazowego, dwufazowego i trójfazowego. Wymuszenia przeprowadzono w 50% zakresu strefy dla danego typu zwarcia. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przy zwiarcach L1-N przedstawiono na rys. 4.28. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *Czasy zwłoki*. Wyniki testów zamieszczono w tab. 4.19, tab. 4.20.





Rys. 4.28. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N dla zwarć typu L1-N

Tab. 4.19. Wyniki testów czasów zwłoki dla nastawy 50%

Nastawa 50% - zwarcie L1-E - strefa 1N						
L.p.	$ Z $ [ $\Omega$ ]	$\varphi$ [ $^\circ$ ]	$t_{nom}$ [s]	$t_{act}$ [s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	16,00	16,01	-0,01	0,0625
2	7,29	69,3	16,00	16,01	-0,01	0,0625
3	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
4	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
5	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
Nastawa 50% - zwarcie L1-L2 - strefa 1N						
L.p.	$ Z $ [ $\Omega$ ]	$\varphi$ [ $^\circ$ ]	$t_{nom}$ [s]	$t_{act}$ [s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
2	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
3	7,29	69,3	16,00	16,01	-0,01	0,0625
4	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
5	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
Nastawa 50% - zwarcie L1-L2-L3 - strefa 1N						
L.p.	$ Z $ [ $\Omega$ ]	$\varphi$ [ $^\circ$ ]	$t_{nom}$ [s]	$t_{act}$ [s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
2	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
3	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000
4	7,29	69,3	16,00	16,01	-0,01	0,0625
5	7,29	69,3	16,00	16,00	0,00	0,0000

Tab. 4.20. Wyniki testów czasów zwłoki dla nastawy 100%\*

Nastawa 100% - zwarcie L1-E - strefa 1N						
L.p.	Z  [Ω]	φ[°]	tnom[s]	tact[s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313
2	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
3	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
4	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
5	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313
Nastawa 100% - zwarcie L1-L2 - strefa 1N						
L.p.	Z  [Ω]	φ[°]	tnom[s]	tact[s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
2	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313
3	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313
4	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
5	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
Nastawa 100% - zwarcie L1-L2-L3 - strefa 1N						
L.p.	Z  [Ω]	φ[°]	tnom[s]	tact[s]	Bł. bezw. [s]	Bł. wzgl. [%]
1	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
2	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313
3	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
4	7,29	69,3	31,99	31,99	0,00	0,0000
5	7,29	69,3	31,99	32,00	0,01	0,0313

\*W przypadku zabezpieczenia UTX3 nastawienie maksymalnej zwłoki 32 s powoduje zablokowanie działania danej strefy. W związku z tym nastawiono do testów zwłokę równą 31,99s.

## Wnioski

Uzyskane w wyniku przeprowadzonych testów dokładność nastawionych czasów zwłoki można uznać za poprawne.

## **4.6. Sprawdzenie możliwości nastawiania dowolnego kierunku działania stref**

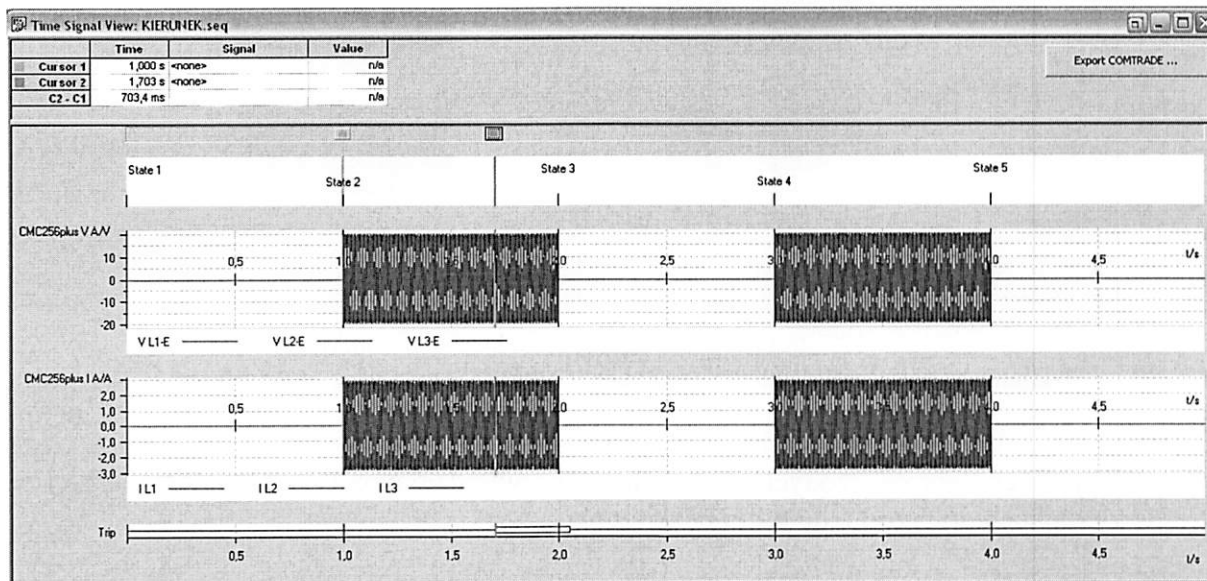
### Przebieg testów

Testy możliwości nastawiania dowolnego kierunku działania stref wykonano poprzez wymuszenie zwarcia w 50% zasięgu danej strefy (dla kąta zwarcia linii) w kierunku do przodu i do tyłu, i sprawdzenie zmiany działania przełącznika wraz ze zmianą kierunkowości danej strefy w nastawach przełącznika. Do przeprowadzenia testów wykorzystano moduł *State Sequencer*. Testy wykonano osobno dla każdej ze stref. Dla każdej ze stref sprawdzono opcje: przód, tył, bezkierunkowa. Sekwencję testową przedstawiono na rys. 4.29. Zwarcie widoczne w *State 2-State 3* było widziane przez przełącznik z przodu, natomiast w *State 4-State 5* do tyłu.

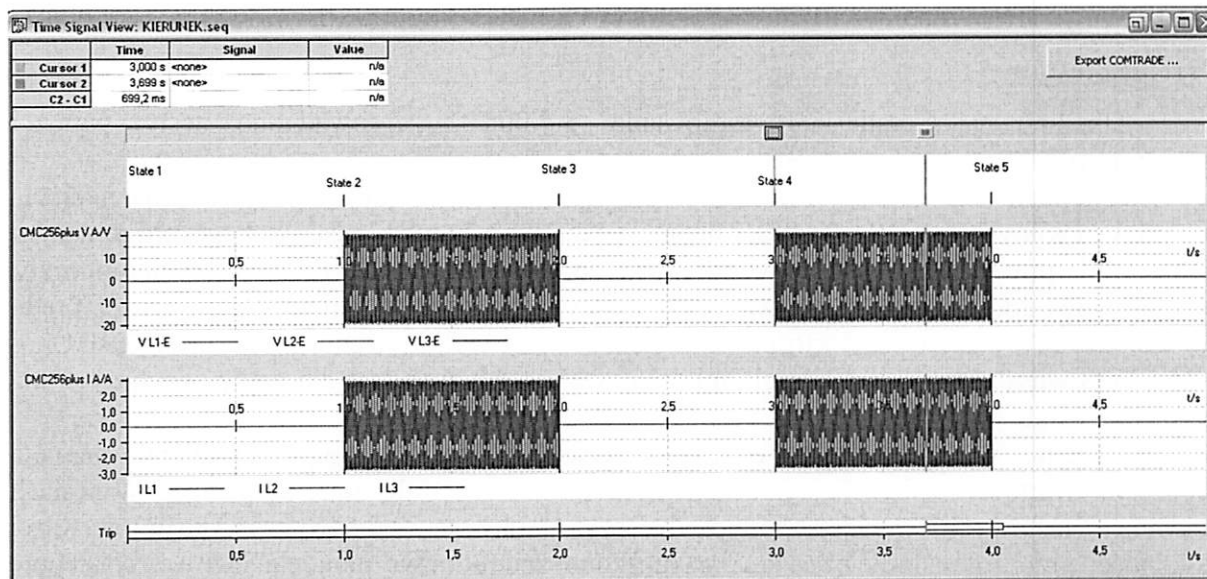
Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przedstawiono na rys. 4.30, rys. 4.31, rys. 4.32. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *Nastawianie kierunku*.

Table View: KIERUNEK.seq																
Name	1			2			3			4			5			
VL1-E	0,000 V	0,00°	50,000 Hz	14,00 V	0,00°	50,000 Hz	0,000 V	0,00°	50,000 Hz	14,00 V	0,00°	50,000 Hz	0,000 V	0,00°	50,000 Hz	
VL2-E	0,000 V	-120,00°	50,000 Hz	14,00 V	-120,00°	50,000 Hz	0,000 V	-120,00°	50,000 Hz	14,00 V	-120,00°	50,000 Hz	0,000 V	-120,00°	50,000 Hz	
VL3-E	0,000 V	120,00°	50,000 Hz	14,00 V	120,00°	50,000 Hz	0,000 V	120,00°	50,000 Hz	14,00 V	120,00°	50,000 Hz	0,000 V	120,00°	50,000 Hz	
IL1	0,000 A	0,00°	50,000 Hz	2,000 A	-69,30°	50,000 Hz	0,000 A	0,00°	50,000 Hz	2,000 A	110,70°	50,000 Hz	0,000 A	0,00°	50,000 Hz	
IL2	0,000 A	-120,00°	50,000 Hz	2,000 A	170,70°	50,000 Hz	0,000 A	-120,00°	50,000 Hz	2,000 A	-9,30°	50,000 Hz	0,000 A	-120,00°	50,000 Hz	
IL3	0,000 A	120,00°	50,000 Hz	2,000 A	50,70°	50,000 Hz	0,000 A	120,00°	50,000 Hz	2,000 A	-129,30°	50,000 Hz	0,000 A	120,00°	50,000 Hz	
Trigger	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		

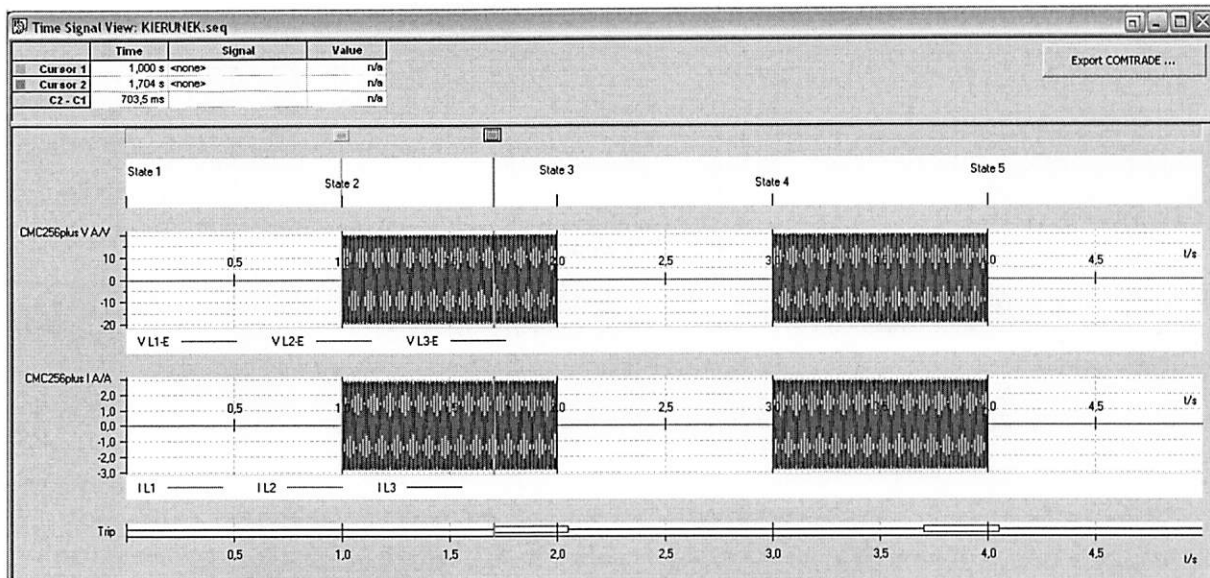
Rys. 4.29. Sekwencja testowa



Rys. 4.30. Strefa 1N – nastawa kierunku : przód  
poprawne działanie wyłączenie następuje w sekwencji State 2-State 3



Rys. 4.31. Strefa 1N – nastawa kierunku : tył  
poprawne działanie wyłączenie następuje w sekwencji State 4-State 5



Rys. 4.32. Strefa 1N – nastawa kierunku: bezkierunkowa  
działanie w obu kierunkach w sekwencjach *State 2-State 3* oraz *State 4-State 5*

## Wnioski

W wyniku przeprowadzonych testów można potwierdzić możliwość działania każdej ze stref w kierunkach do przodu, do tyłu i bezkierunkowo.

## **4.7. Sprawdzenie poprawności określania kierunku działania funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla zwarc bliskich (pamięć napięciowa) – testy dla nowego firmware 3.4.005**

### Przebieg testów

Dla nowej wersji oprogramowania 3.4.005 przeprowadzono testy pamięci napięciowej.

W ramach testów przeprowadzono sprawdzenie progów określających zanik napięcia dla poszczególnych faz. Dla wartości napięcia fazowego poniżej nastawionego progu zaniku napięcia nie powinna być wyliczana odległość do miejsca zwarcia. Testy wykonano poprzez wymuszanie odpowiednich typów zwarć doziemnych, z wykorzystaniem stałej wartości prądu wynoszącej 2A, o różnych wartościach napięcia. Testy wykonywano dla nastawy  $0,01 U_n$  – 1,154 V. Stwierdzono, że lokalizacja miejsca zwarcia możliwa jest dla napięć większych niż wskazane w tab. 4.21.

Ponadto wykonano testy określenia czasu, podczas którego przekaźnik pamięta zmierzone wartości napięć. Testy wykonano za pomocą modułu State Sequencer. W ramach sekwencji testowych, przedstawionych na rys. 4.33, rys. 4.34, rys. 4.35 w pierwszej kolejności przez określony czas (1s) wymuszono znamionowe napięcia fazowe. Następnie realizowano stan przerwy w której nie wymusza się prądów i napięć. W dalszej kolejności zrealizowano 2 zwarcia (pierwsze „do tyłu”, drugie „do przodu”) oddzielone od siebie przerwą równą 500 ms.

Sprawdzanym parametrem był czas przerwy następujący po wymuszeniu znamionowego napięcia. Obserwowano jego wpływ na czasy zadziałania przekaźnika w przypadku obu typów zwarć. Zadziałanie przekaźnika z czasem strefy 5 (do tyłu, dłuższy czas działania widoczny np. na rys. 4.36) sygnalizowało, że przekaźnik w dalszym ciągu pamięta wymuszone na początku testu wartości napięcia. Wyniki testów przedstawiono na rys. 4.36, rys. 4.37 oraz rys. 4.38.

	1	2	3	4	5	6
State 1	State 2	State 3	State 4	State 5	State 6	
V L1-E	57,73 V	0,00 *	0,00 *	0,00 *	0,00 *	0,00 *
V L2-E	57,73 V	-120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
V L3-E	57,73 V	120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
I L1	0,00 A	69,30 *	1,800 A	0,00 A	1,800 A	0,00 A
I L2	0,00 A	-50,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
I L3	0,00 A	-170,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Trigger	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	1,000 s	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms

Rys. 4.33. Sekwencja testowa – czas przerwy 500 ms

	1	2	3	4	5	6
State 1	State 2	State 3	State 4	State 5	State 6	
V L1-E	57,73 V	0,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
V L2-E	57,73 V	-120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
V L3-E	57,73 V	120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
I L1	0,00 A	69,30 *	1,800 A	0,00 A	1,800 A	0,00 A
I L2	0,00 A	-50,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
I L3	0,00 A	-170,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Trigger	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	1,000 s	4,700 s	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms

Rys. 4.34. Sekwencja testowa – czas przerwy 4,7 s

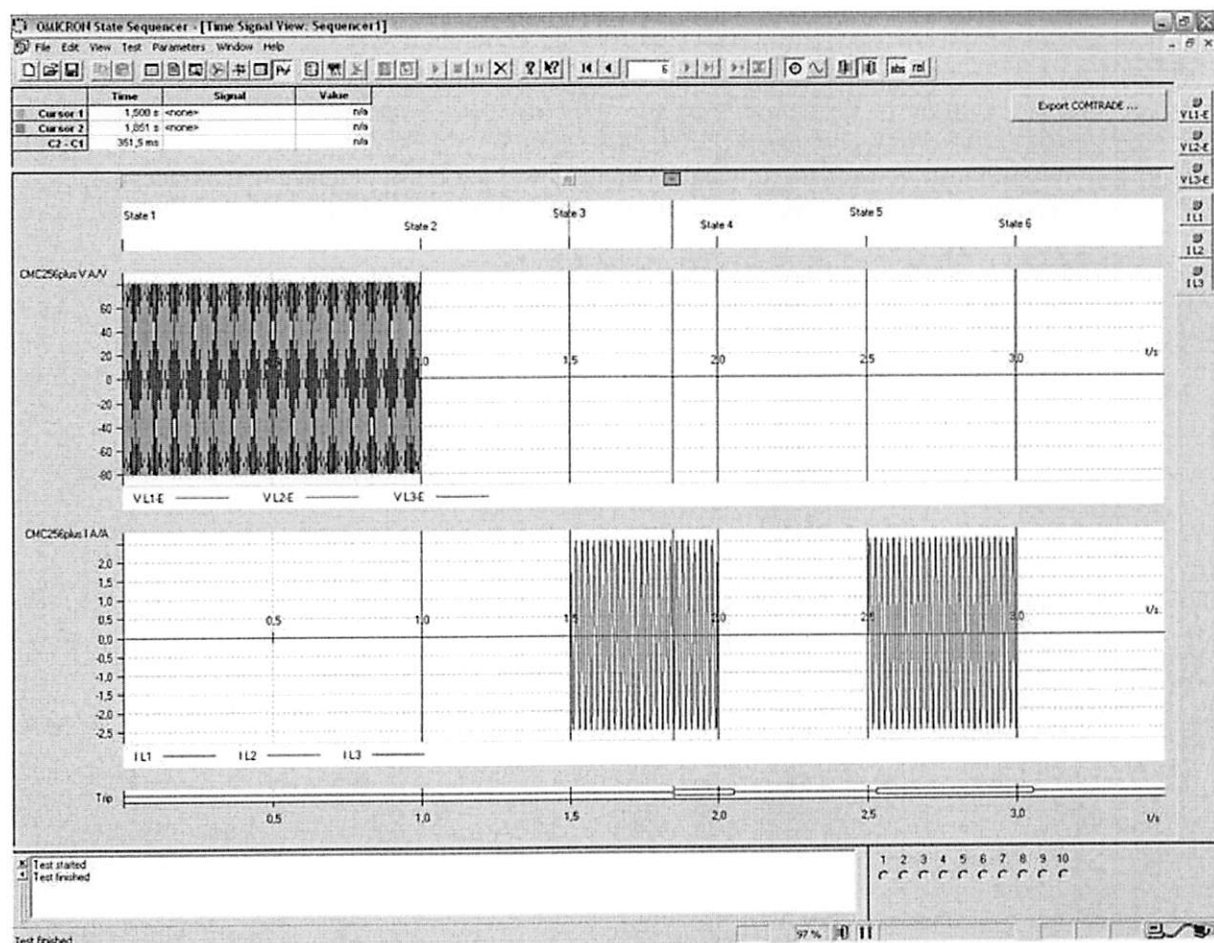
	1	2	3	4	5	6
State 1	State 2	State 3	State 4	State 5	State 6	
V L1-E	57,73 V	0,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
V L2-E	57,73 V	-120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
V L3-E	57,73 V	120,00 *	0,00 V	0,00 V	0,00 V	0,00 V
I L1	0,00 A	69,30 *	1,800 A	0,00 A	1,800 A	0,00 A
I L2	0,00 A	-50,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
I L3	0,00 A	-170,70 *	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Trigger	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	1,000 s	4,800 s	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms	500,0 ms

Rys. 4.35. Sekwencja testowa – czas przerwy 4,8 s

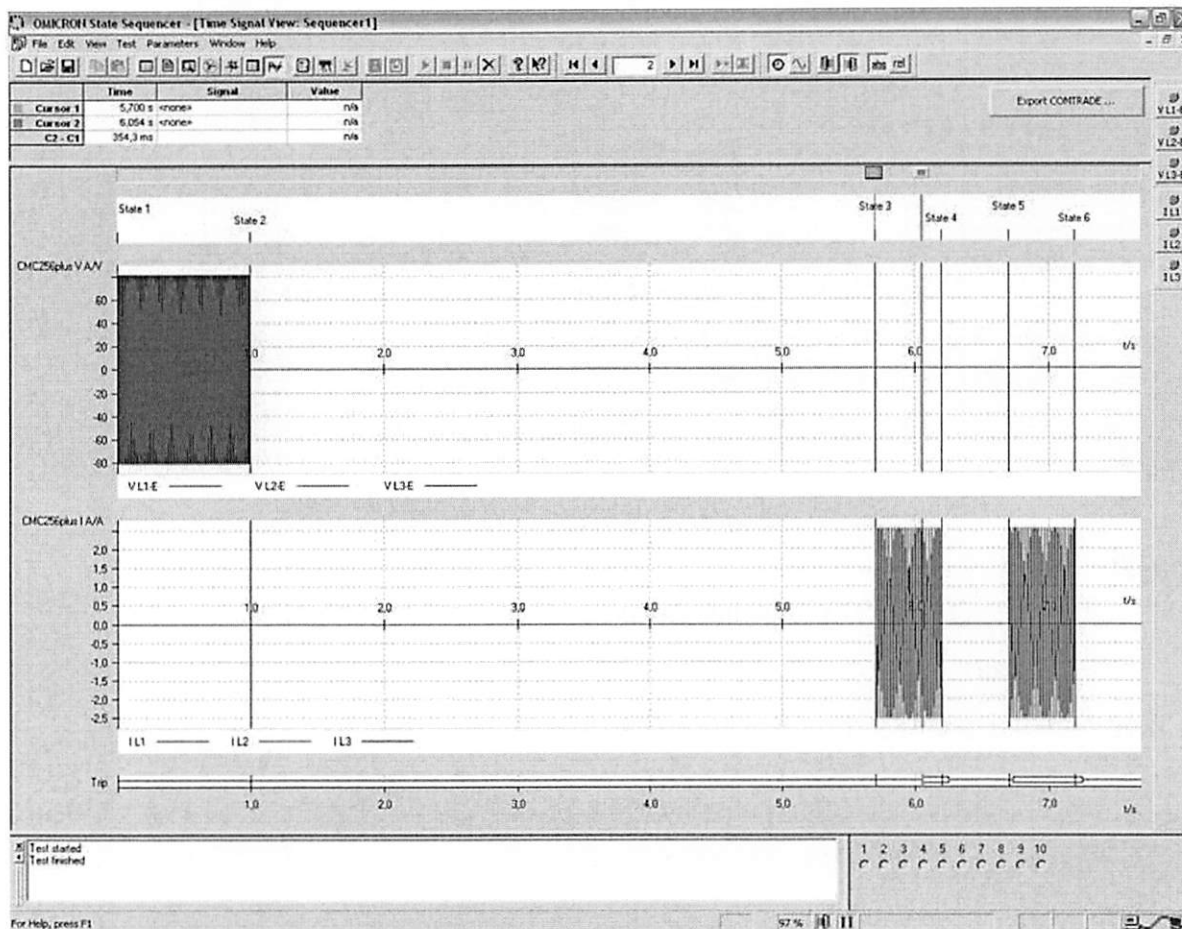
## Wyniki

Tab. 4.21. Wyniki pomiaru progu określania zaniku napięcia

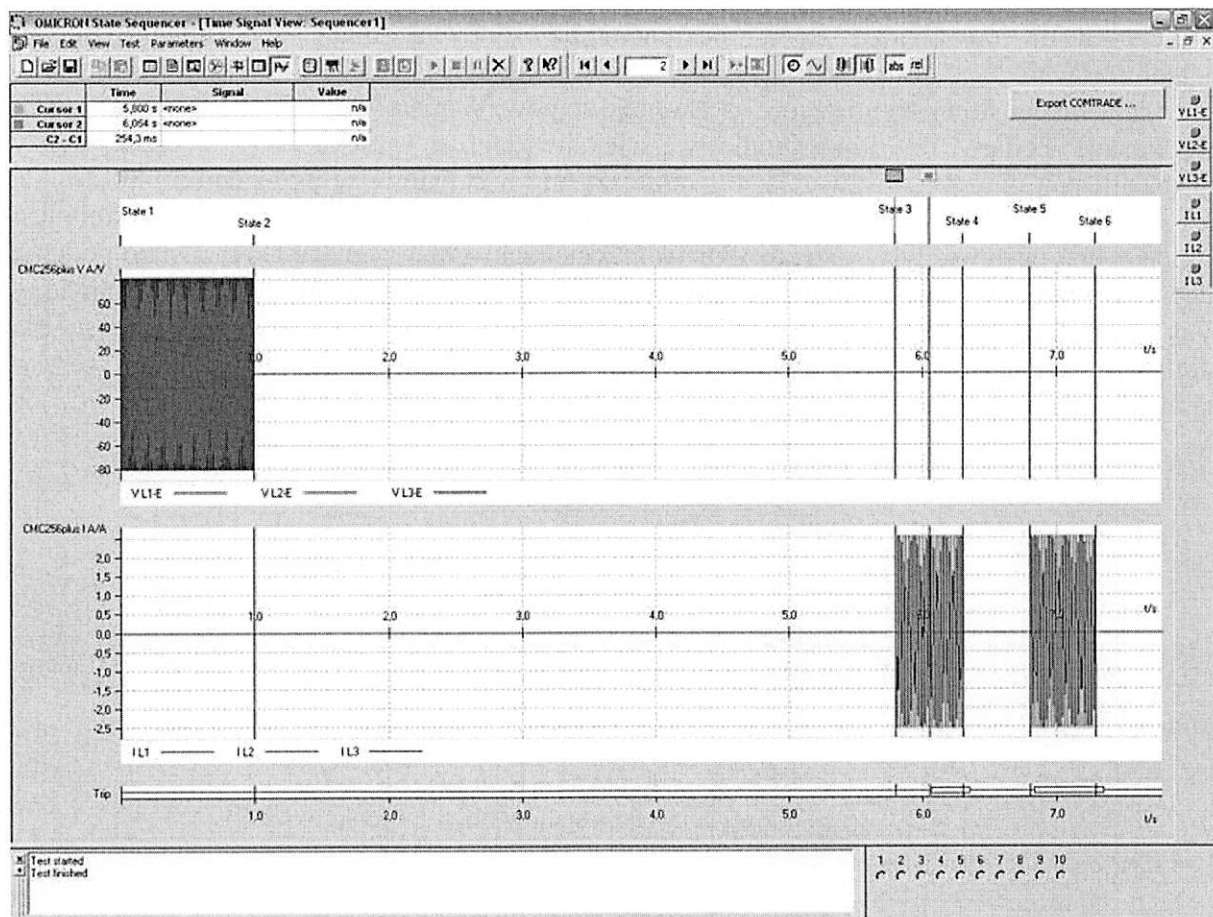
Faza	L1	L2	L3
Próg zaniku napięcia [V]	1,253	1,254	1,249



Rys. 4.36. Wyniki testu czasu trwania pamięci napięciowej dla czasu przerwy wynoszącego 500 ms, poprawna identyfikacja zwarcia w strefie 5 (do tyłu) oraz w strefie 1 (do przodu)



Rys. 4.37. Wyniki testu czasu trwania pamięci napięciowej dla czasu przerwy wynoszącego 4,7 s - poprawna identyfikacja zwarcia w strefie 5 (do tyłu) oraz w strefie 1 (do przodu)



Rys. 4.38. Wyniki testu czasu trwania pamięci napięciowej dla czasu przerwy wynoszącego 4,8 s – po takim czasie przełącznik ma już problemy z określeniem kierunku działania, skraca czas działania w przypadku symulowanego zwarcia w strefie wstecznej.

## Wnioski

Uzyskane wyniki testów określenia dokładności progu zaniku napięcia dla każdej z faz uznaje się za zadowalające. Średnia wartość napięcia przy której następowało prawidłowe określenie lokalizacji miejsca zwarcia wynosi 1,252 V.

Stwierdzono, że maksymalny czas, gdzie poprawnie określany jest kierunek „do tyłu”, a więc pamiętane są wartości napięcia to 4,7 s. Ponadto warto zauważyć, że od wartości 4,7 s wzwyż każde zwiększenie czasu przerwy o 100 ms powoduje skrócenie czasu zadziałania dla zwarcia „do tyłu” o około 100 ms. Należy uznać, że funkcja pamięci napięciowej działa poprawnie i pozwala na skuteczne określenie kierunku wystąpienia zwarcia.

## 4.8. Sprawdzenie poprawności działania funkcji załączenia na zwarcie (SOTF)

### Przebieg testów

Testy funkcji załączenia na zwarcie przeprowadzono z wykorzystaniem modułu *State Sequencer*. Testy wykonano dla nastawy czasowej SOTF równej 250 ms.

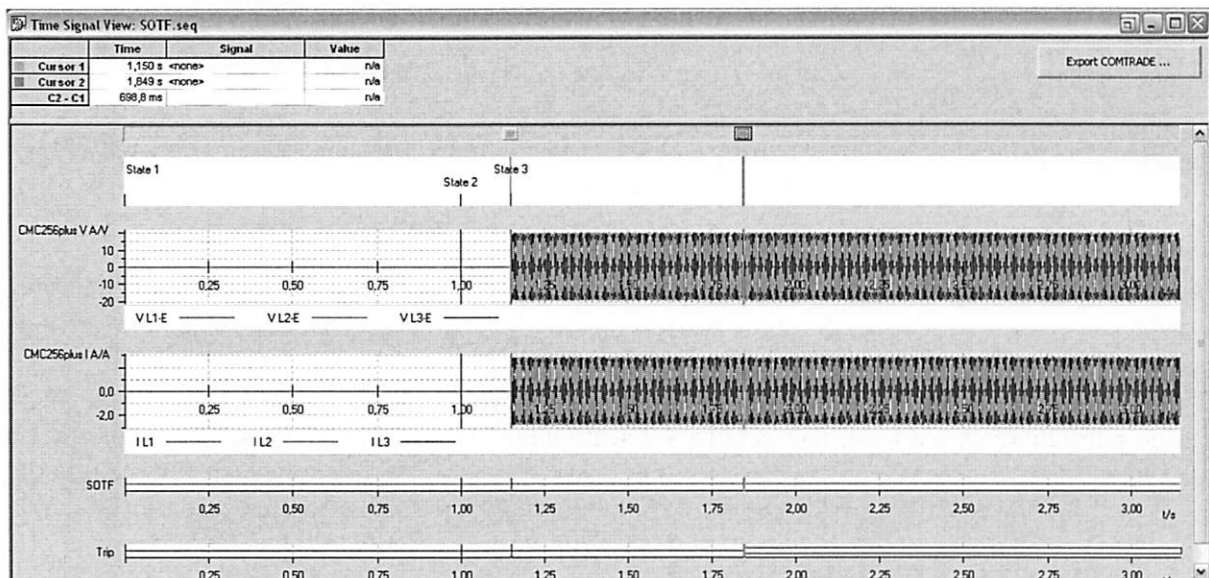
Funkcja SOTF skraca czas działania danej strefy, jeżeli w danej strefie aktywowano współpracę z SOTF, a różnica czasowa między załączeniem, a pojawieniem się zwarcia jest mniejsza niż nastawiony czas graniczny funkcji SOTF. Jeżeli różnica czasowa między załączeniem a wystąpieniem zwarcia jest większa od nastawionego czasu granicznego,

funkcja SOTF odzwbudza się i nie powoduje żadnych zmian w działaniu funkcji odległościowej.

Dla każdej strefy wymuszano 3 sekwencje stanów. W pierwszej sekwencji sygnał SOTF nie zostaje podany na odpowiednie wejście dwustanowe przekaźnika, a czas między załączeniem a początkiem zwarcia jest mniejszy niż nastawiony w przekaźniku. W drugiej sekwencji sygnał SOTF zostaje podany i czas między załączeniem a początkiem zwarcia jest mniejszy niż nastawiony w przekaźniku. W trzeciej sekwencji sygnał SOTF zostaje podany, ale czas między załączeniem a początkiem zwarcia jest większy niż nastawiony w przekaźniku. Sekwencję testową przedstawiono na rys. 4.39. Przykładowy wygląd testu dla strefy 1N przedstawiono na rys. 4.40, rys. 4.41, rys. 4.42. Pliki z wynikami testów zamieszczono w folderze *SOTF*.

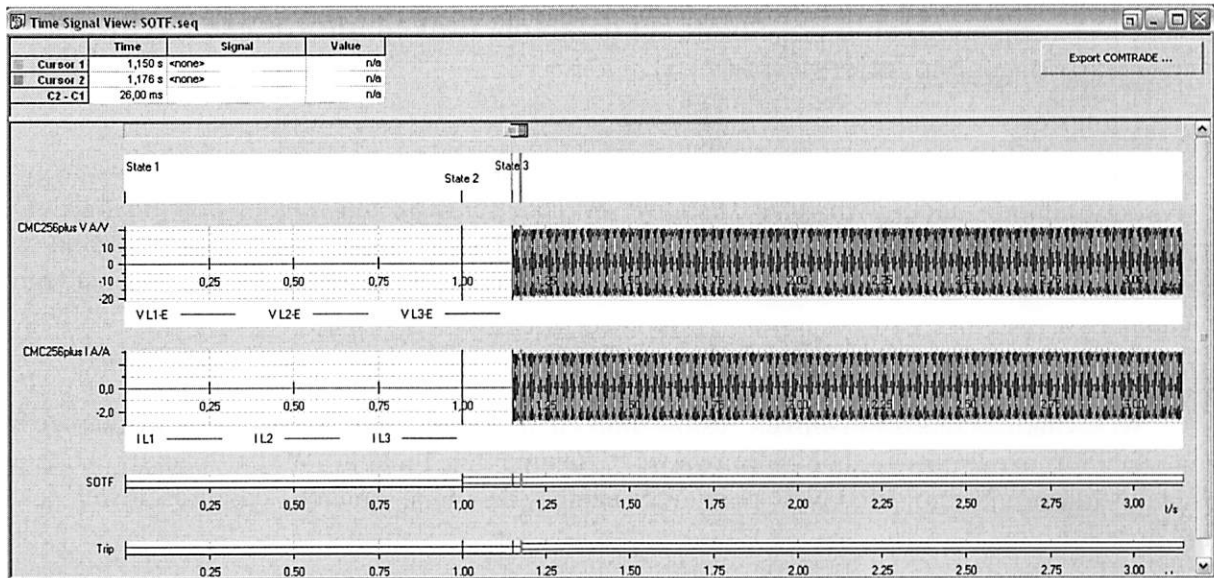
	1			2			3		
<b>Ilame</b>	State 1			State 2			State 3		
<b>V L1-E</b>	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz	14,00 V	0,00 °	50,000 Hz
<b>V L2-E</b>	0,000 V	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 V	-120,00 °	50,000 Hz	14,00 V	-120,00 °	50,000 Hz
<b>V L3-E</b>	0,000 V	120,00 °	50,000 Hz	0,000 V	120,00 °	50,000 Hz	14,00 V	120,00 °	50,000 Hz
<b>IL1</b>	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	2,000 A	-68,31 °	50,000 Hz
<b>IL2</b>	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz	2,000 A	171,69 °	50,000 Hz
<b>IL3</b>	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz	2,000 A	51,69 °	50,000 Hz
<b>CMC Rel</b>	0 output(s) active			0 output(s) active			0 output(s) active		
<b>Trigger</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	150,0 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	2,000 s	

Rys. 4.39. Przykładowa sekwencja stanów dla testu funkcji SOTF

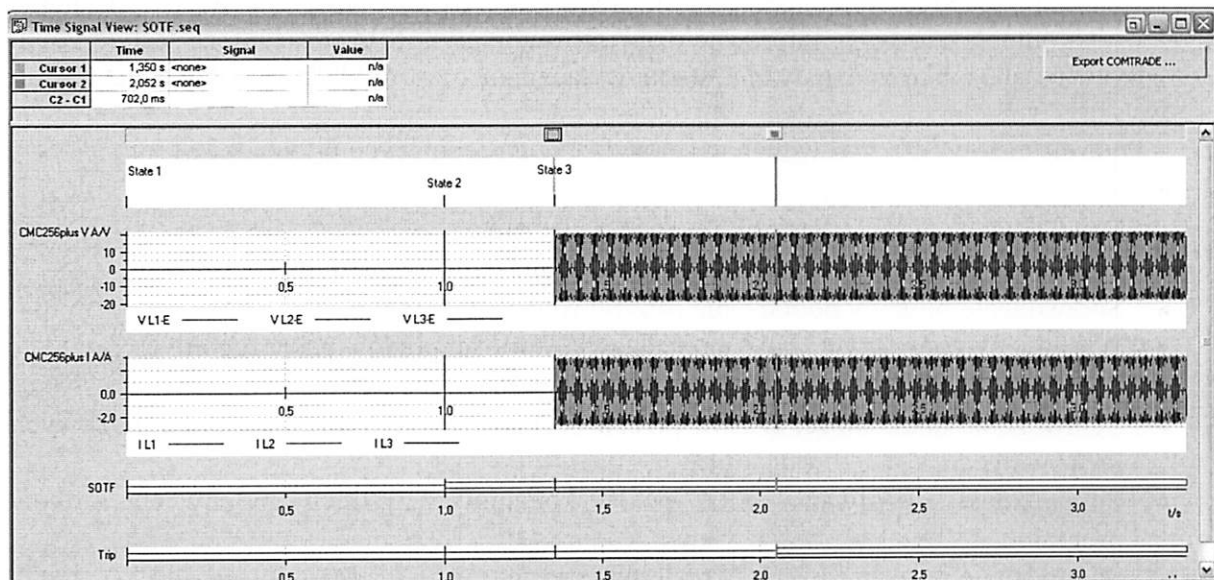


Rys. 4.40. Wyniki testu funkcji SOTF dla strefy 1N – sygnał SOTF niepodany, wyłączenie następuje z czasem danej strefy





Rys. 4.41. Wyniki testu funkcji SOTF dla strefy 1N – sygnał SOTF podany, czas opóźnienia zwarcia względem chwili podania sygnału SOTF mniejszy niż nastawa czasu SOTF wyłączenie następuje z krótszym czasem odpowiadającym działaniu SOTF



Rys. 4.42. Wyniki testu funkcji SOTF dla strefy 1N – sygnał SOTF podany, czas opóźnienia zwarcia względem chwili podania sygnału SOTF większy niż nastawa czasu SOTF wyłączenie następuje z czasem badanej strefy, bo automatyka SOTF zdążyła się odzwbudzić

## Wnioski

W wyniku przeprowadzonych testów funkcji SOTF można potwierdzić poprawność działania funkcji SOTF dla wszystkich stref. W przypadku, gdy różnica czasu między załączeniem, a pojawieniem się zwarcia jest mniejsza niż nastawiony czas graniczny SOTF, następuje zadziałanie funkcji odległościowej z odpowiedniej strefy ze skróconym czasem działania. Jeżeli różnica czasu jest większa niż nastawiony czas graniczny, to funkcja SOTF odzwbudza się i nie ma wpływu na działanie funkcji odległościowej.

#### **4.9. Sprawdzenie poprawności działania funkcji informującej o awarii pomiaru napięcia zmiennego (VTS)**

##### **Przebieg testów**

Testy funkcji informującej o awarii pomiaru napięcia zmiennego przeprowadzono z wykorzystaniem modułu *Advance Distance*. W celu sprawdzenia funkcji przeprowadzono wymuszenie zwarcia trójfazowego, w zasięgu strefy 1N. Wymuszenia przeprowadzono w dwóch przypadkach: podania sygnału o awarii pomiaru napięcia zmiennego i nie podania tego sygnału.

##### **Wnioski**

W wyniku przeprowadzonych testów funkcji informującej o awarii pomiaru napięcia zmiennego można potwierdzić poprawność działania tej funkcji. W przypadku podania sygnału informującego błędnym pomiarze napięć działanie funkcji odległościowej jest blokowane.

#### **4.10. Sprawdzenie poprawności działania automatyki SPZ (79)**

##### **Przebieg testów**

Automatyka SPZ jest jedną z kluczowych funkcji uzupełniających działanie przekaźnika odległościowego. Poprawne działanie automatyki SPZ uzależnione jest od wielu czynników tj. sposób rozpoznawania stanu wyłącznika oraz dokładność określania zwłok czasowych.

Podczas testów SPZ przewidziano sprawdzenie następujących przypadków:

- Sprawdzenie właściwej realizacji dostępnych programów.
- Sprawdzenie sposobu detekcji otwarcia wyłącznika.
- Sprawdzenie blokady działania SPZ przy pobudzeniu sygnału SOTF.
- Sprawdzenie blokady pobudzenia SPZ od wejścia binarnego.
- Właściwy wybór fazy do SPZ na podstawie wartości prądów poszczególnych faz.
- Pobudzenia SPZ od zewnętrznego wejścia binarnego.
- Sprawdzenie dokładności czasów przerw beznapięciowych dla wszystkich możliwych kroków (4).
- Sprawdzenie blokowania SPZ po wykonaniu wszystkich możliwych kroków programu.
- Sprawdzenie restartu SPZ po określonym czasie.
- Sprawdzenie funkcji blokowania zwarć rozwijających się.

##### **Sprawdzenie właściwej realizacji dostępnych programów**

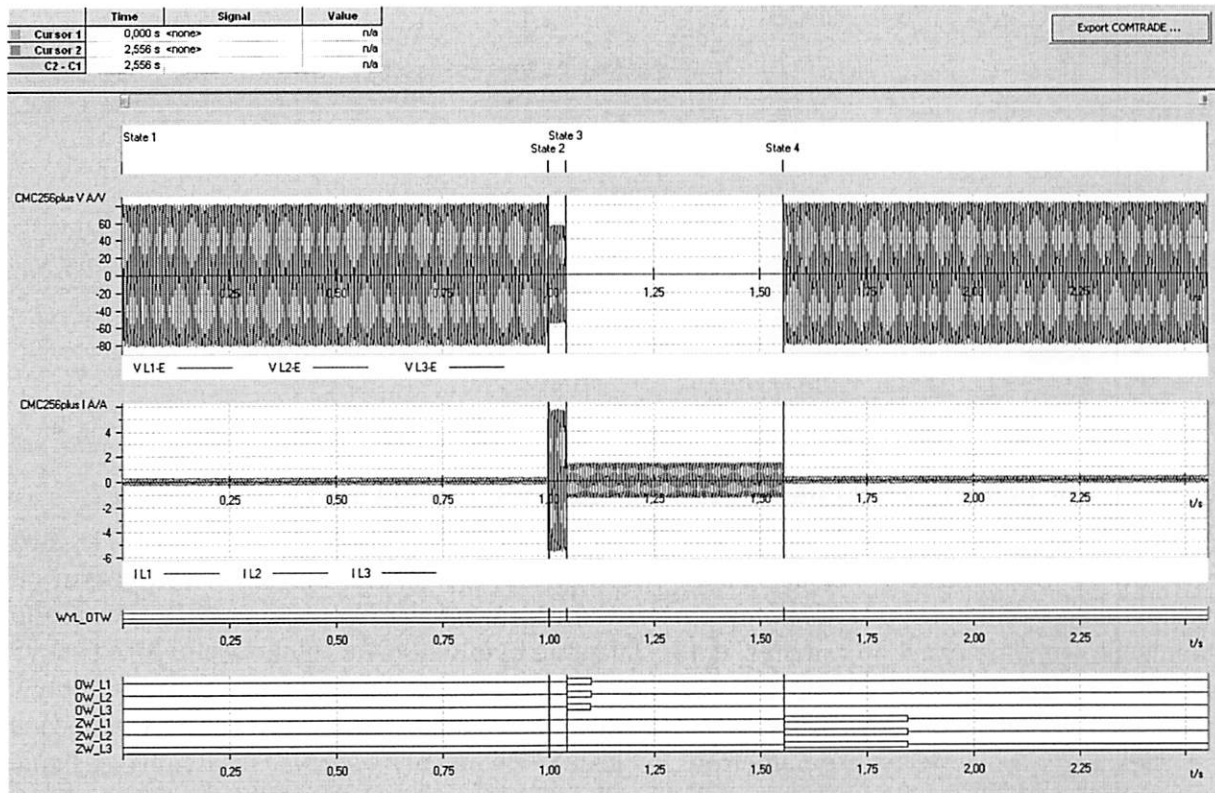
Podczas sprawdzania realizacji programów aktywowano SPZ, ustawiono 1 przerwę beznapięciową w każdym z programów oraz ustawiono pierwszą strefę normalną jako pobudzenie SPZ. Zmieniano kolejno numery programów w zabezpieczeniu odległościowym i sprawdzano, czy zostanie wykonany właściwy program SPZ przy zadziałaniu. Podczas testów programy były realizowane właściwie.

##### **Sprawdzenie sposobu detekcji otwarcia wyłącznika**

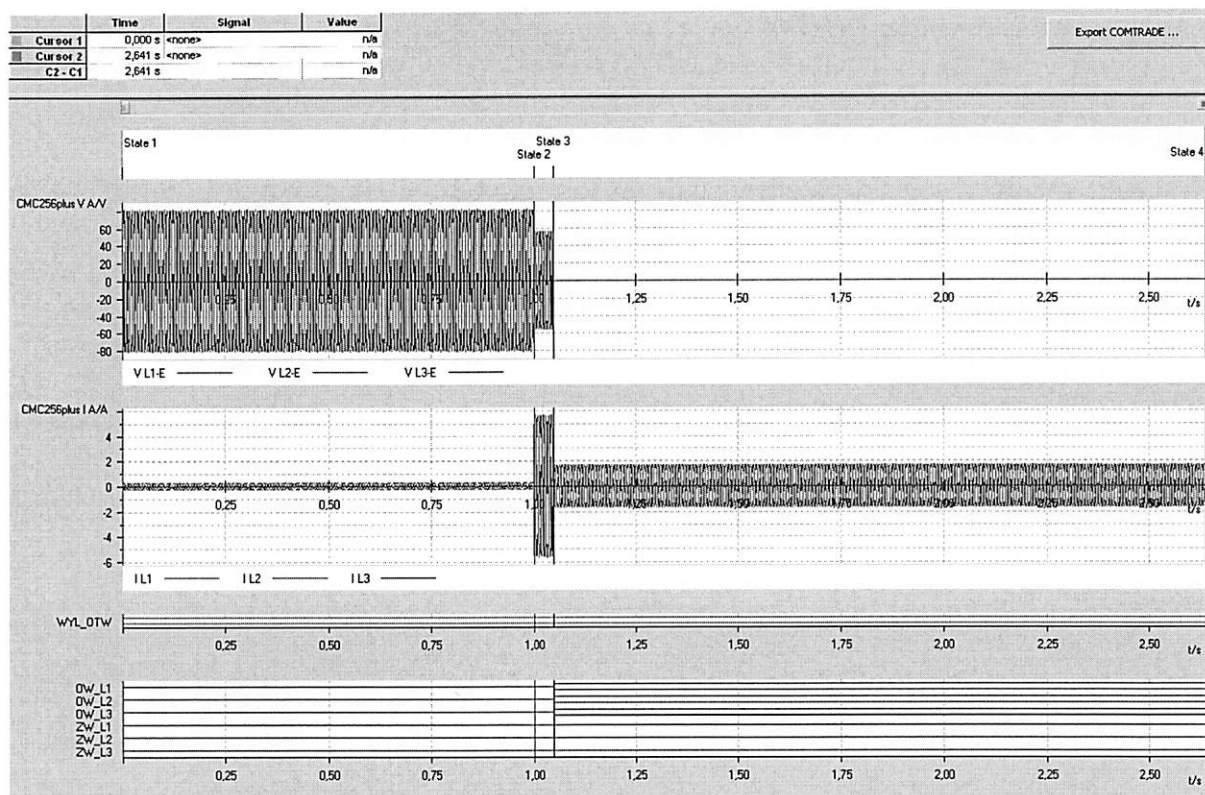
Aby sprawdzić, kiedy funkcja SPZ widzi otwarcie wyłącznika, wyprowadzono na wejście zabezpieczenia sygnał dwustanowy *Wejście kontroli załączenia wyłącznika* z testera. Podobnie podczas czasu przerwy beznapięciowej wymuszano pewien prąd, którego wartość miała wpływ na określenie stanu otwarcia wyłącznika. Zauważono, że stan wejścia dwustanowego nie ma wpływu na określanie stanu wyłącznika, zarówno przy aktywnym jak

i nieaktywnym parametrze *Detektor otwarcia wyłącznika*. Na określenie stanu wyłącznika ma wpływ prąd i wartość parametru *Fazowy prąd pobudzeniowy* w zakładce *Wybiornik fazowy*, nastawiona podczas testów na 1.1 In (1.1A). Jeżeli mierzony prąd jest powyżej tej wartości wyłącznik jest określany jako zamknięty, poniżej zaś jako otwarty.

Taki sposób działania potwierdzają rys. 4.43 oraz rys. 4.44. Na pierwszym rysunku, mimo podawania cały czas sygnału WYL\_OTW (stan wysoki odpowiada zamknięciu wyłącznika) realizowany jest cykl SPZ, ponieważ prąd po pojawieniu się sygnałów na OW spadł poniżej 1,1 A. W drugim przypadku pokazanym na rys. 4.44 mimo początkowych identycznych warunków po wykryciu zwarcia prąd spada, ale jest większy od 1,1 A i cykl SPZ nie zostaje wykonany.



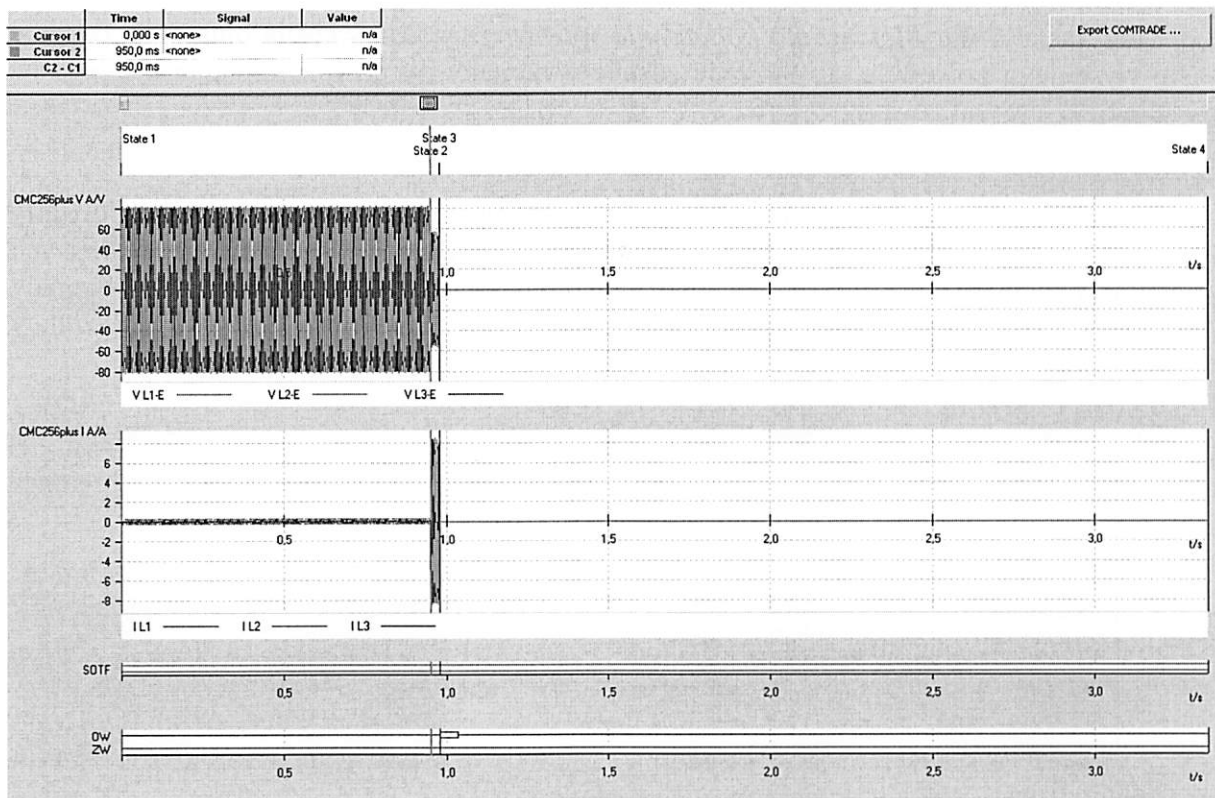
Rys. 4.43. Wyłącznik jest traktowany jako otwarty, prąd przerwy beznapięciowej = 1A



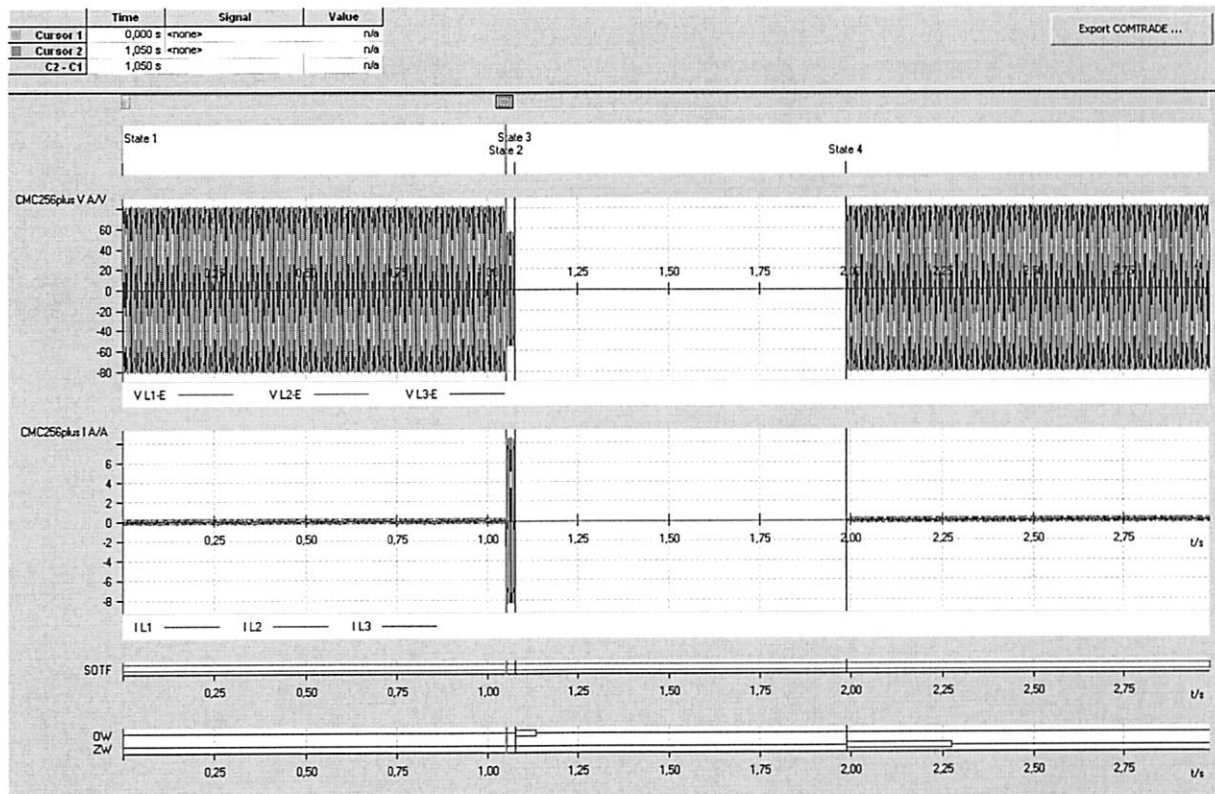
Rys. 4.44. Wyłącznik jest traktowany jako zamknięty, prąd przerwy beznapięciowej = 1.2 A

### **Sprawdzenie blokady działania SPZ przy pobudzeniu sygnału SOTF**

Przy sprawdzaniu blokady SPZ od sygnału SOTF podawano sygnał SOTF oraz generowano pobudzenie zabezpieczenia odległościowego w czasie dłuższym i krótszym od nastawionego parametru *czas blokady funkcji załączenia na zwarcie*, równego 1s. Zostało to zaprezentowane na rys. 4.45 oraz rys. 4.46. Działanie było właściwe (blokowanie SPZ  $t = 0,95$  s i jego realizacja  $t = 1,05$  s), niemniej zauważono, że na działanie ma również wpływ parametr *czas blokady opóźnień* w zakładce *Wyłącznik*. Blokowanie od SOTF jest określane od większej wartości z tych parametrów, tj. jeśli w zakładce *Wyłącznik* ustawiony zostanie czas SOTF na 2 s, to według niego będzie określane blokowanie funkcji SPZ.



Rys. 4.45. Blokada funkcji SPZ od SOTF



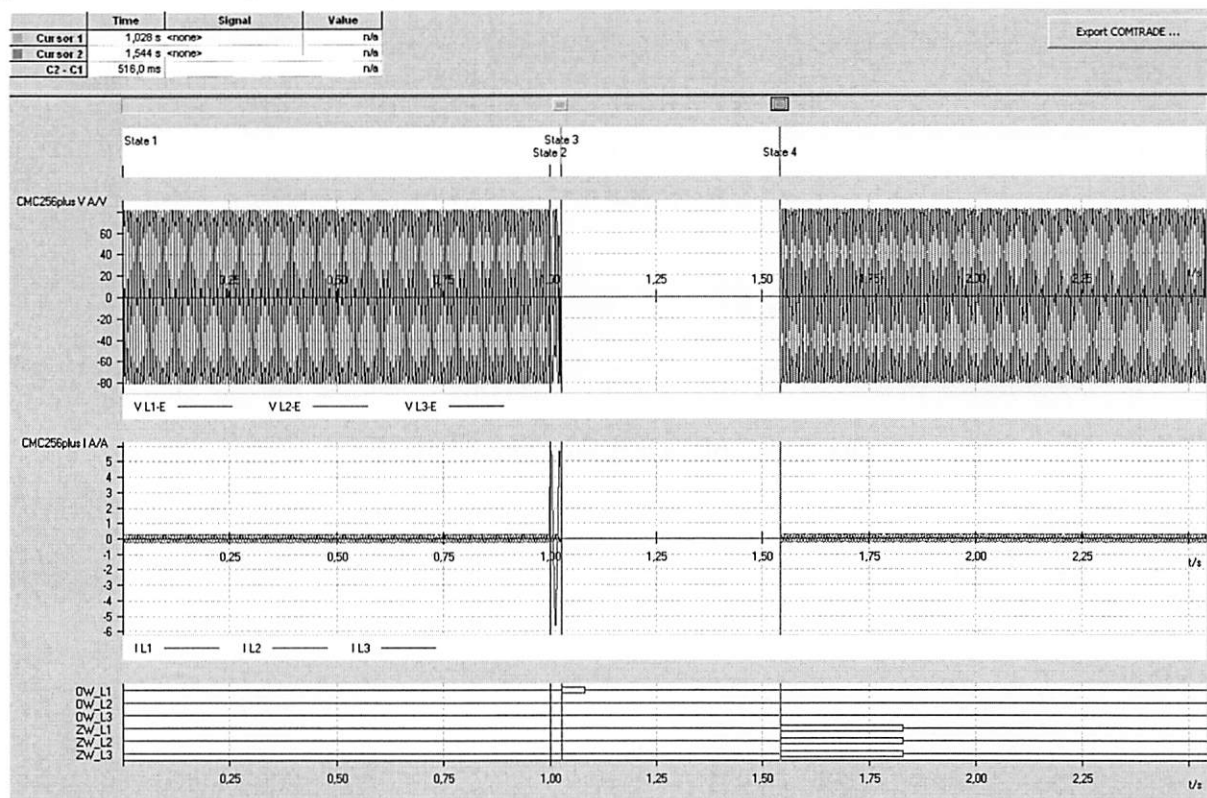
Rys. 4.46. Odwzbudzenie blokady SPZ od SOTF

**Sprawdzenie blokady pobudzenia SPZ od wejścia binarnego**

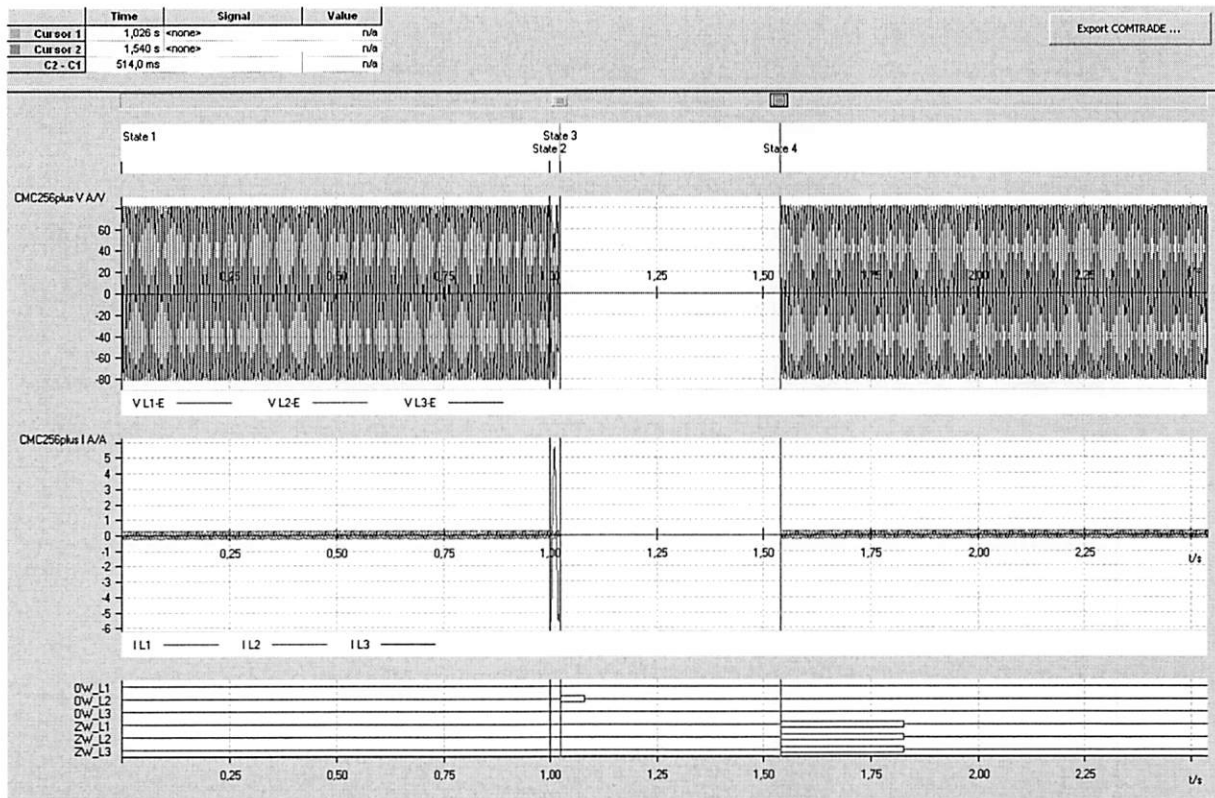
Przy ustawieniu *Blokowania pobudzenia wewnętrznego* od wejścia binarnego podanie stanu wysokiego powoduje, że SPZ nie zostaje wykonany, w przypadku stanu niskiego na wejściu SPZ jest realizowany.

### Właściwy wybór fazy do SPZ

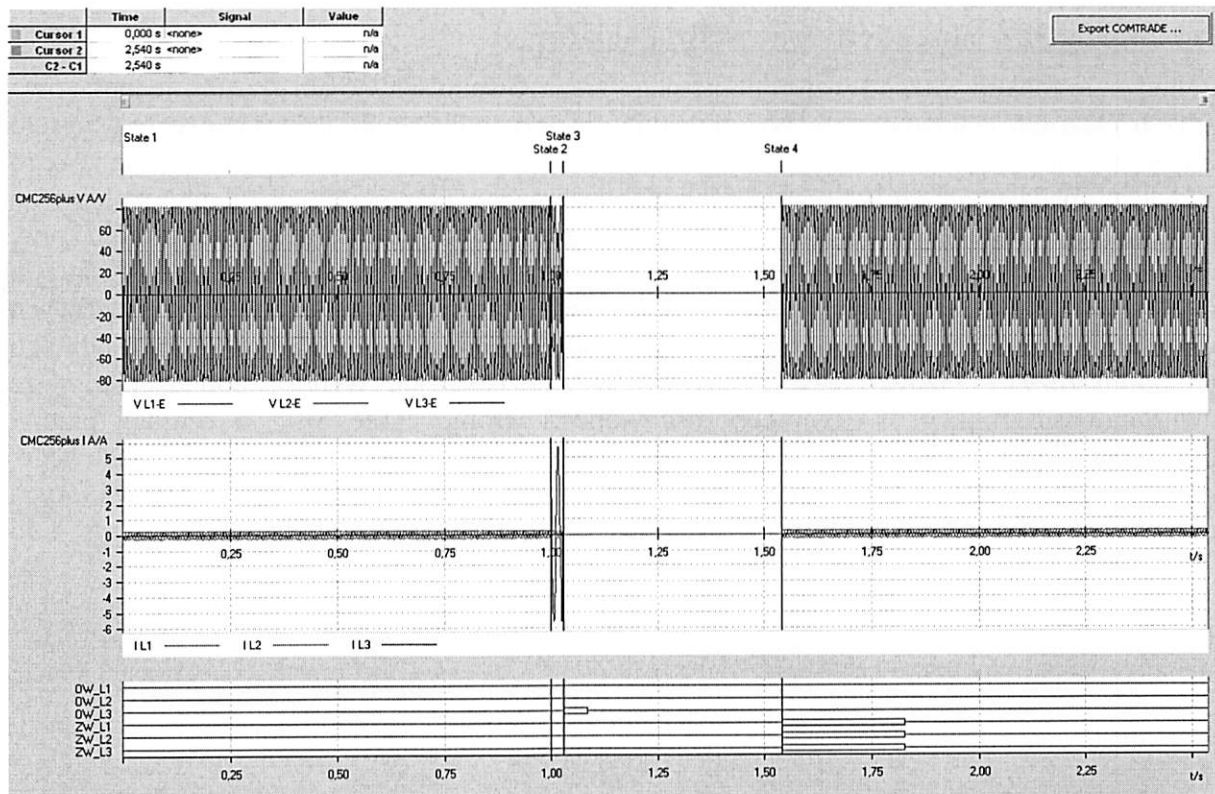
Sprawdzając prawidłowe określenie fazy, której biegun powinien zostać otwarty podczas SPZ wykorzystano testy analogicznie jak w przypadku sprawdzenia dostępnych programów, z tą różnicą, że zwarcia były wykonywane dla poszczególnych faz. Sygnały otwarcia poszczególnych biegunów wyłącznika wyprowadzono na tester CMC. Rezultaty przedstawiono na rys. 4.47 – rys. 4.50.



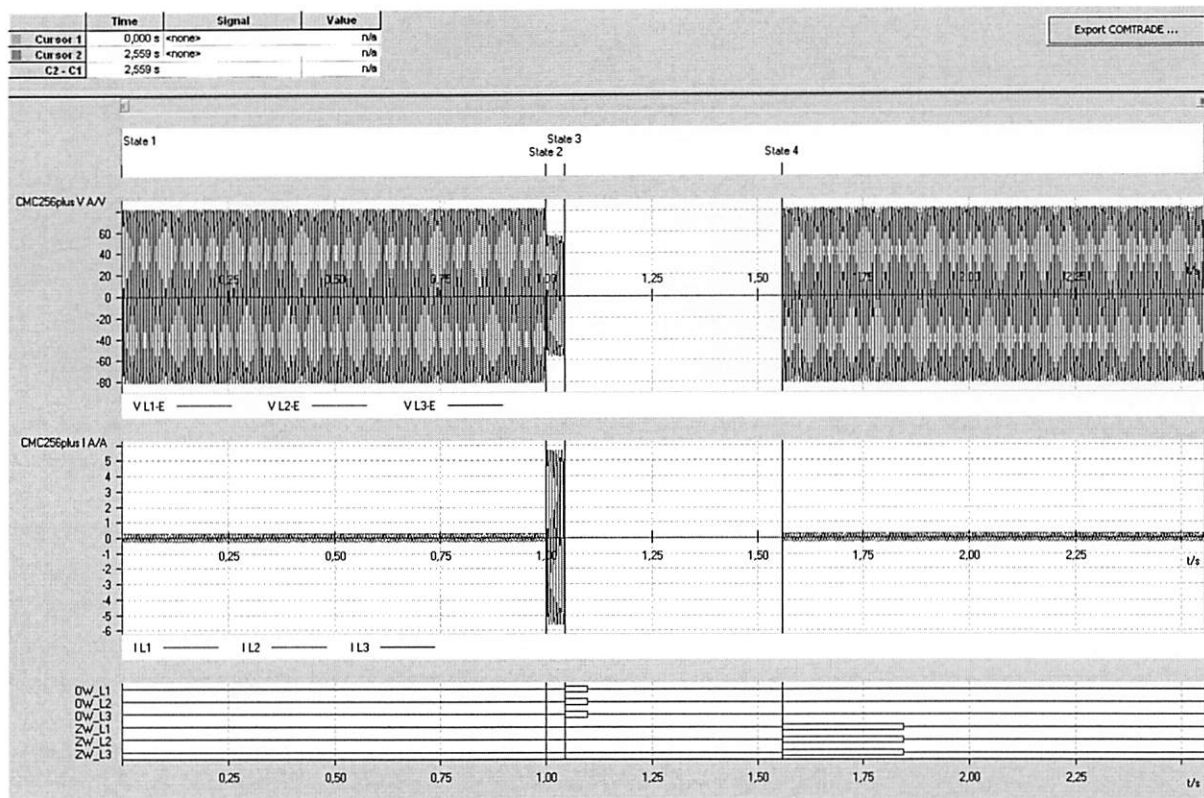
Rys. 4.47. SPZ przy pobudzeniu od fazy L1



Rys. 4.48. SPZ przy pobudzeniu od fazy L2



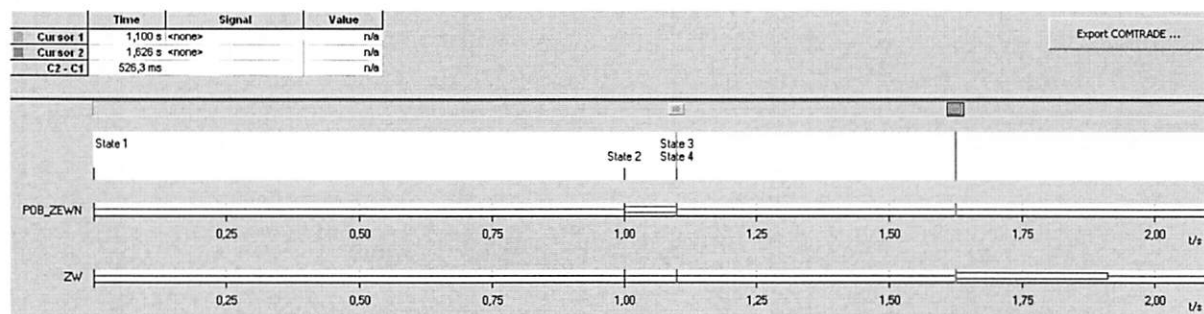
Rys. 4.49. SPZ przy pobudzeniu od fazy L3



Rys. 4.50. SPZ przy pobudzeniu od faz L1, L2, L3

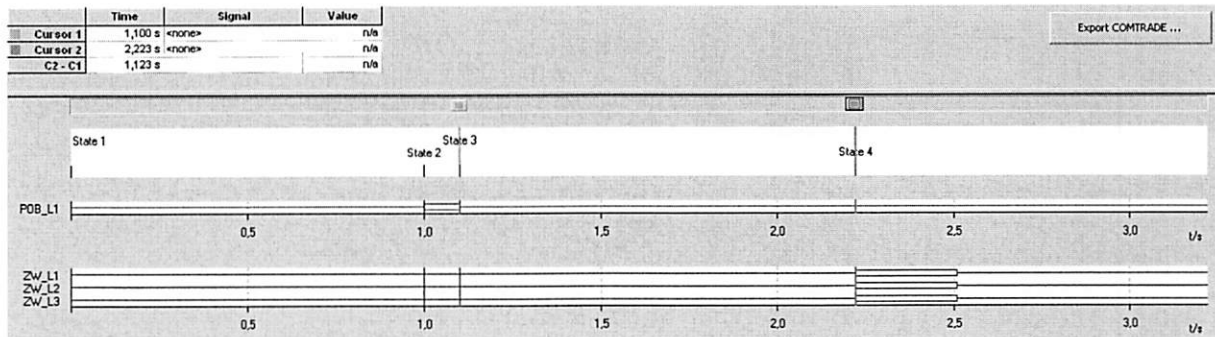
### Pobudzenia SPZ od zewnętrznego wejścia binarnego

Pobudzenie funkcji SPZ od wejścia binarnego zrealizowano w dwojaki sposób: jednofazowo oraz trójfazowo, zakładając że wykorzystuje się trzy wyłączniki jednofazowe (co zostało ustawione w urządzeniu). Wykorzystano przy tym podawanie sygnału dwustanowego o zboczu opadającym zarówno na wejścia pobudzenia zewnętrznego, jak również kolejno na poszczególne fazy (rys. 4.51 - rys. 4.54). Dodatkowo sprawdzono zachowanie przy niejednoczesnym otwarciu wyłączników poszczególnych faz wykorzystując fazę L1 i L2 (rys. 4.55). Przetestowano realizację SPZ w zależności od pobudzenia jednego z 4 możliwych wejść (ogólnie i pofazowo). Sprawdzono dodatkowo wybór realizacji odpowiedniego programu (czy 1 fazowo, czy 3 fazowo) w zależności od wyboru pobudzenia wejść dwustanowych funkcji. W tym celu ustawiono 1 krotne cykle SPZ, o czasach przerw beznapięciowych równych 500ms dla SPZ 3-fazowego i 1100ms dla SPZ 1-fazowego. Elementem końcowym było sprawdzenie realizacji wszystkich 4 kroków SPZ, w których ustawione były przerwy beznapięciowe odpowiednio 300ms, 500ms, 700ms, 900ms (rys. 4.56 - rys. 4.59).

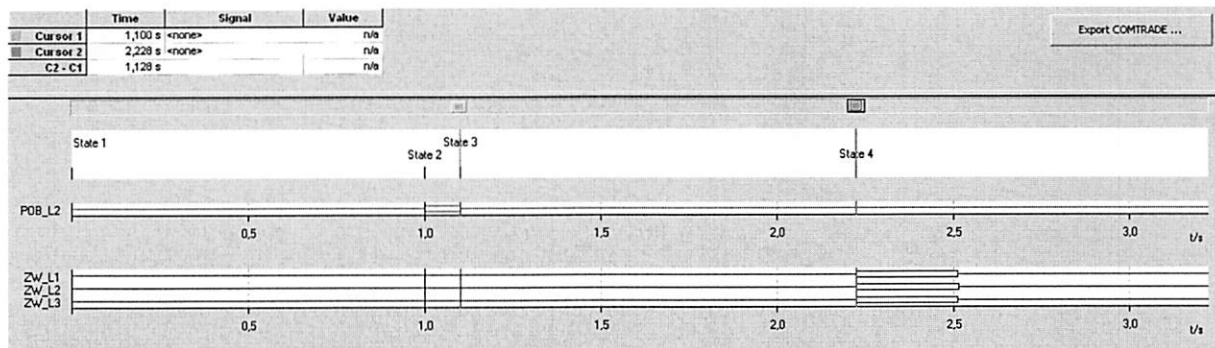


Rys. 4.51. Reakcja SPZ na zbocze opadające sygnału pobudzającego zewnętrznego (3 –faz.), czas pierwszej przerwy beznapięciowej nastawiony na 500 ms

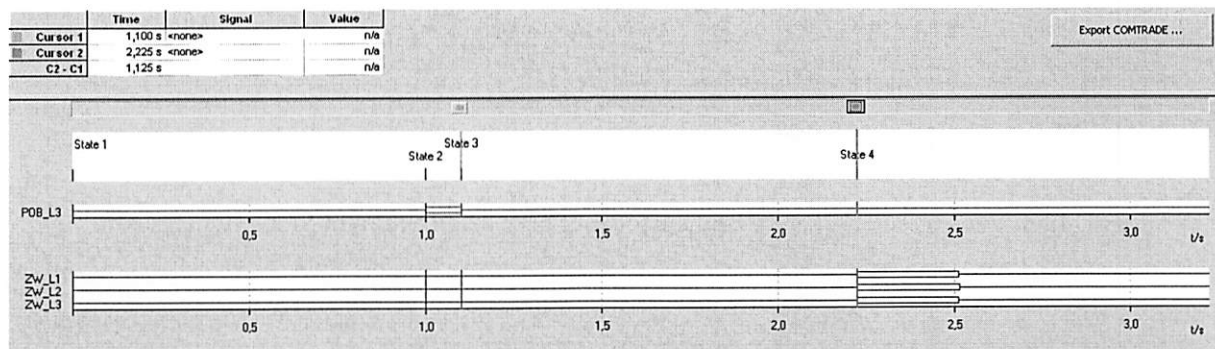




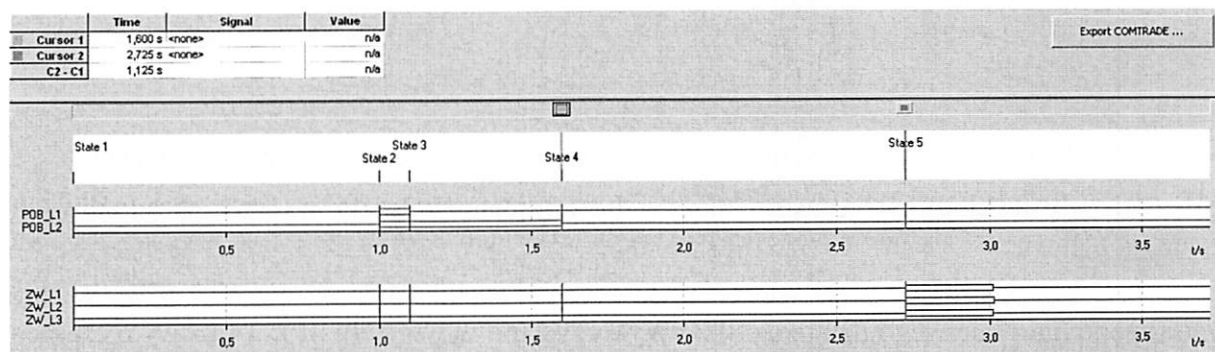
Rys. 4.52. Pobudzenie SPZ sygnałem zewnętrznym L1, czas pierwszej przerwy beznapięciowej 500 ms dla SPZ 3-f, dla SPZ 1-f czas równy 1100ms, działanie prawidłowe



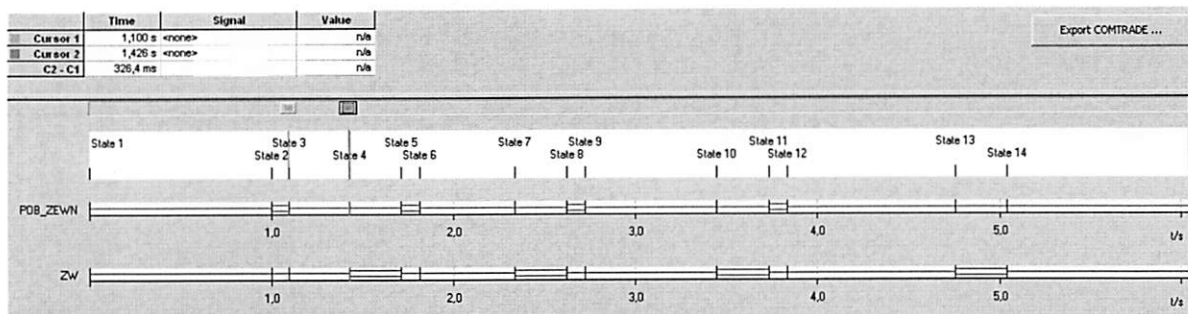
Rys. 4.53. Pobudzenie SPZ sygnałem zewnętrznym L2, czas pierwszej przerwy beznapięciowej 500 ms dla SPZ 3-f, dla SPZ 1-f czas równy 1100ms, działanie prawidłowe



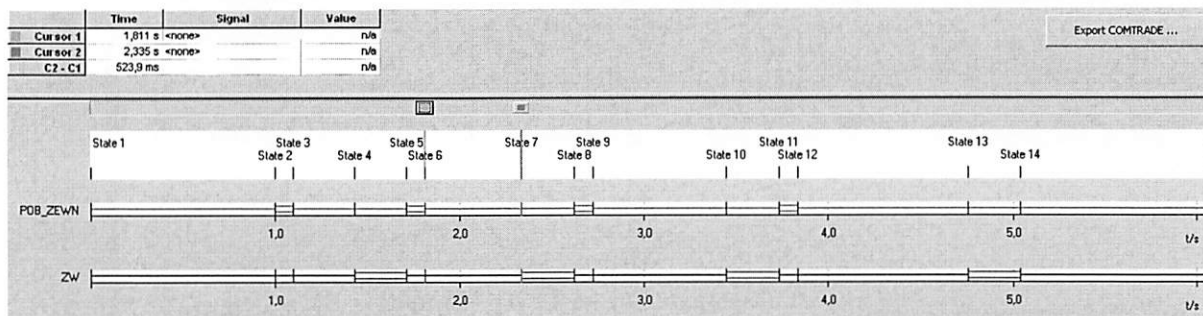
Rys. 4.54. Pobudzenie SPZ sygnałem zewnętrznym L3, czas pierwszej przerwy beznapięciowej 500 ms dla SPZ 3-f, dla SPZ 1-f czas równy 1100ms, działanie prawidłowe



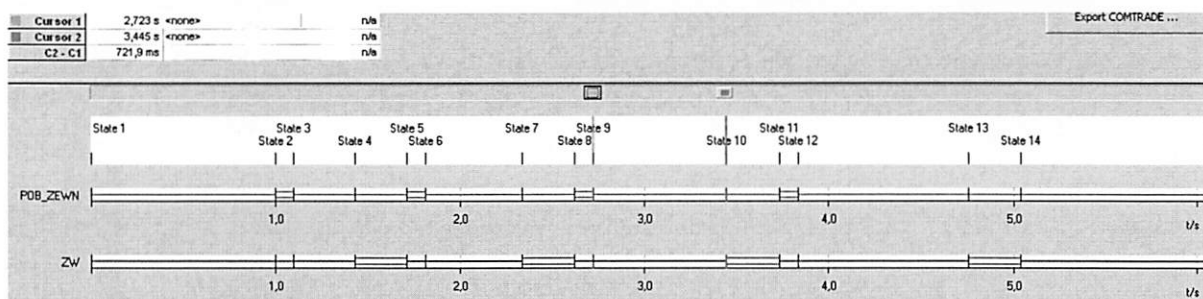
Rys. 4.55. Pobudzenie SPZ sygnałem zewnętrznym L1 i L2, czas pierwszej przerwy beznapięciowej 500 ms dla SPZ 3-f, dla SPZ 1-f czas równy 1100ms, działanie prawidłowe, czas liczony od ostatniego zbocza opadającego branego pod uwagę



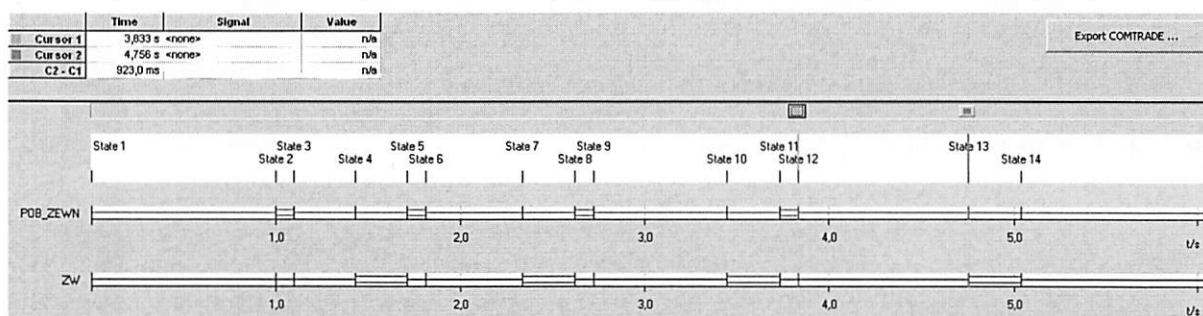
Rys. 4.56. Czas pierwszej przerwy beznapięciowej przy czterokrotnym SPZ zewnętrznym



Rys. 4.57. Czas drugiej przerwy beznapięciowej przy czterokrotnym SPZ zewnętrznym



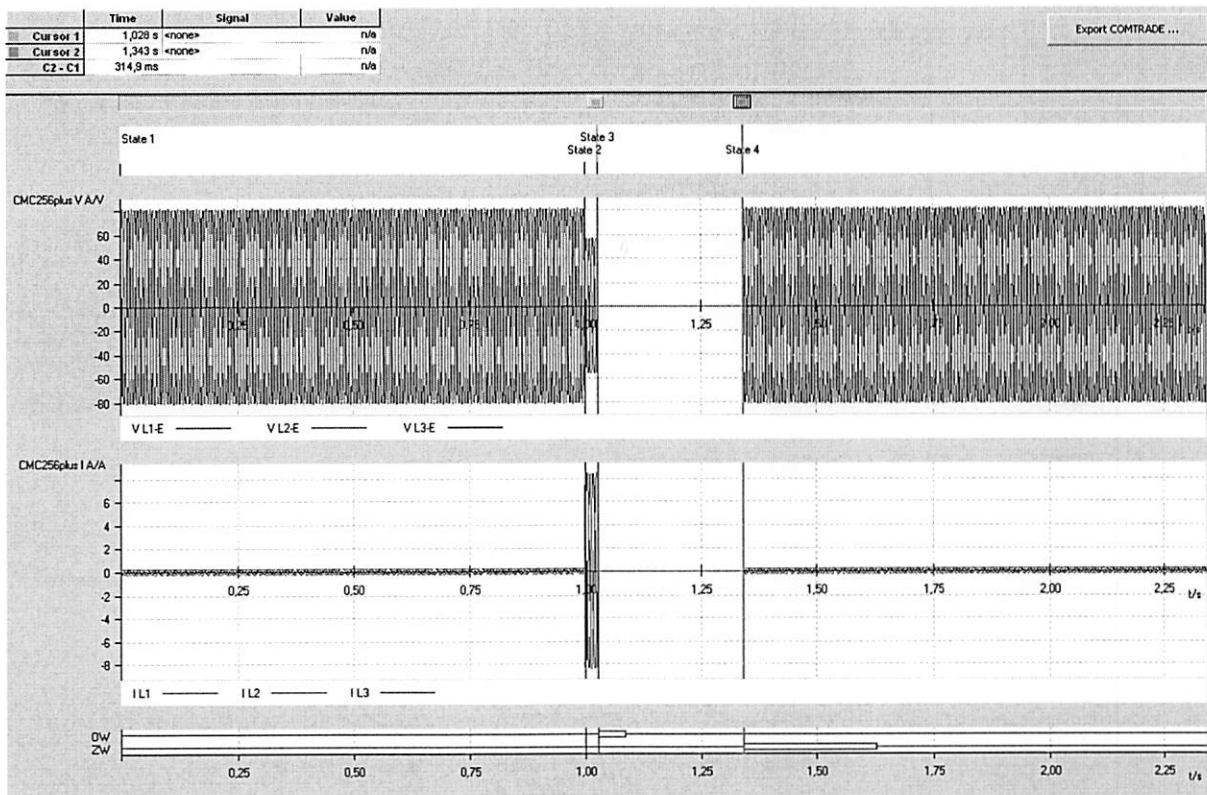
Rys. 4.58. Czas trzeciej przerwy beznapięciowej przy czterokrotnym SPZ zewnętrznym



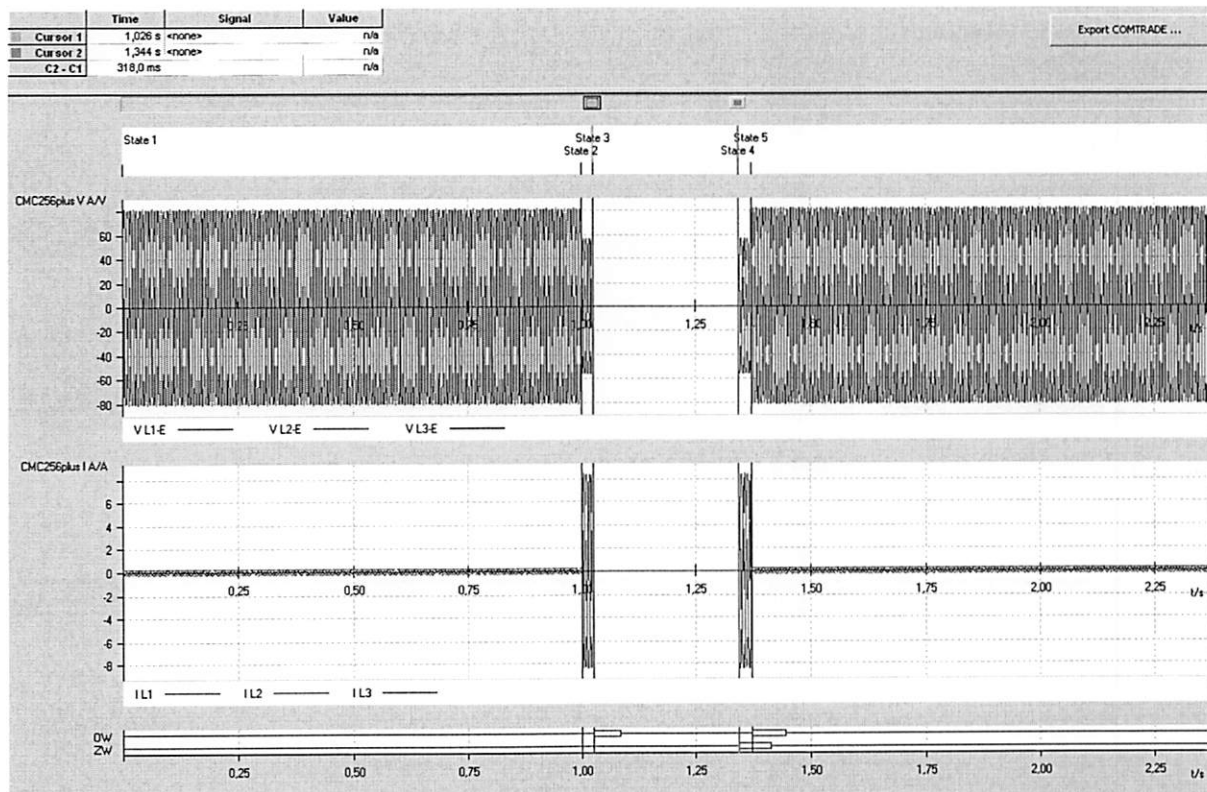
Rys. 4.59. Czas czwartej przerwy beznapięciowej przy czterokrotnym SPZ zewnętrznym

### **Sprawdzenie dokładności czasów przerw beznapięciowych dla wszystkich możliwych kroków (4)**

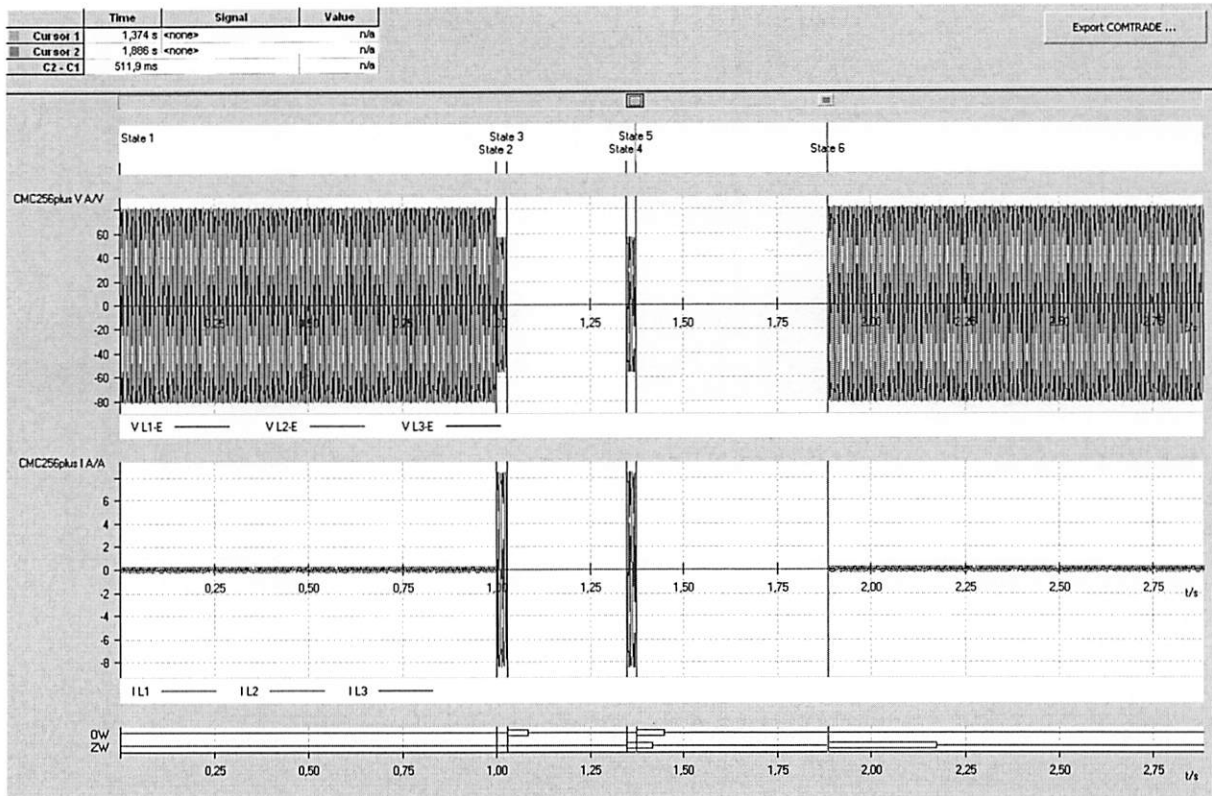
Przy sprawdzaniu poprawności wykonywania cykli WZ – WZWZWZW nie zauważono niewłaściwego działania SPZ. Wykorzystano w tym celu SPZ 3-fazowy o czasach przerw beznapięciowych równych odpowiednio 300ms, 500ms, 700ms, 900ms. W zależności od wykonywanych cykli (WZ – WZWZWZW) zmieniano maksymalną liczbę cykli SPZ w urządzeniu, np. dla cyklu WZWZW ustawiono maksymalnie 2 cykle SPZ. Wyniki przedstawiono na rys. 4.60 - rys. 4.67.



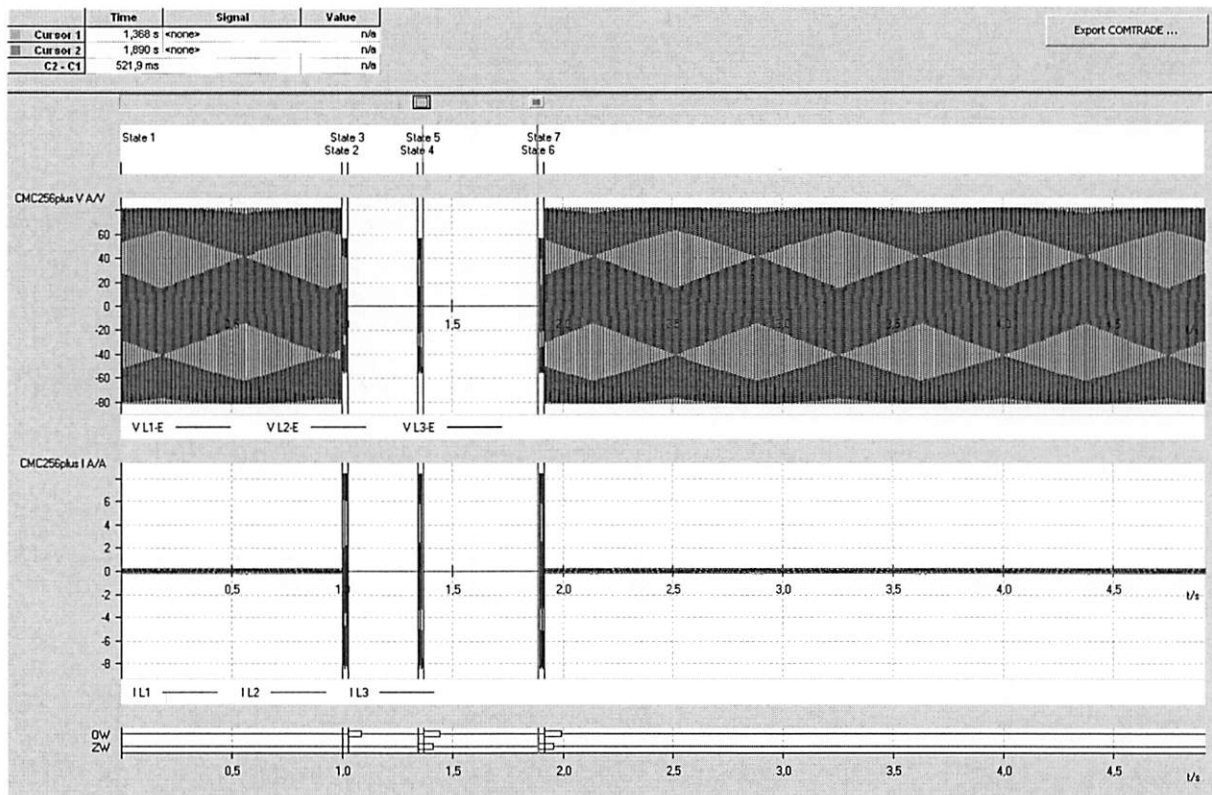
Rys. 4.60. Realizacja cyklu WZ



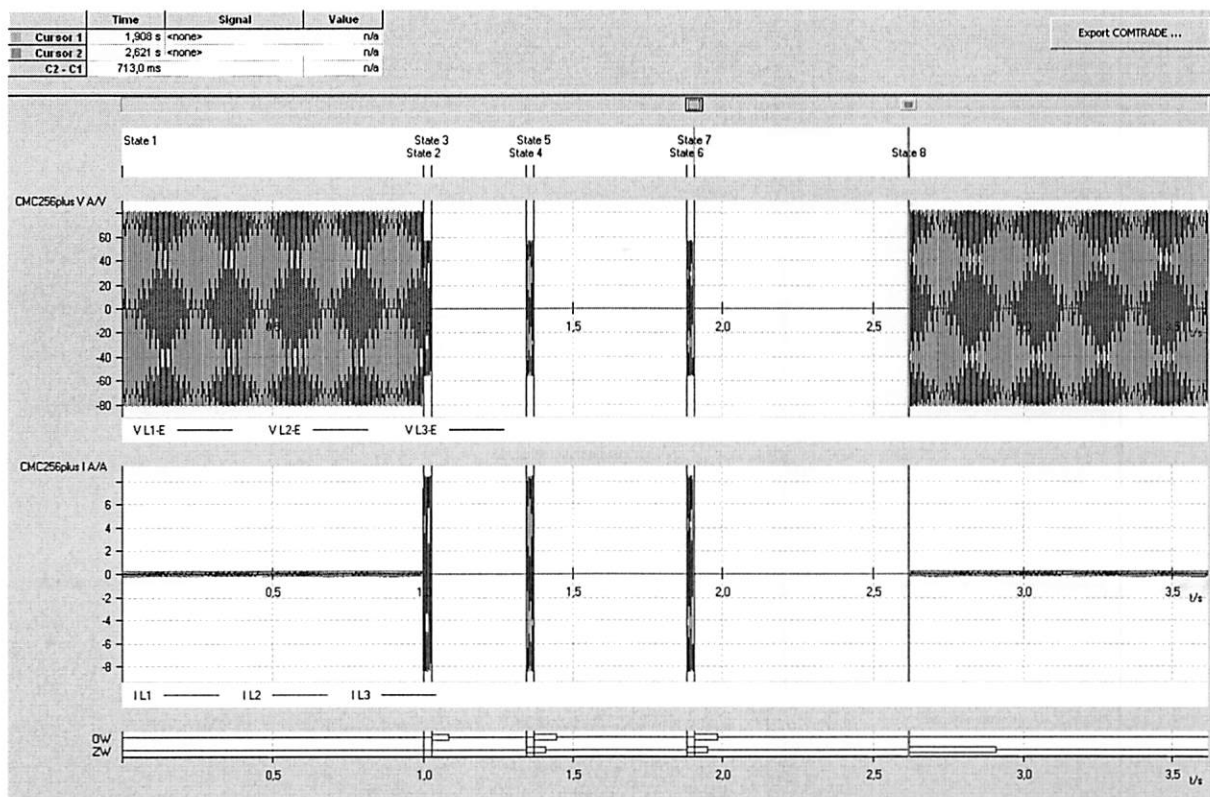
Rys. 4.61. Realizacja cyklu WZW



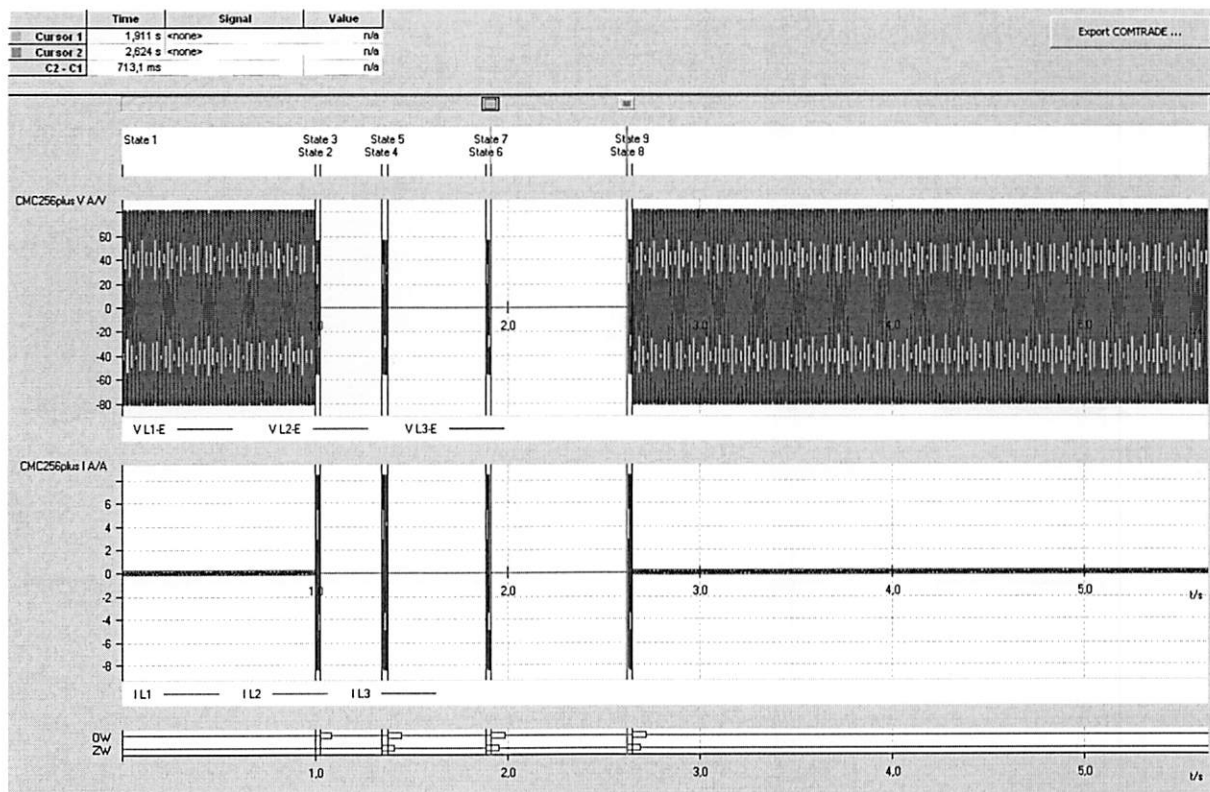
Rys. 4.62. Realizacja cyklu WZWZ



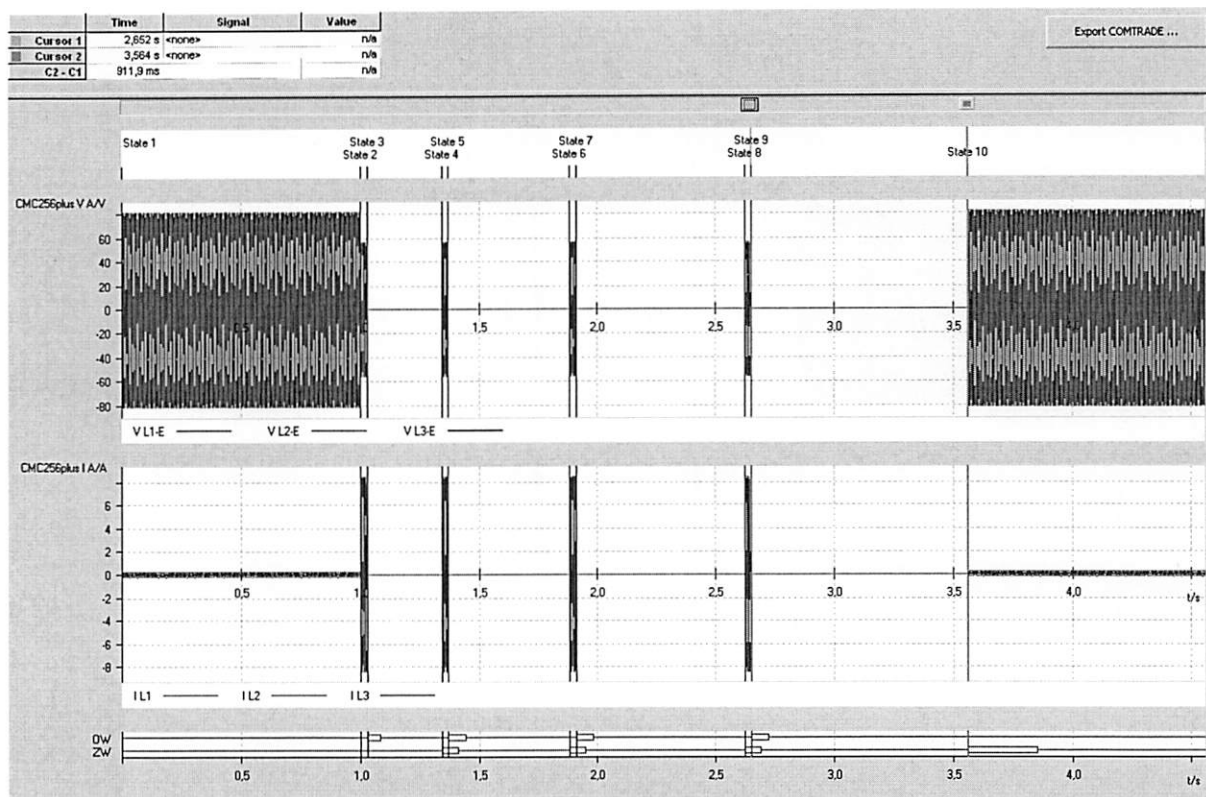
Rys. 4.63. Realizacja cyklu WZWZW



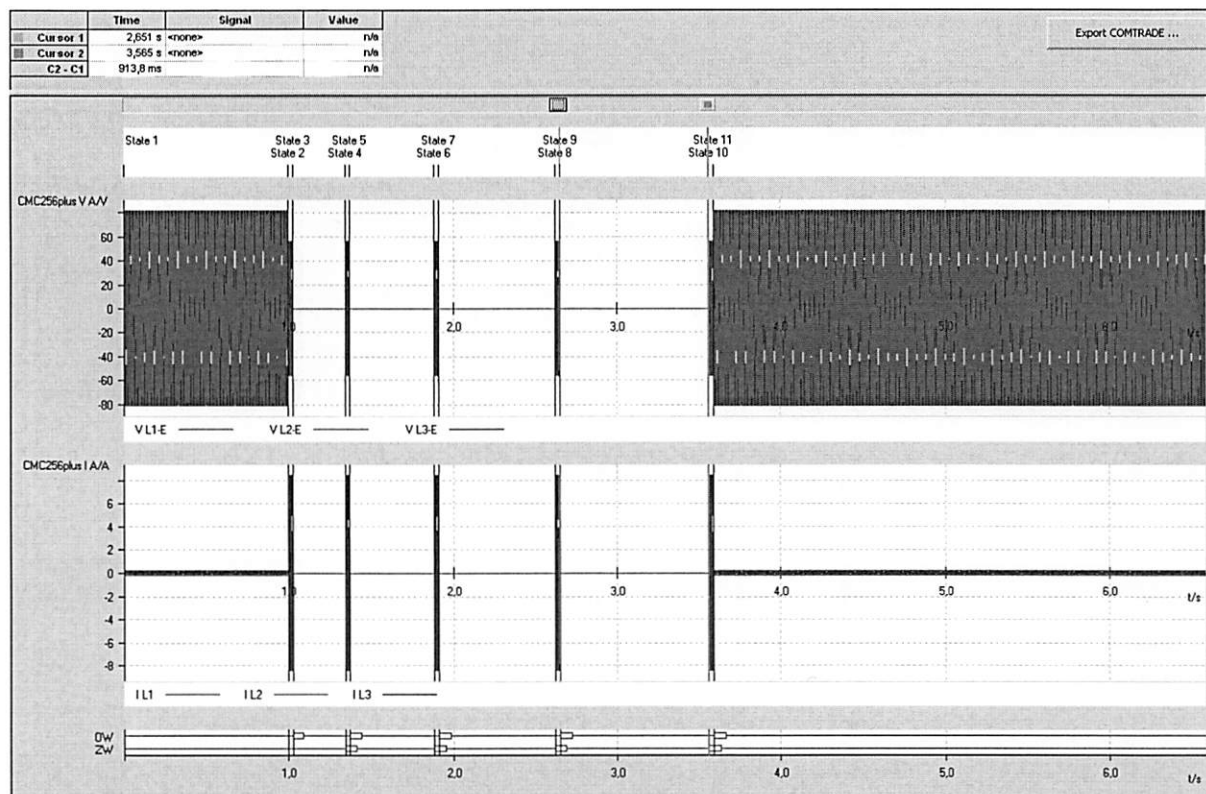
Rys. 4.64. Realizacja cyklu WZWZVW



Rys. 4.65. Realizacja cyklu WZWZVWZVW



Rys. 4.66. Realizacja cyklu WZWZWWZ

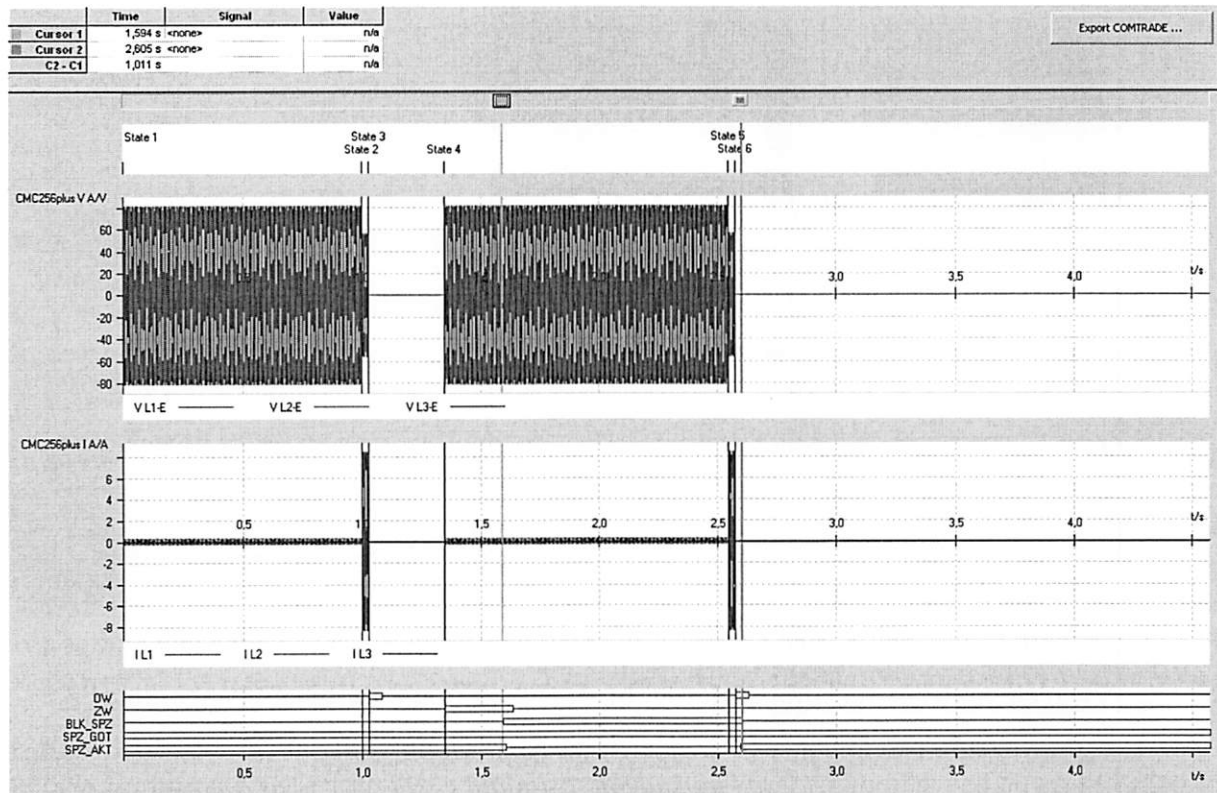


Rys. 4.67. Realizacja cyklu WZWZWWZW

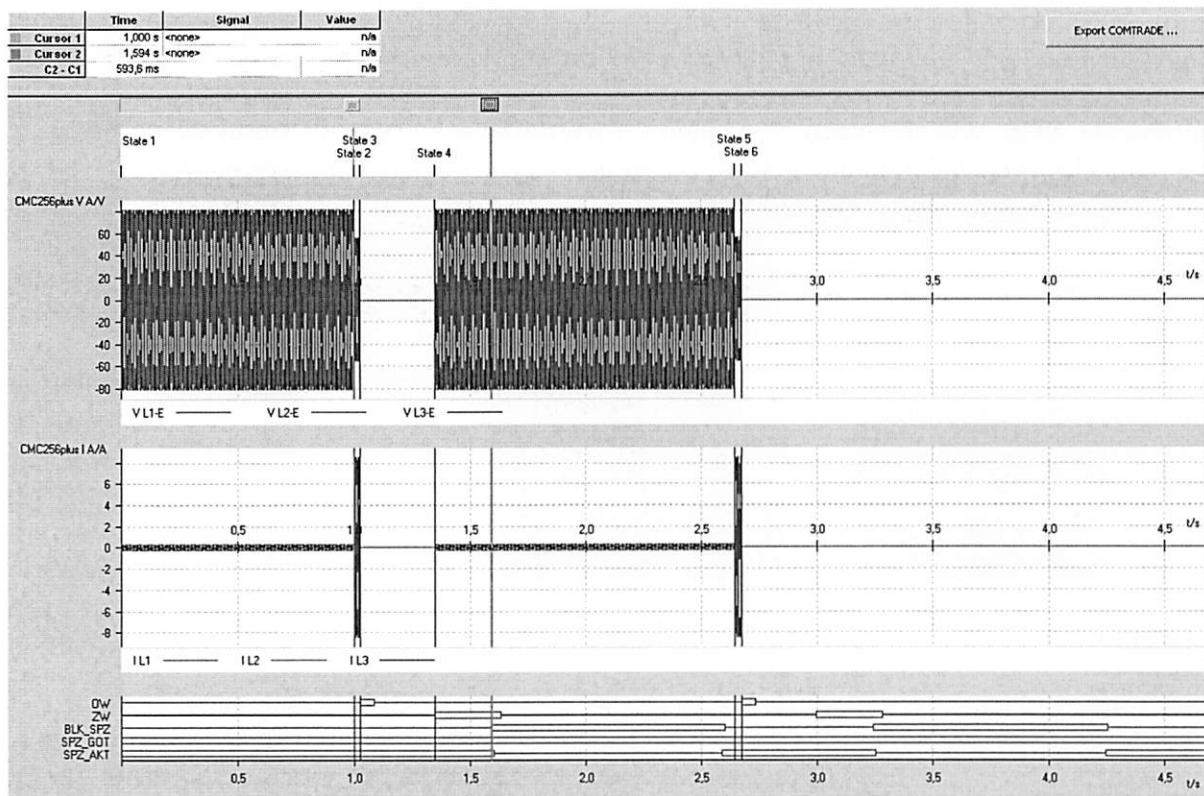
### **Sprawdzenie blokowania SPZ po wykonaniu wszystkich możliwych kroków programu**

Aby sprawdzić blokowanie SPZ ustawiono *Maksymalny czas między krokami* na wartość 10 s, natomiast *Czas blokady po ostatnim cyklu* na 1 s. SPZ został ustawiony jako 1

krotny. W programie *Test Universe* utworzono dwa testy, w których przedstawiono sytuację, kiedy czas blokady upłynął i jest możliwe wykonanie kolejnego programu SPZ oraz kiedy zwarcie wystąpiło podczas trwania blokady (rys. 4.68, rys. 4.69). Aby przedstawić realizację automatyki SPZ, wykorzystano 5 sygnałów dwustanowych: sygnały sterujące na otwarcie i zamknięcie wyłącznika, blokadę SPZ po ostatnim cyklu, gotowość i aktywność SPZ.



Rys. 4.68. Kolejne zwarcie podczas trwania blokady, brak wykonania kolejnego programu SPZ

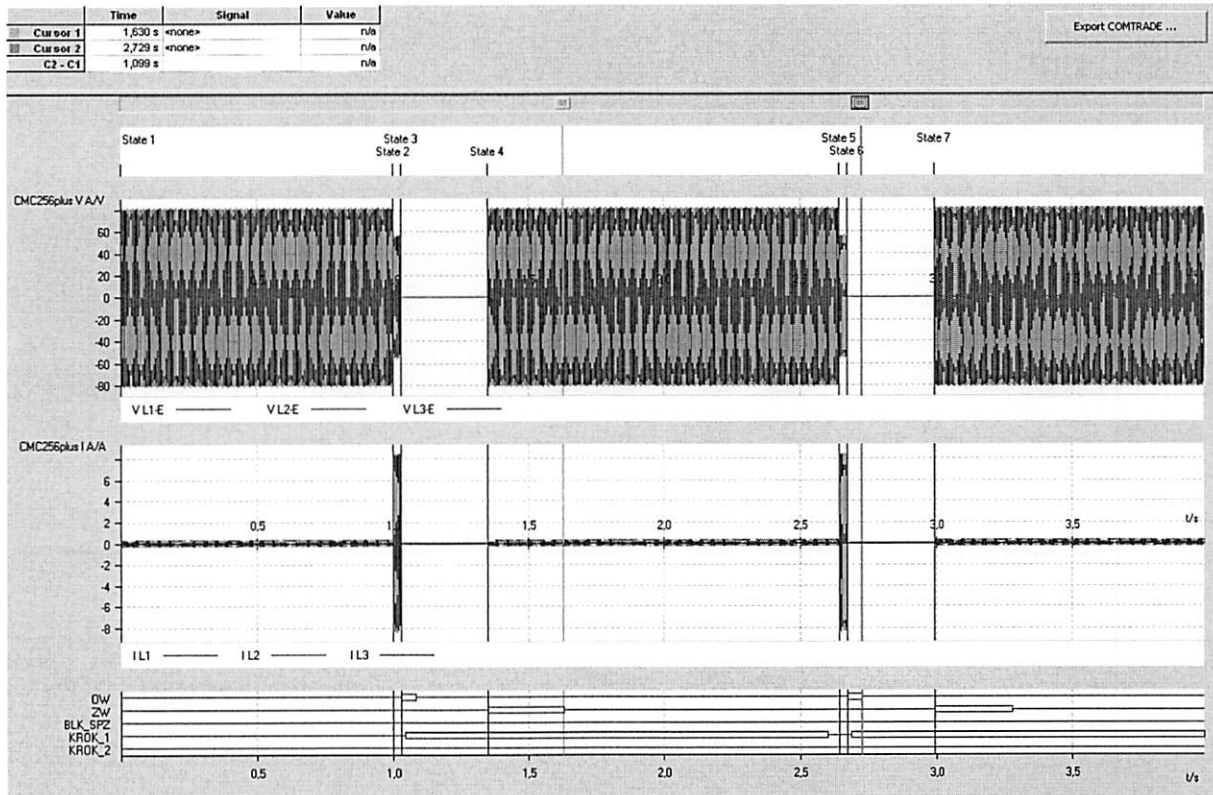


Rys. 4.69. Kolejne zwarcie po odblokowaniu SPZ, wykonanie kolejnego programu SPZ

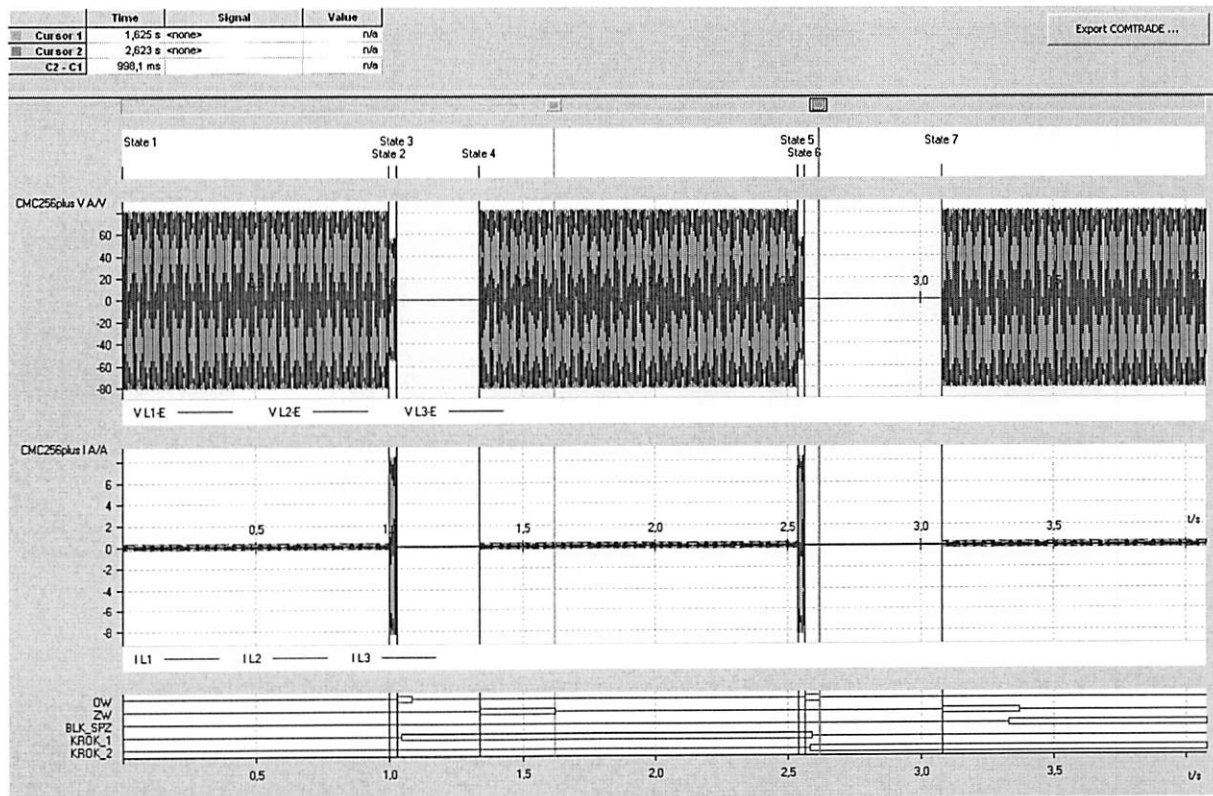
### **Kolejne zwarcie podczas trwania blokady, brak wykonania kolejnego programu SPZ**

Do sprawdzenia resetowania SPZ ustawiono *Maksymalny czas między krokami* na 1 s oraz 2s (2 przypadki), natomiast *Czas blokady po ostatnim cyklu* na 1 s. SPZ został ustawiony jako 2-krotny 3-fazowy o przerwach beznapięciowych 300ms oraz 500ms. W programie *Test Universe* utworzono dwa testy dla każdego maksymalnego czasu między krokami, w których przedstawiono sytuację, kiedy czas resetowania SPZ upłynął i wykonywany jest SPZ od nowa oraz kiedy kolejne zwarcie wystąpiło przed upłynięciem maksymalnego czasu między krokami (rys. 4.70 - rys. 4.73). Aby przedstawić realizację automatyki SPZ, wykorzystano 5 sygnałów dwustanowych: sygnały sterujące na otwarcie i zamknięcie wyłącznika, blokadę SPZ oraz sygnalizację wykonywania kroku 1 oraz 2. Zgodnie z dokumentacją czas ten jest mierzony od momentu zbocza opadającego sygnału ZAŁĄCZ, realizowanego przez SPZ, do zbocza opadającego sygnału WYŁĄCZ. Na podstawie testu i dokumentacji wnioskuje się, że czas ten jest mierzony prawidłowo.

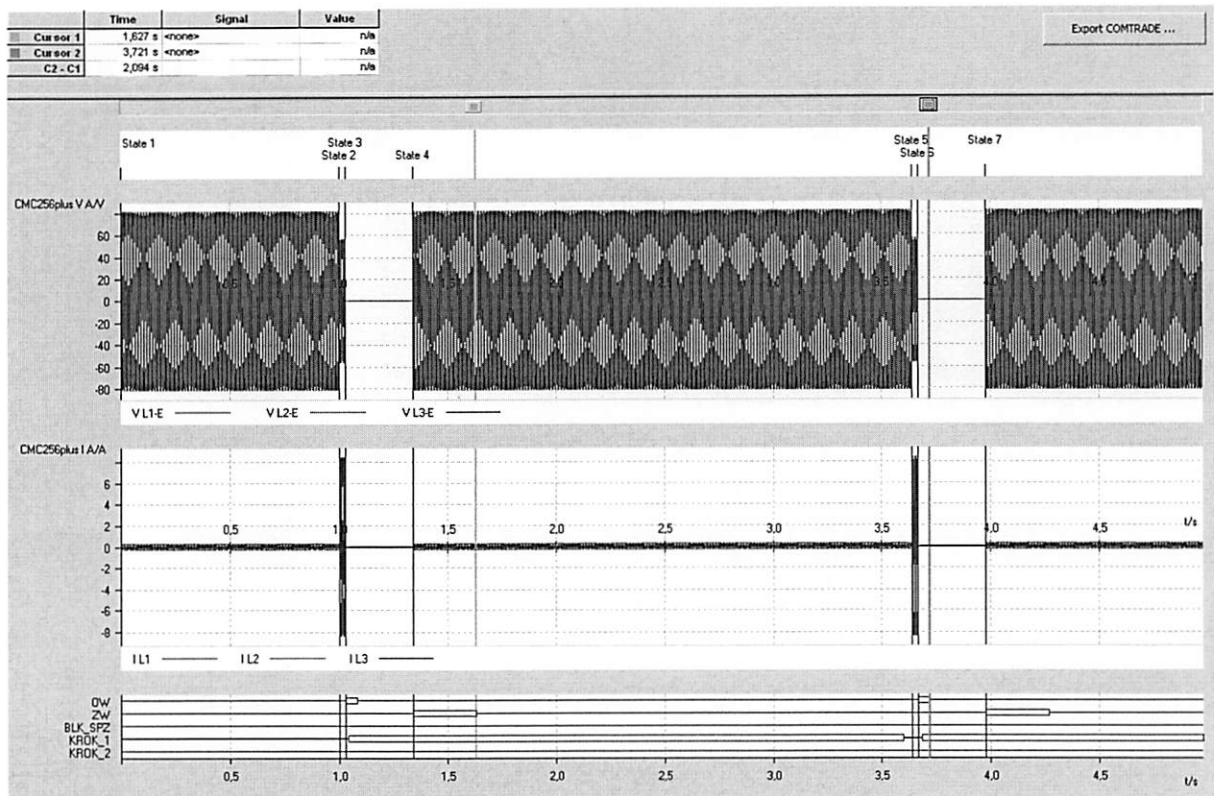




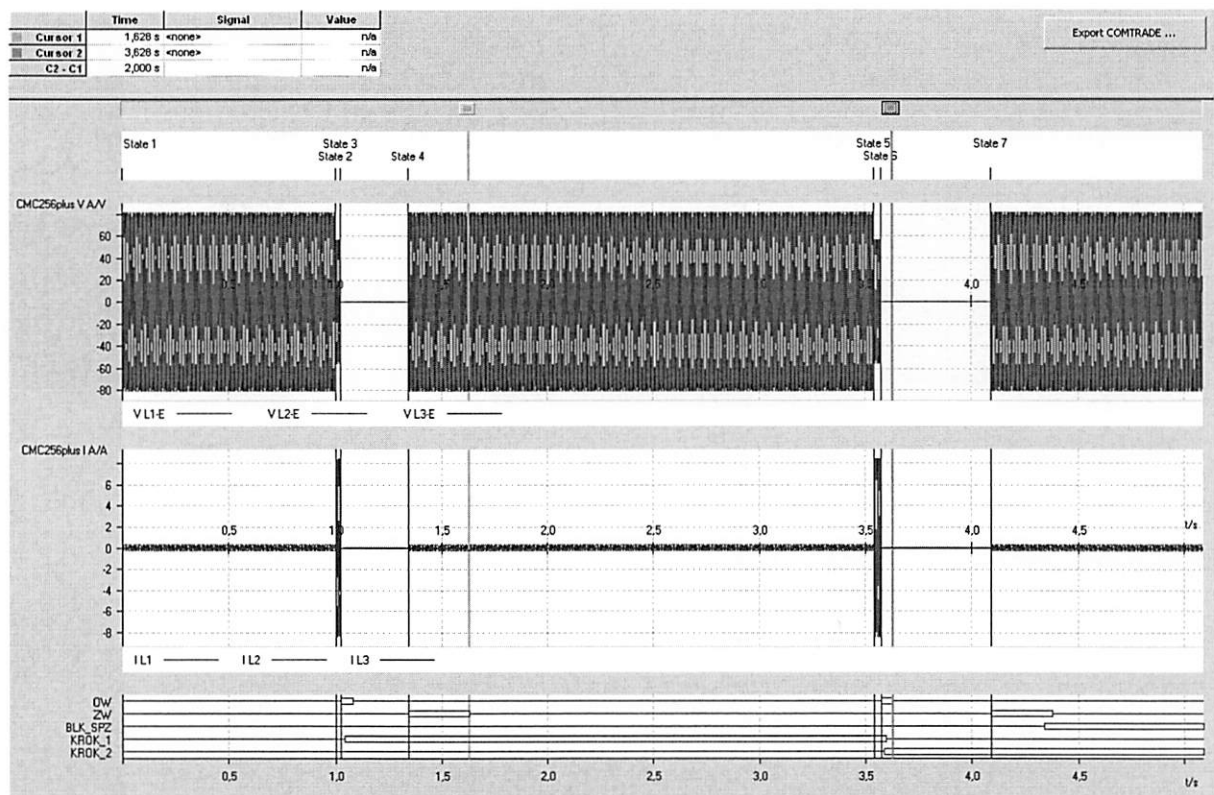
Rys. 4.70. Wykonanie nowego programu SPZ po upłygnięciu czasu resetu SPZ, *Maksymalny czas między krokami równy 1 s*



Rys. 4.71. Wykonanie kolejnego cyklu programu SPZ przed upłygnięciem czasu resetu SPZ, *Maksymalny czas między krokami równy 1 s*



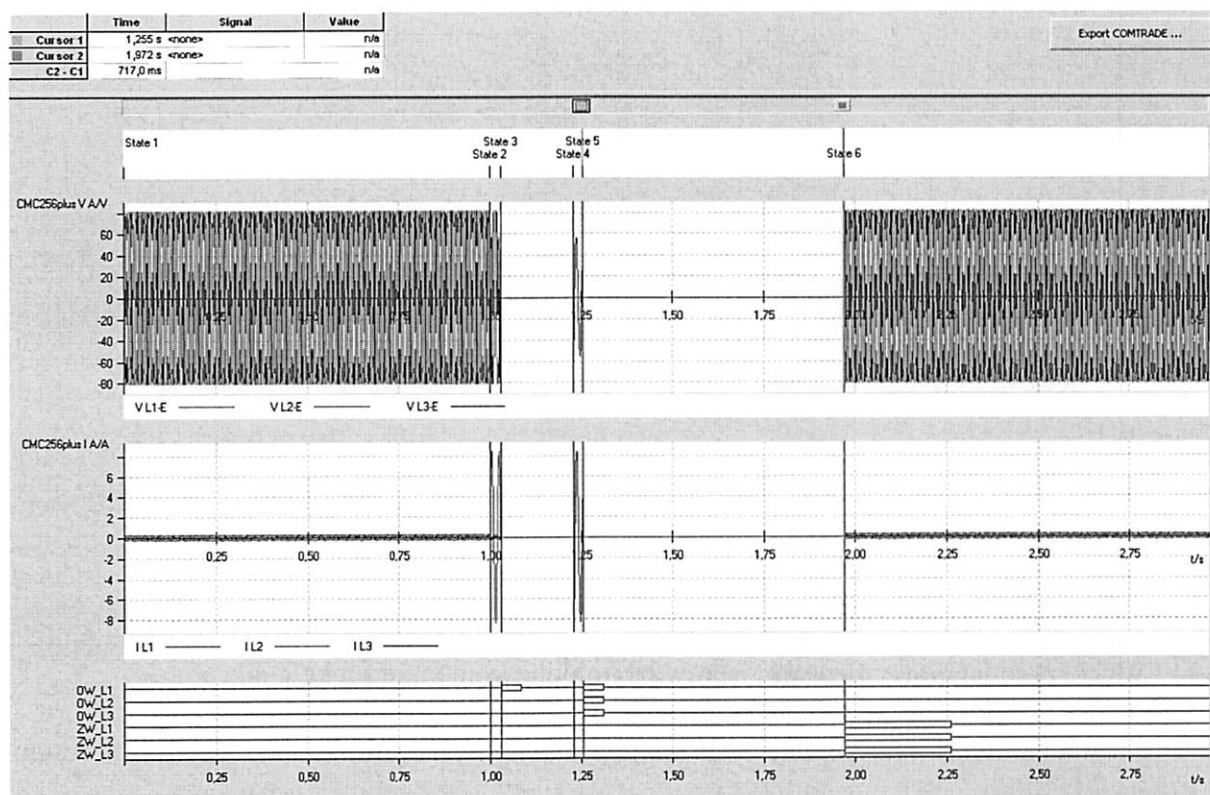
Rys. 4.72. Wykonanie nowego programu SPZ po upłygnięciu czasu resetu SPZ, *Maksymalny czas między krokami równy 2 s*



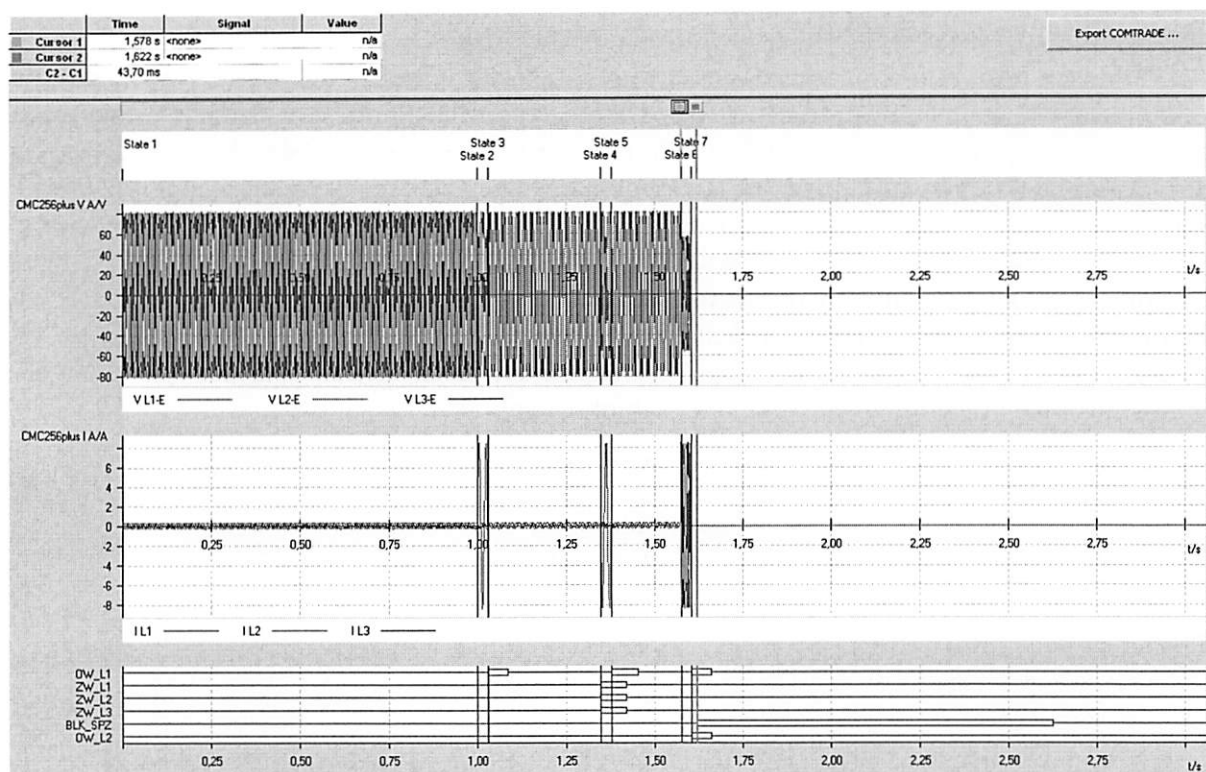
Rys. 4.73. Wykonanie kolejnego cyklu programu SPZ przed upłygnięciem czasu resetu SPZ, *Maksymalny czas między krokami równy 2 s*

## Sprawdzenie funkcji blokowania zwarć rozwijających się

Podczas testu aktywowano SPZ zarówno 3-fazowy 1-krotny jak i 1-fazowy 2-krotny. Czas przerwy beznapięciowej dla SPZ 3-fazowego wynosił 700 ms, zaś dla SPZ 1-fazowego czasy przerw wynosiły 300 ms i 500 ms. Podczas testu aktywowano i dezaktywowano opcję *blokowania zwarć rozwijających się*, co powodowało działanie zgodne z dokumentacją. Podczas odznaczenia opcji *blokowania zwarć rozwijających się* (rys. 4.74) wykonano zwarcie fazy L1, po czym zwarcie fazy L3 wystąpiło w czasie pierwszej przerwy beznapięciowej. Czas przerwy został wydłużony o czas trójfazowej przerwy beznapięciowej. Przy zaznaczeniu opcji *blokowania zwarć rozwijających się* (rys. 4.75) podczas drugiej przerwy beznapięciowej pobudzonej od zwarcia jednofazowego wykonano zwarcie trójfazowe, co spowodowało natychmiastowe otwarcie wyłącznika oraz zablokowanie SPZ.



Rys. 4.74. Funkcja *blokowanie zwarć rozwijających się* jest odznaczona



Rys. 4.75. Funkcja *blokowanie zwarć rozwijających się* jest zaznaczona

## Wnioski

Działanie automatyki SPZ jest prawidłowe. Podczas przeprowadzonych testów i w zakresie ich wykonywania nie stwierdzono działania nieprawidłowego.

### Uwaga

Podczas testów zauważono pewne nieprawidłowości w działaniu funkcji SPZ dla wersji oprogramowania 3.3.002, które zostały usunięte w nowym oprogramowaniu w wersji 3.4.005.

Wykorzystując nowy firmware sprawdzono ponownie takie funkcje jak:

- Pobudzenie SPZ sygnałami zewnętrznymi.
- Parametr *maksymalny czas pomiędzy kolejnymi krokami SPZ*, czyli czas resetu SPZ.

Wykonie ponownych testów potwierdziło poprawne, zgodne z zapewnieniami producenta działanie funkcji SPZ.

## **4.11. Sprawdzenie koordynacji działania zabezpieczeń odległościowych (85)**

### Przebieg testów

Testy koordynacji działania zabezpieczeń odległościowych przeprowadzono z użyciem łącza różnicowego. Sprawdzone wszystkie dostępne tryby koordynacji. Do testów wykorzystano moduł *State Sequencer*. Do koordynacji użyto stref 1N (1) i 1W (4) w obu przekaźnikach. Domyślnie używano ustawień zgodnie z rys. 4.76. Podczas sprawdzania każdego z trybów do testera CMC doprowadzono dwa sygnały wyłączające (TRIP\_GORA i TRIP\_DOL), po jednym z każdego urządzenia. Czas strefy 1N był ustawiony na 0 ms, strefy 1W na 700 ms, strefy 2 na 700 ms i strefy 5 do tyłu na 350 ms. W przypadku trybu 1, 4, 5, 6 i 7 zmieniano niektóre wartości opóźnień zadziałania zabezpieczenia. Przy trybie 4 opóźnienie strefy 1W wynosiło 500 ms, w trybie 5 opóźnienie strefy 1W wynosiło 200 ms, w trybie 7 opóźnienie strefy 1N wynosiło 500 ms. Podczas testów trybu 6 dezaktywowano zabezpieczenia odległościowe, zaś podczas sprawdzania trybu 1 przy łączu sprawnym

dezaktywowano wszystkie strefy w drugim zabezpieczeniu (działające w oparciu o wybiornik fazowy).

**Łącze**

Łącze

Numer strefy skojarzonej 1N  1W

Tryb współpracy

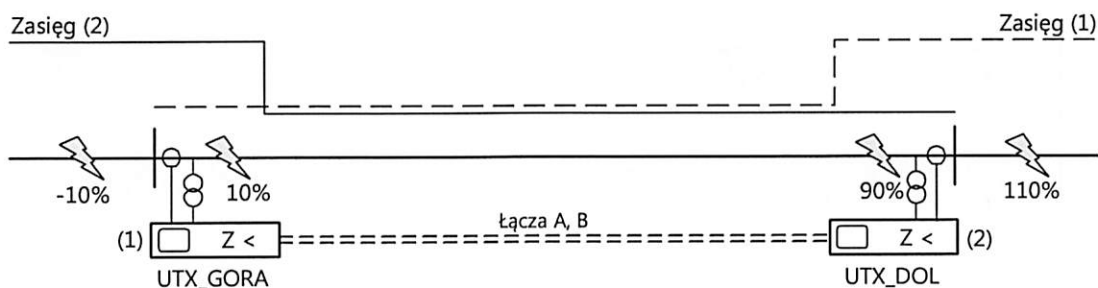
Numer programu SPZ

Opóźnienie sygnału nadawanego [10 ms]

Czas trwania sygnału nadawanego [10 ms]

Rys. 4.76. Domyślne ustawienia łącza

Dla każdego trybu koordynacji wymuszano jedną sumaryczną (uniwersalną) sekwencję stanów składających się z kilku wymuszeń zwarć trójfazowych w punktach -10% (do tyłu), 10% (do przodu), 90% (do przodu) i 110% (do przodu) długości linii, zgodnie z nastawieniami stref pokazanymi w rozdz. 2. Układ współpraca urządzeń wraz z możliwymi wariantami wymuszeń został przedstawiona na rys. 4.77. Drugi przełącznik widział zwarcie odwrotnie w stosunku do urządzenia pierwszego. Wymuszenia zwarć w sekwencji były oddzielone od siebie za pomocą stanów normalnych o czasie trwania 300 ms. Sekwencję testową przedstawiono na rys. 4.78. Dodatkowo sprawdzono prawidłowość działania koordynacji, gdy tylko jedno połączenie (A lub B) funkcjonuje prawidłowo a drugie jest rozpięte (uszkodzone) dla trybu 2 oraz dokładność określania czasu opóźnienia sygnału koordynacji dla trybu 1 o opóźnieniu 300ms.



Rys. 4.77. Współpraca urządzeń na obu końcach linii

Działanie zabezpieczenia podczas koordynacji dla wszystkich trybów przedstawiono na rys. 4.79 – rys. 4.95.

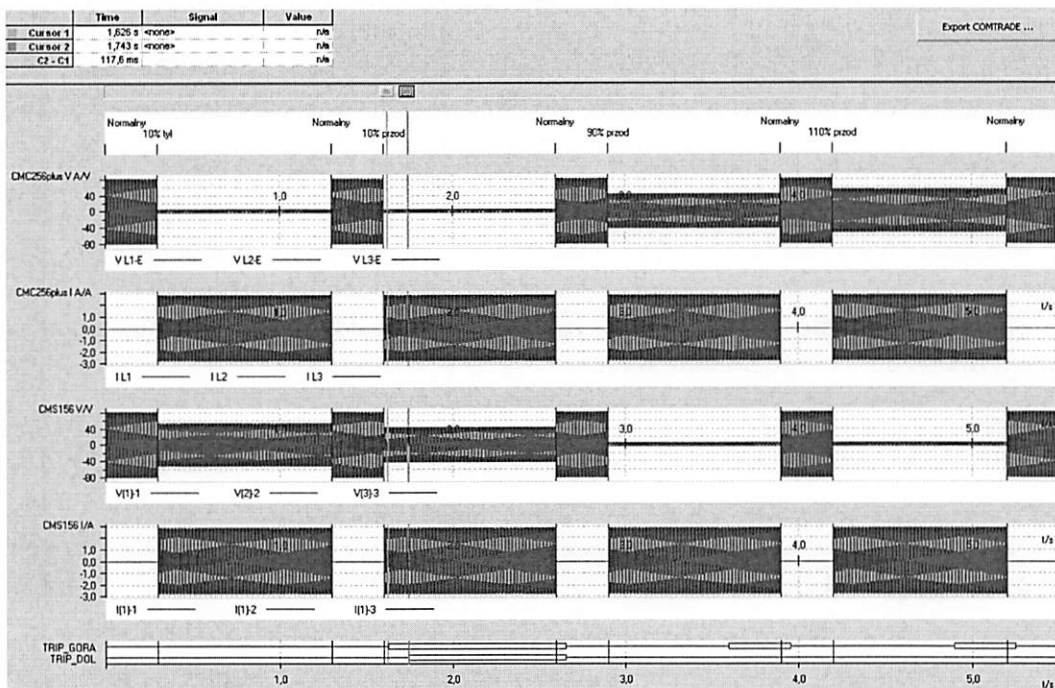
	1			2			3			4			5		
lIme	Normalny			10% tył			Normalny			10% przod			Normalny		
V L1-E	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	3,434 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	3,434 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz
V L2-E	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz
V L3-E	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz
IL1	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	110,70 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-69,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz
IL2	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-9,30 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz
IL3	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-129,30 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz
V(1)-1	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	37,78 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	30,91 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz
V(2)-2	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	37,78 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	30,91 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz
V(3)-3	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	37,78 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	30,91 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz
I(1)-1	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-69,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-69,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz
I(1)-2	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz
I(1)-3	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz
Trigger	<input checked="" type="checkbox"/>	300,0 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	300,0 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	1,000 s		<input checked="" type="checkbox"/>	300,0 ms	

6			7			8			9		
90% przod			Normalny			110% przod			Normalny		
30,91 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	37,78 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz
30,91 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	37,78 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz
30,91 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	37,78 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz
2,000 A	-89,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-89,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz
2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz
2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz
3,434 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz	3,434 V	0,00 *	50,000 Hz	57,73 V	0,00 *	50,000 Hz
3,434 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	-120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	-120,00 *	50,000 Hz
3,434 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz	3,434 V	120,00 *	50,000 Hz	57,73 V	120,00 *	50,000 Hz
2,000 A	-89,30 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz	2,000 A	110,70 *	50,000 Hz	0,000 A	0,00 *	50,000 Hz
2,000 A	170,70 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-9,30 *	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 *	50,000 Hz
2,000 A	50,70 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz	2,000 A	-129,30 *	50,000 Hz	0,000 A	120,00 *	50,000 Hz
1,000 s			300,0 ms			1,000 s			300,0 ms		

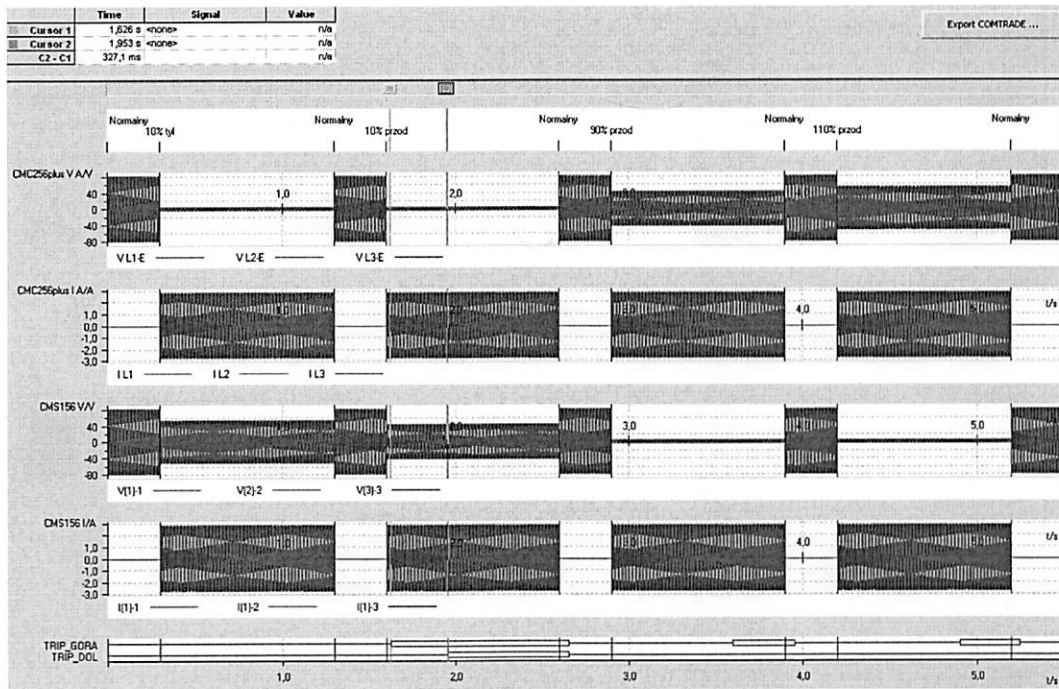
Rys. 4.78. Sekwencja testowa – stany 1-9

### Tryb 1 (współwylączenie uzależnione od pobudzenia)

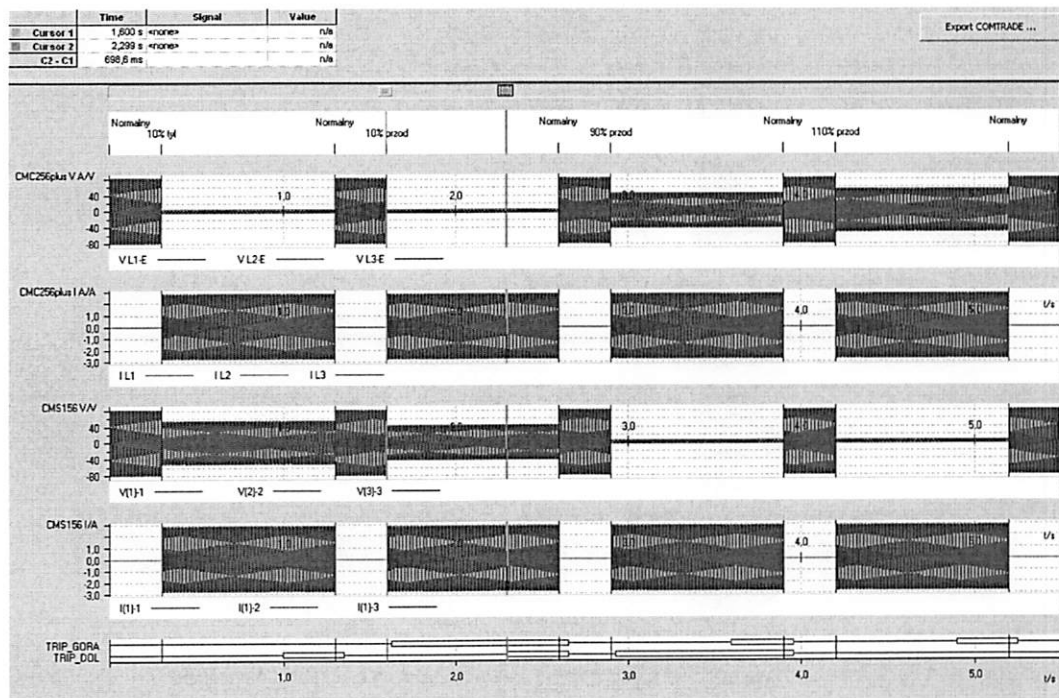
Przy sprawdzaniu trybu 1 dezaktywowano strefy funkcji odległościowej w UTX\_DOL. Łącze było sprawne. Zabezpieczenie widzące zwarcie w strefie 1N wysłało sygnał do drugiego zabezpieczenia, które zadziałało pod warunkiem wykrywania zwarcia poprzez wybiornik fazowy.



Rys. 4.79. Tryb 1, oba łącza sprawne, zwarcie widziane w strefie 1N pierwszego urządzenia i pobudzenie wybiornika w drugim urządzeniu powoduje przyspieszenie działania od koordynacji

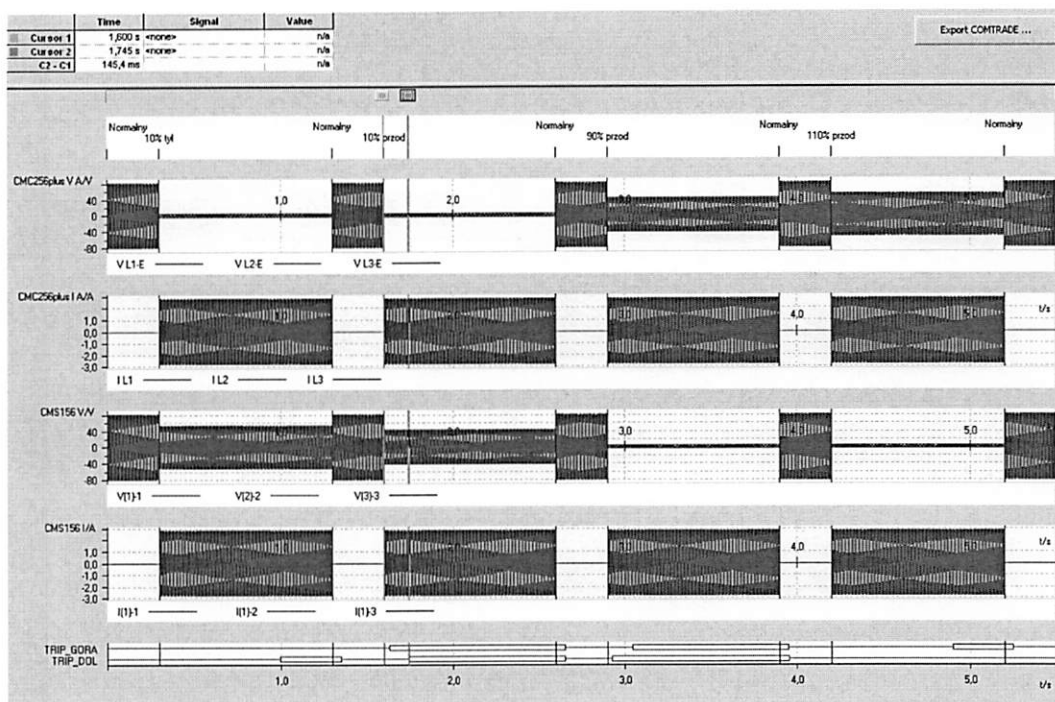


Rys. 4.80. Tryb 1, oba łącza sprawne, t opóznienia 300 ms, zwarcie widziane w strefie 1N pierwszego urządzenia i pobudzenie wybiornika w drugim urządzeniu powoduje przyspieszenie działania od koordynacji z opóznieniem 300 ms

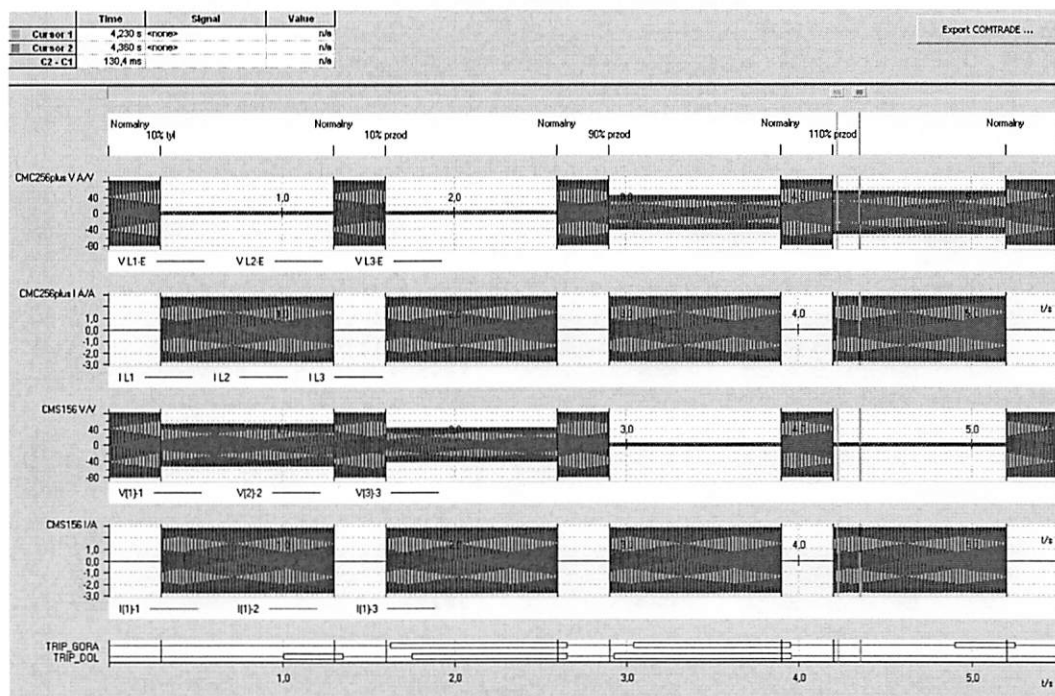


Rys. 4.81. Tryb 1, oba łącza niesprawne, brak przyspieszenia działania zabezpieczeń od koordynacji  
**Tryb 2 (przyspieszenie działania w strefie 1W)**

Zabezpieczenie widzące zwarcie w strefie 1N wysyła sygnał do drugiego zabezpieczenia, które zadziała pod warunkiem wykrycia zwarcia w strefie 1W.

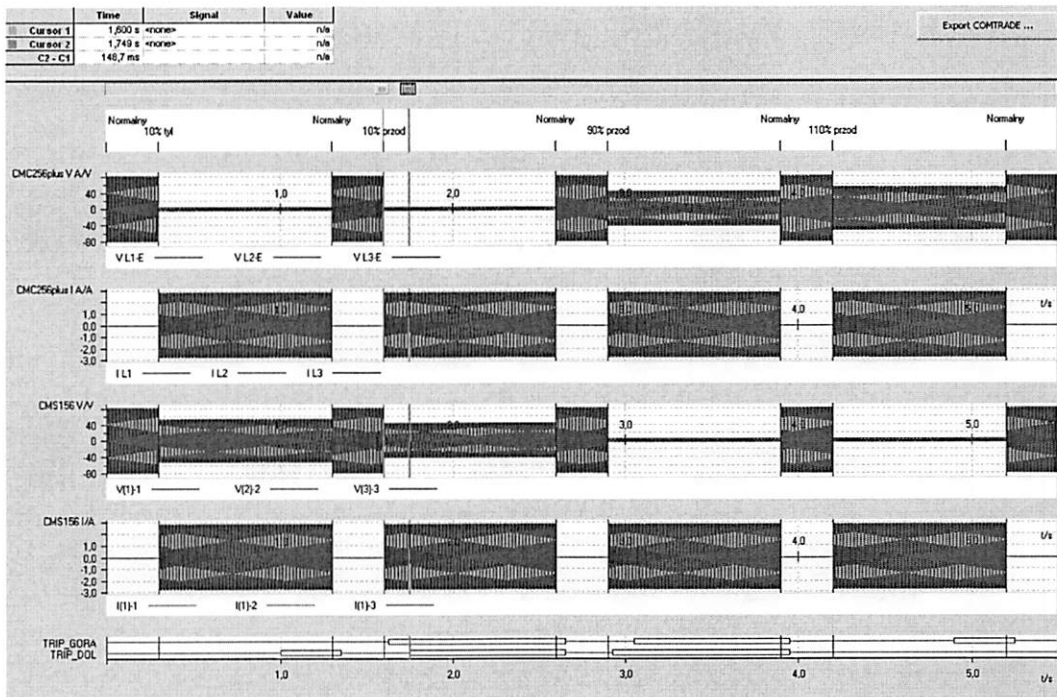


Rys. 4.82. Tryb 2, oba łącza sprawne, zwarcie widziane w strefie 1N pierwszego urządzenia i strefie 1W drugiego urządzenia powoduje przyspieszenie działania zabezpieczeń

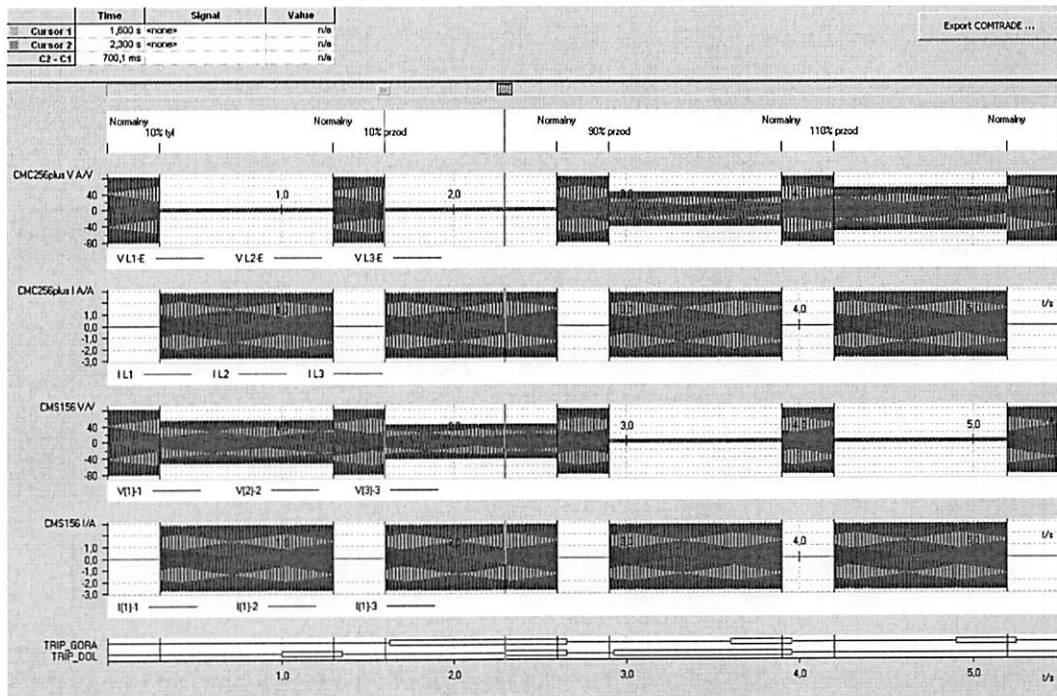


Rys. 4.83. Tryb 2, sprawny tylko kanał A, zwarcie widziane w strefie 1N pierwszego urządzenia i strefie 1W drugiego urządzenia powoduje przyspieszenie działania zabezpieczeń





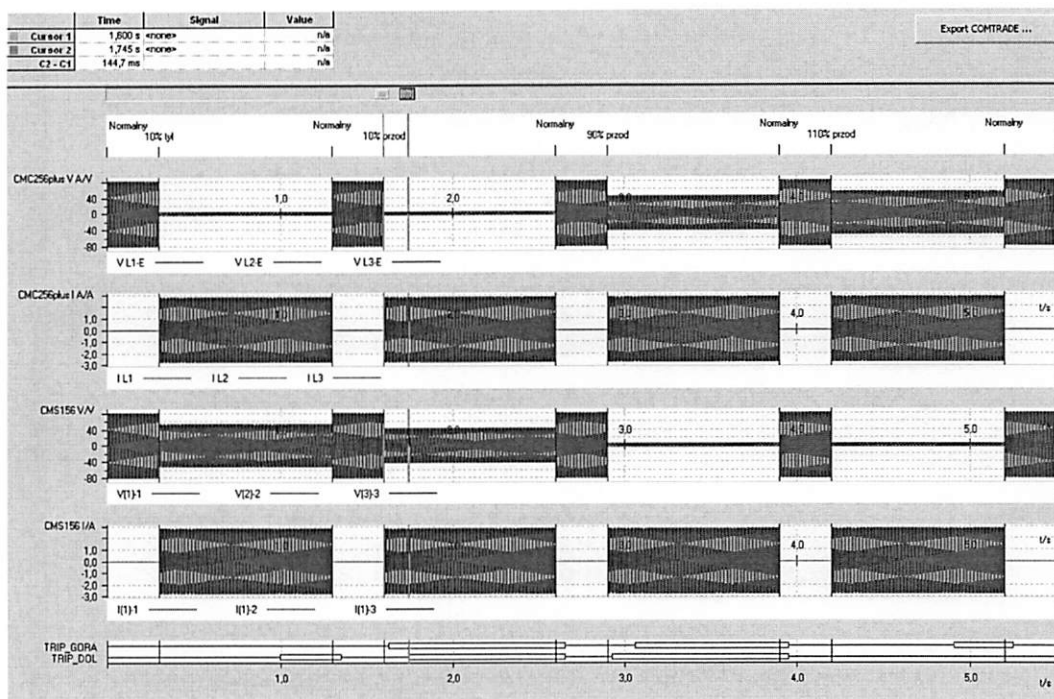
Rys. 4.84. Tryb 2, sprawny tylko kanał B, zwarcie widziane w strefie 1N pierwszego urządzenia i strefie 1W drugiego urządzenia powoduje przyspieszenie działania zabezpieczeń



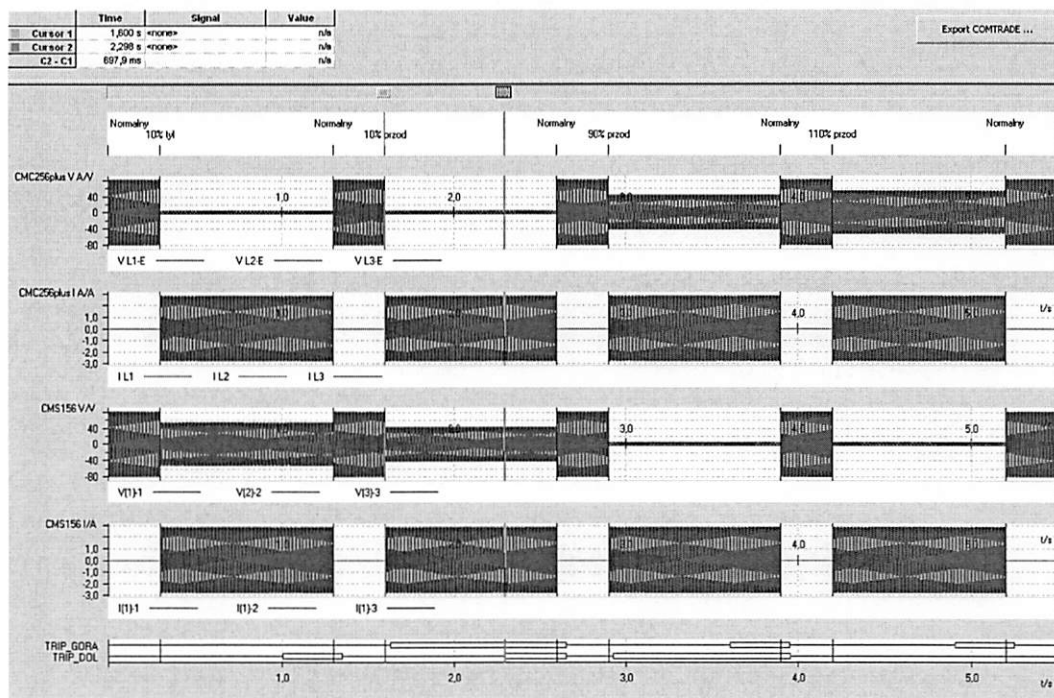
Rys. 4.85. Tryb 2, oba łącza niesprawne, brak koordynacji

### Tryb 3 (zależne działanie w zakresie stref 1 W)

Zabezpieczenie widzące zwarcie w strefie 1W wysyła sygnał do drugiego zabezpieczenia, które zadziała pod warunkiem widzenia zwarcia w strefie 1W.



Rys. 4.86. Tryb 3, oba łącza sprawne, zwarcie widziane w strefie 1W pierwszego urządzenia i strefie 1W drugiego urządzenia powoduje przyspieszenie działania zabezpieczeń



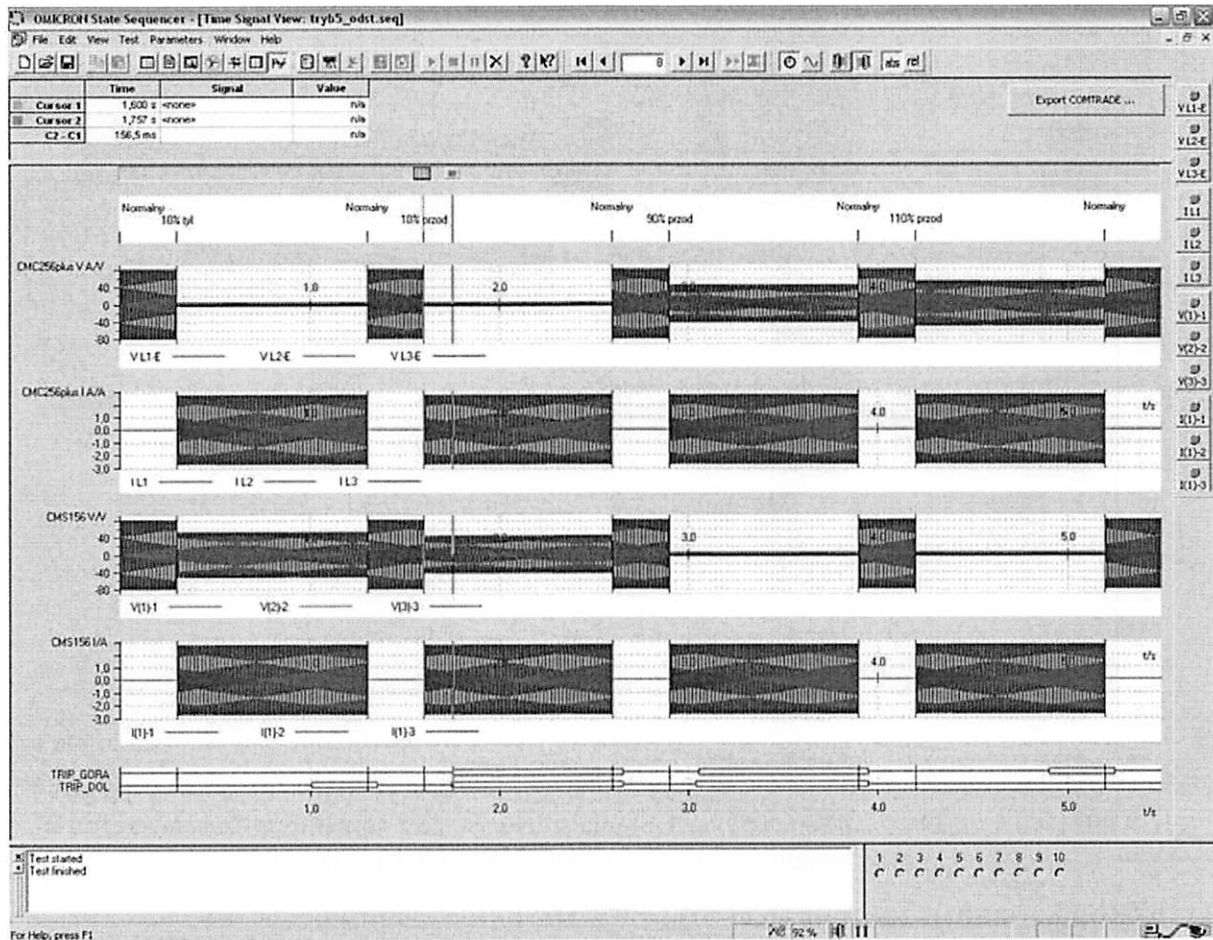
Rys. 4.87. Tryb 3, oba łącza niesprawne, brak koordynacji

#### **Tryb 4 (warunkowe działanie w zakresie 1W) – wersja oprogramowania 3.4.005**

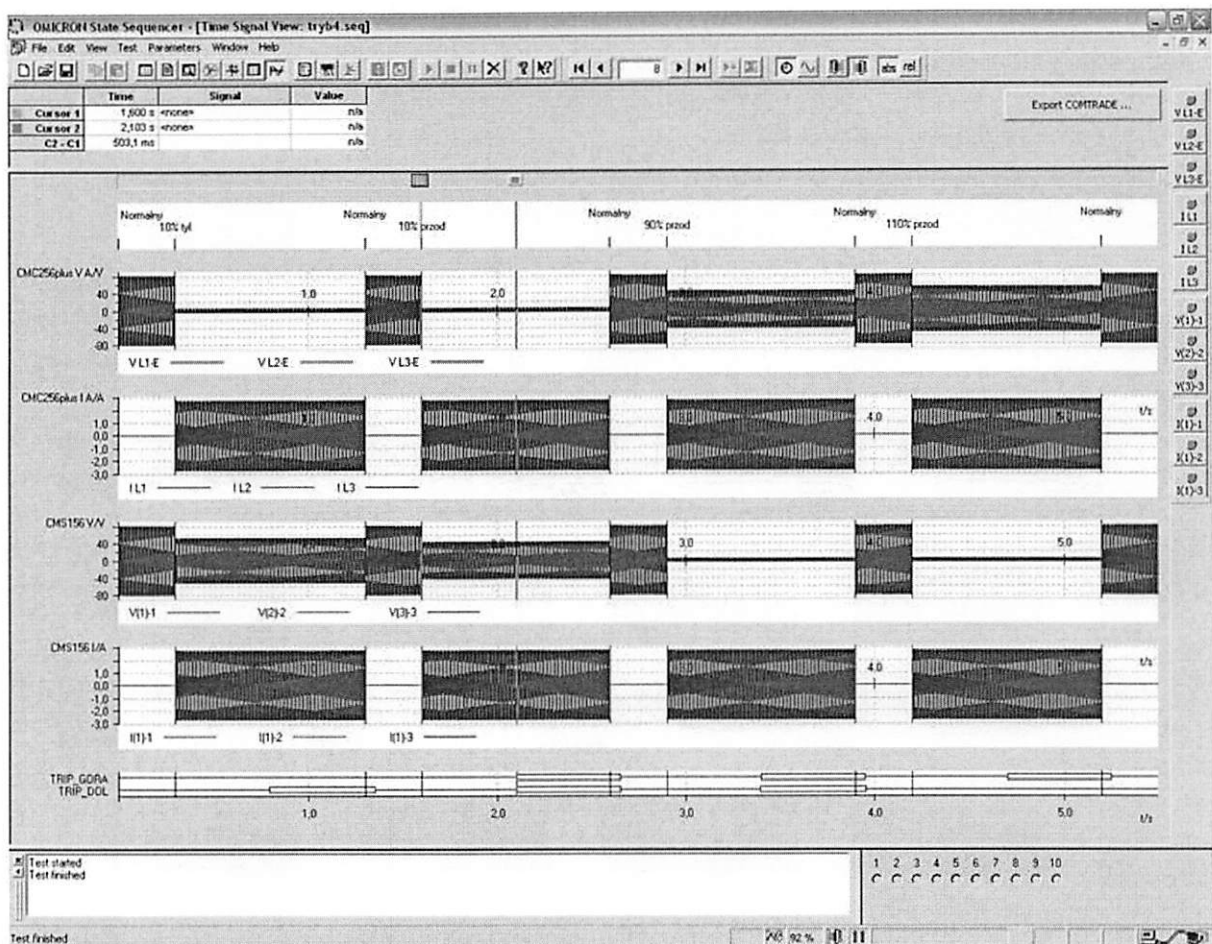
Przy ponownym sprawdzaniu trybu 4, wyłączono strefy 1N w obu przełącznikach. Miało to na celu doprowadzenie do sytuacji, gdzie wymuszenia „10%” i „90%” widziane były przez oba przełączniki w strefie 1W.

Wyniki testów przedstawiono na rys. 4.88 i rys. 4.89. Przy aktywności łącza, przy zwarciach „-10%” i „110%” odpowiednie przełączniki, widzące dane zwarcie w swojej strefie 1W, działają z czasem strefy 2 – 700 ms. Świadczy o blokowaniu działania strefy 1W w przypadku, gdy jedynie jedno zabezpieczenie widzi dane zwarcie w strefie 1W. Dla zwarć

„10%” i „90%” zaobserwowano wyłączenie z czasem około 150 ms, co świadczy o przyspieszeniu działania strefy 1 W, w przypadku, gdy oba przekaźniki widzą dane zwarcie w swojej strefie 1W. Gdy łącze jest nieaktywne nie występuje blokowanie ani przyspieszenie strefy 1W co jest zgodne z pracą trybu 4.



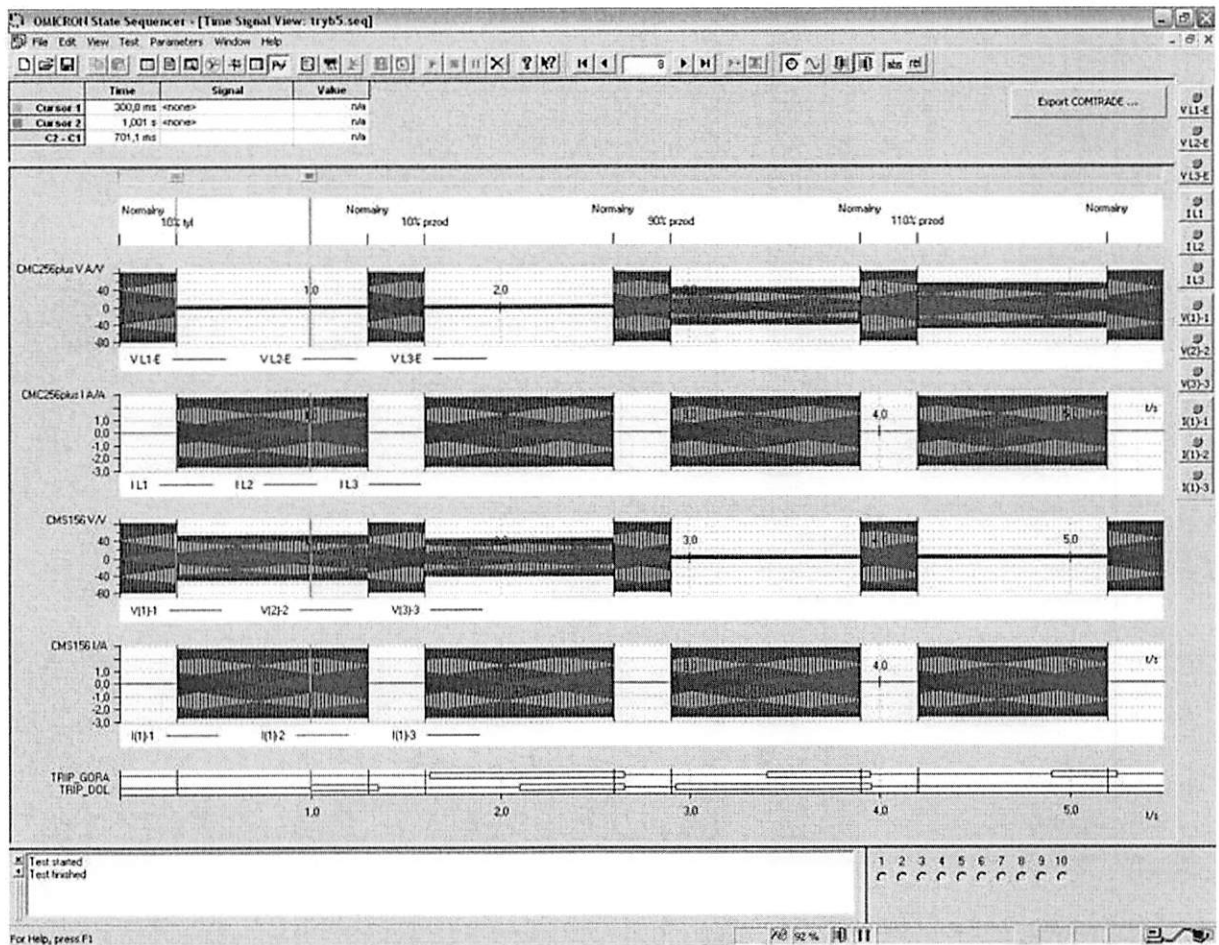
Rys. 4.88. Tryb 4, oba łącza sprawne, zwarcie widziane w strefie 1W przez oba urządzenia powoduje zadziałanie strefy 1W z czasem przyspieszonym. W przypadku, gdy tylko jedno urządzenie widzi dane zwarcie w strefie 1W następuje blokada strefy 1W tego zabezpieczenia



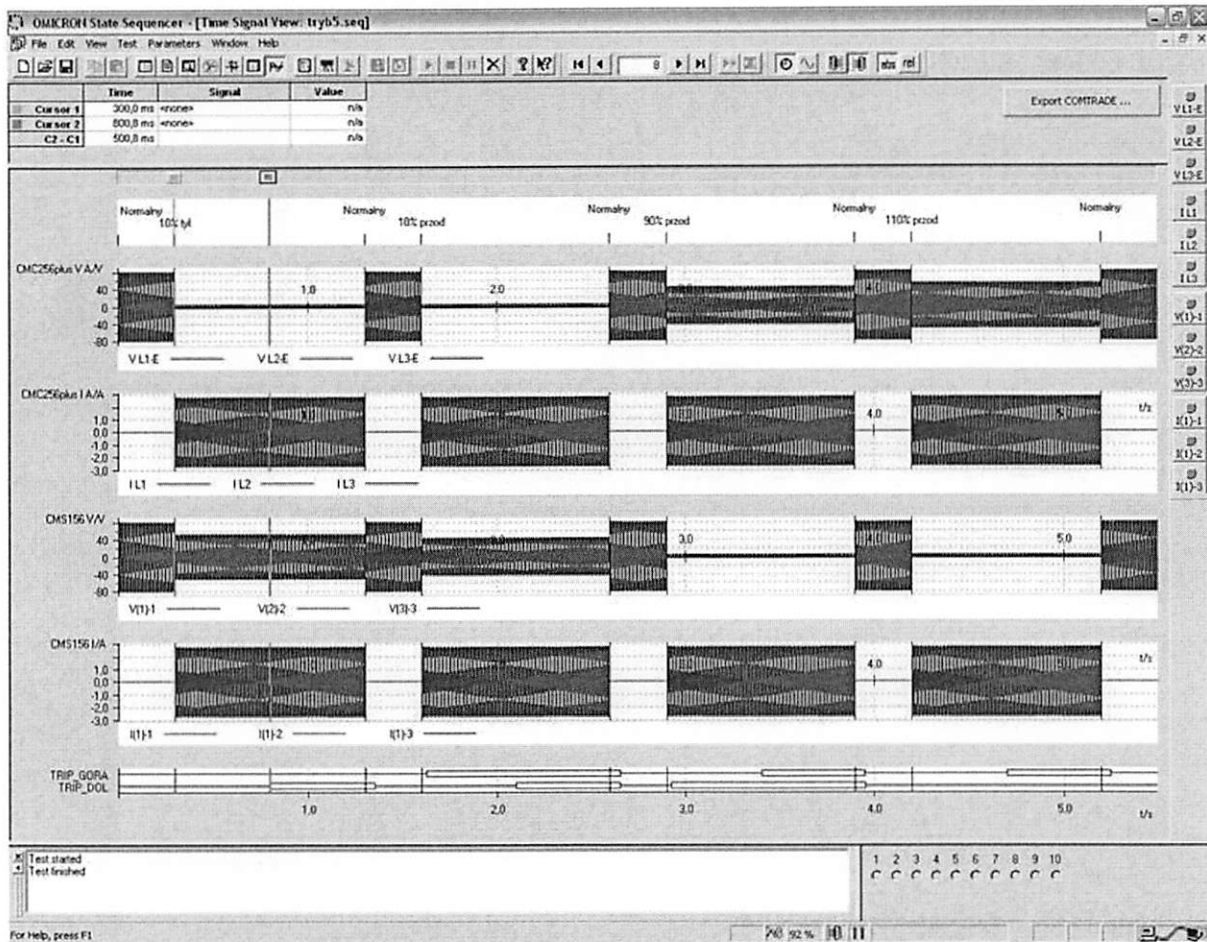
Rys. 4.89. Tryb 4, oba łąca niesprawne, wyłączenia odbywają się z normalnym czasem strefy 1W.  
Brak przyspieszania i blokowania strefy 1W – działanie poprawne

### **Tryb 5 (blokowanie w zakresie stref 1W) – wersja oprogramowania 3.4.005**

Dla wersji oprogramowania 3.4.005 wykonano testy trybu 5. Wyniki testów przedstawiono na rys. 4.90 i rys. 4.91. W wyniku przeprowadzenia ponownych testów stwierdzono poprawne działanie trybu 5. W przypadku gdy zwarcie widziane jest „do tyłu” przez jedno z zabezpieczeń, następuje blokada strefy 1W drugiego zabezpieczenia, i wyłączenie zwarcie przez 2 zabezpieczenie z czasem 2 strefy – 700 ms. W przypadku, gdy łącze jest niesprawne, czasy zadziałania dla poszczególnych wymuszeń są zgodne z nastawami poszczególnych stref przekaźników.



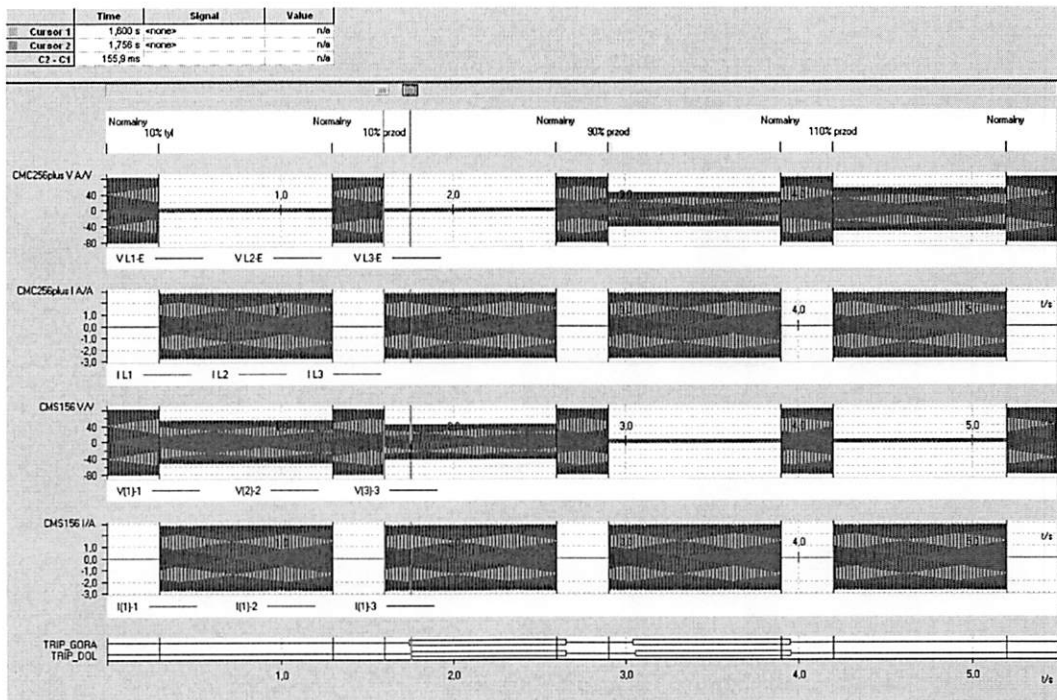
Rys. 4.90. Tryb 5, oba łącza sprawne, blokowanie strefy 1 W w przypadku, gdy drugie zabezpieczenie widzi dane zakłócenie „do tyłu”



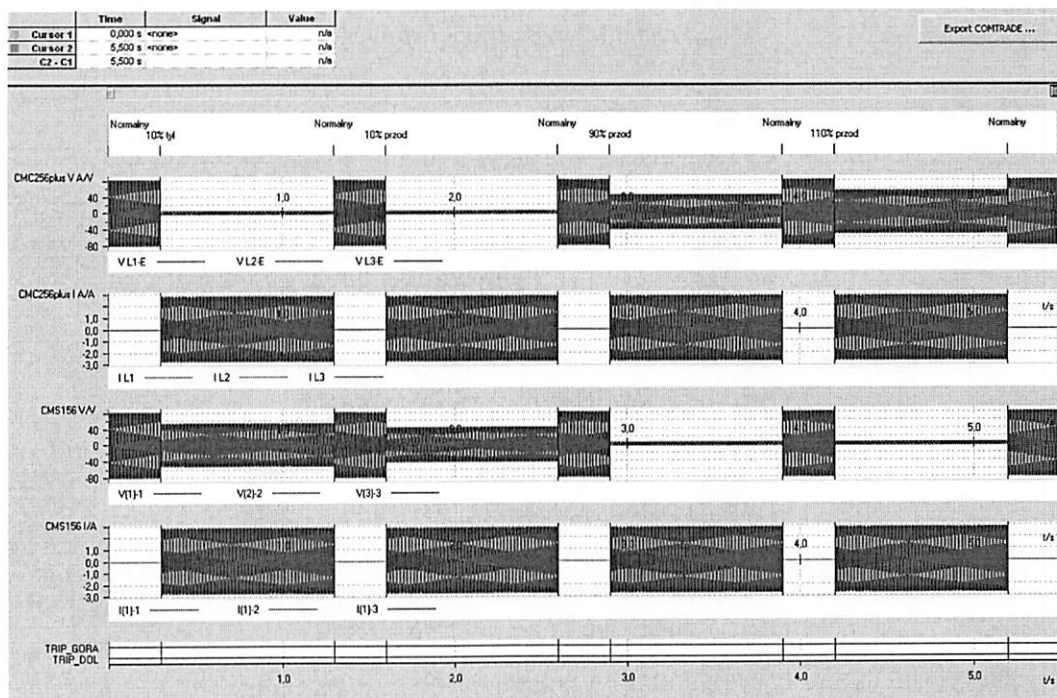
Rys. 4.91. Tryb 5, oba łąca niesprawne, czasy zadziałania zgodne z nastawami poszczególnych stref zabezpieczeń – działanie poprawne

### **Tryb 6 (porównywanie kierunków)**

Przy sprawdzaniu trybu 6 dezaktywowano funkcje odległościowe w obu urządzeniach. Zabezpieczenie widzące zwarcie z wybiornika fazowego do przodu wysyła sygnał do drugiego zabezpieczenia, które zadziała pod warunkiem widzenia zwarcia do przodu również przez wybiornik.



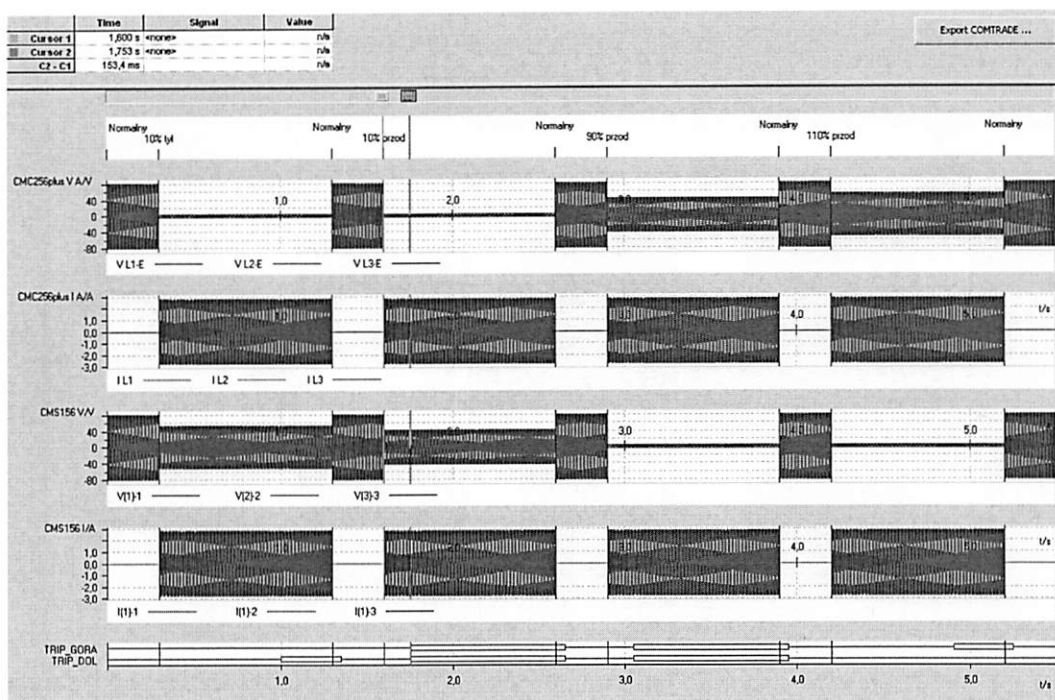
Rys. 4.92. Tryb 6, oba łącza sprawne, zadziałanie zabezpieczenia na podstawie kierunku do miejsca zwarcia w linii chronionej określonego przez wybiornik



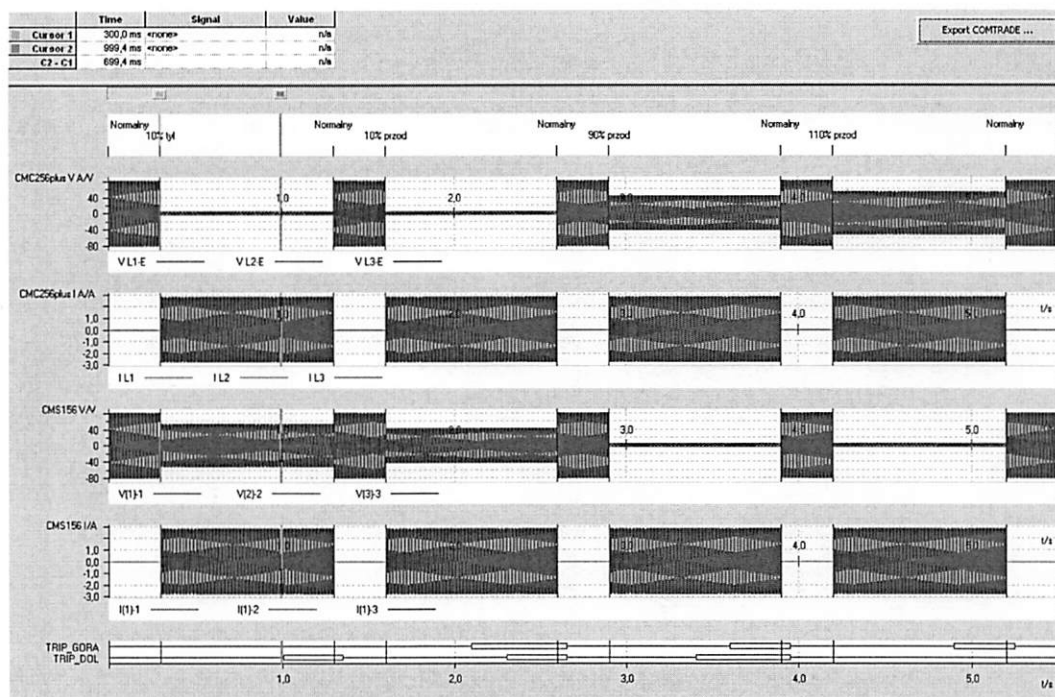
Rys. 4.93. Tryb 6, oba łącza niesprawne, brak koordynacji

### **Tryb 7 (warunkowe porównywanie kierunków)– czas strefy 1N zmieniony na 500 ms**

Przy sprawdzaniu trybu 7 czas opóźnienia zadziałania obu zabezpieczeń w strefie 1N zmieniono na 500 ms. Zabezpieczenie widzące zwarcie z wybiornika fazowego do przodu wysłało sygnał do drugiego zabezpieczenia, które zadziałało pod warunkiem sprawnego łącza i widzenia zwarcia do przodu również przez wybiornik. Przy łączu niesprawnym zabezpieczenie nie oczekuje na sygnał z drugiego urządzenia.



Rys. 4.94. Tryb 7, oba łącza sprawne, działanie zabezpieczeń przy zwarceniu w chronionej linii przy wykorzystaniu wybiornika fazowego



Rys. 4.95. Tryb 7, oba łącza niesprawne, działanie zabezpieczeń w oparciu o nastawienia stref zabezpieczenia podimpedancyjnego

## Wnioski

W rezultacie wykonanych badań można stwierdzić, że dla wersji oprogramowania 3.4.005 wszystkie tryby koordynacji działają prawidłowo.

Podczas testów urządzenia z wcześniejszą wersją oprogramowania 3.3.002 występowały problemy z trybami 4 i 5. W wyniku ponownych badań trybu 4 i 5, dla wersji



oprogramowania 3.4.005, stwierdza się poprawność działania trybów 4 i 5. Zaleca się jednak rozwinięcie istniejącego opisu obsługi łącza i poprawnej konfiguracji trybów koordynacji w dokumentacji przekaźnika.

#### 4.12. Sprawdzenie funkcji kontroli synchronizmu (25)

##### Przebieg testów

Testy funkcji kontroli synchronizmu przeprowadzono w module *Quick CMC*. Na potrzeby testu wykorzystano napięcie fazy 1 testera jako napięcie linii, a napięcie fazy 3 testera doprowadzono do przekaźnika jako napięcie na szynach. W ramach testów sprawdzono zakresy częstotliwości, fazy i amplitudy dla których możliwe jest załączenie synchroniczne szyny bądź linii. Sprawdzenie dokładności nastawy *Zanik napięcia – linia* wykonano dla wartości napięcia na szynach równej 28V. Wartość 28 V dobrano w celu spełnienia warunku załączania dotyczącego maksymalnej różnicy modułu amplitud między linią i szyną. W celu uzyskania granicy zaniku napięcia na linii, wartość napięcia fazy 1, doprowadzoną do przekaźnika jako napięcie linii, ustawiono na wartość mniejszą niż nastawiona w przekaźniku, a następnie krokowo zwiększano wartość napięcia fazy 1, aż do utraty możliwości załączenia synchronicznego. Sprawdzenie dokładności nastawy *Minimalny poziom napięcia – linia* również wykonano dla wartości napięcia na szynach równej 28V. W celu uzyskania granicy minimalnego poziomu napięcia na linii dopuszczającego załączenie, wartość napięcia fazy 1, doprowadzoną do przekaźnika jako napięcie linii, ustawiono na wartość większą niż nastawiona w przekaźniku, a następnie krokowo zmniejszano wartość napięcia fazy 1, aż do utraty możliwości załączenia synchronicznego. Analogicznie wykonano testy nastaw *Zanik napięcia – szyna* i *Minimalny poziom napięcia – szyna*, przy czym w tym przypadku stałe napięcie wynoszące 28 V wymuszano w fazie 1, odpowiadającej napięciu na linii, a zmian wartości napięcia dokonywano w fazie 3, odpowiadającej napięciu na szynie. W celu sprawdzenia dokładności nastaw Maksymalna różnica modułów, maksymalna różnica faz i maksymalna różnica częstotliwości przyjęto, że stałe wartości napięcia, fazy i częstotliwości dla fazy 1, odpowiadającej napięciu linii, wynoszące  $U=57,735$  V,  $f=50$  Hz,  $\varphi=0^\circ$ . W celu sprawdzenia dokładności nastawy maksymalna różnica amplitud, wartość napięcia fazy 3, odpowiadającym napięciu na szynie, ustawiono na wartość równą 57,735 V, a następnie zwiększano wartość napięcia fazy 3, aż do utraty możliwości załączenia synchronicznego. Po uzyskaniu górnej granicy zakresu amplitudy, wartość napięcia 3 ponownie ustawiono na  $U=57,735$  V i następnie zmniejszano wartość tego napięcia, aż do utraty możliwości załączania synchronicznego - co oznaczało osiągnięcie dolnej granicy zakresu amplitudy. Analogicznie wykonano testy nastaw *Maksymalna różnica częstotliwości* i *Maksymalna różnica faz*, przy czym zmienianym parametrem były odpowiednio częstotliwość i kąt fazy 3, odpowiadające napięciu na szynach. Uzyskane wyniki zamieszczono w tab. 4.22.

Tab. 4.22. Wyniki testów funkcji kontroli synchronizmu

Zanik napięcia - linia			
Wartość deklarowana[-]	Wartość uzyskana[-]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
0,1 Un	0,105 Un	- 0,005	5,00
Zanik napięcia – szyna			
Wartość deklarowana[-]	Wartość uzyskana[-]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
0,1 Un	0,099 Un	0,001	1,00
Minimalny poziom napięcia - linia			
Wartość deklarowana[-]	Wartość uzyskana[-]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
0,48 Un	0,456 Un	0,024	5,00
Minimalny poziom napięcia - szyna			
Wartość deklarowana[-]	Wartość uzyskana[-]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]

0,48 Un	0,480 Un	0,000	0,00
Maksymalna różnica modułów			
Wartość deklarowana[-]	Wartość uzyskana[-]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
+/- 0,06 Un	0,065 Un / -0,063 Un	- 0,005/ - 0,003	8,33/5,00
Maksymalna różnica częstotliwości			
Wartość deklarowana[Hz]	Wartość uzyskana[Hz]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
+/- 0,2	0,007 / - 0,007	0,193 / 0,193	96,5/96,5
Maksymalna różnica faz			
Wartość deklarowana[°]	Wartość uzyskana[°]	Błąd bezwzględny[-]	Błąd względny[%]
+/- 15	16,95 / - 16,63	- 1,95 / - 1,63	13,00/10,87

### Wnioski

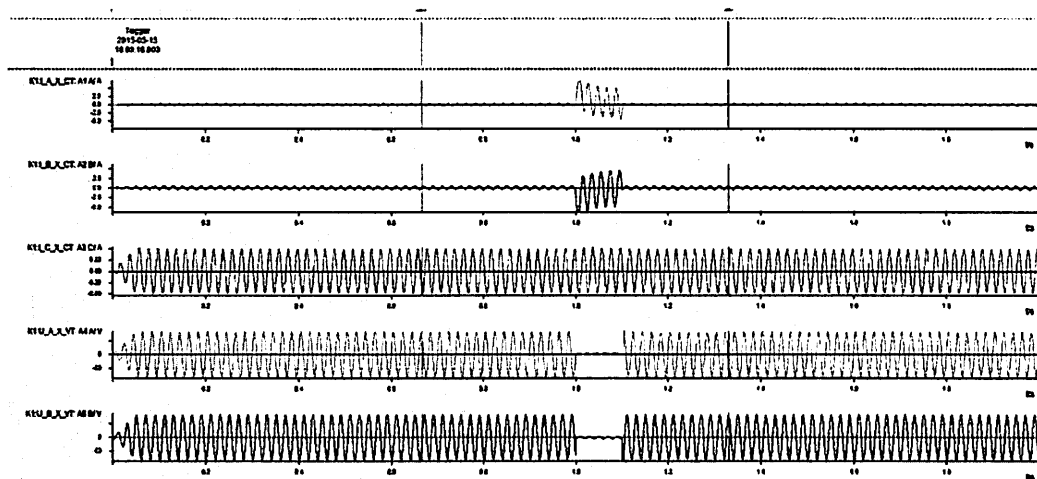
Na podstawie uzyskanych wyników testów można stwierdzić, że funkcja kontroli synchronizmu działa poprawnie. Jedynie w przypadku kryterium częstotliwościowego uzyskano duże błędy. Należy zwrócić uwagę, że błędy względne odniesione do wartości znamionowych napięcia 57,735 V i częstotliwości 50 Hz będą bardzo małe. Ocenę uzyskanej dokładności pozostawia się producentowi.

### **4.13. Określenie czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) dla wszystkich stref przy wymuszeniach zbliżonych do rzeczywistych**

#### Przebieg testów

Testy czasów własnych dla funkcji odległościowej (21) oraz (21N) przy wymuszeniach zbliżonych do rzeczywistych przeprowadzono za pomocą symulacji stworzonych w programie PSCAD i modułu Advance Transplay. Symulacje zakładają zasilanie jednostronne. Przygotowano zestaw symulacji składający się z wszystkich rodzajów zwarć wymuszanych w wybranych odległościach od miejsca zainstalowania przełącznika. Pod uwagę wzięto 4 wartości współczynnika SIR: 0,5; 1; 2; 4. Wybór takich wartości współczynnika SIR wynikał z nastawień przełącznika, a dokładniej z długości chronionej linii oraz możliwości testera CMC 256. Przykładowy przebieg prądów i napięć zasymulowanych w programie PSCAD dla zwarcia L1-L2 pokazano na rys. 4.96.

W trakcie testów sprawdzano czas własny przełącznika, poprawność określania miejsca zwarcia, oraz ogólne reakcje przełącznika na zakłócenia w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Wyniki testów zostały zamieszczone w tab. 4.23, tab. 4.24.



Rys. 4.96. Przykładowe zwarcie L1-L2 wykonane w układzie symulacyjnym

Tab. 4.23. Uzyskane czasy własne.

Zwarcia doziemne - wartości średnie

t [ms]	Odległość [km]				
	0,1	1	10	30	60
SIR=0.5	28,52	28,53	30,21	30,25	29,96
SIR=1	31,40	29,98	30,72	30,06	29,64
SIR=2	36,66	29,87	30,67	30,66	30,25
SIR=4	36,33	36,10	29,54	37,25	35,84
Zwarcia międzyfazowe - wartości średnie					
t [ms]	Odległość [km]				
	0,1	1	10	30	60
SIR=0.5	29,18	28,28	28,44	30,55	30,14
SIR=1	28,94	28,82	28,99	30,11	28,87
SIR=2	28,91	29,36	29,22	29,32	30,24
SIR=4	28,85	29,09	29,55	28,93	29,19
Zwarcia 3-fazowe - wartości średnie					
t [ms]	Odległość [km]				
	0,10	1,00	10,00	30,00	60,00
SIR=0.5	29,74	28,77	29,45	29,30	30,64
SIR=1	29,00	29,92	30,07	29,84	30,32
SIR=2	29,40	29,58	28,32	28,61	28,15
SIR=4	28,94	28,60	28,27	28,03	28,81

Tab. 4.24. Uzyskane pomiary odległości od miejsca zwarcia

Zwarcia doziemne					
l [km]	Odległość [km]				
	0,1	1	10	30	60
SIR=0.5	BL	0,89	9,49	27,75	54,07
SIR=1	BL	9,54	8,91	28,95	55,01
SIR=2	BL	BL	9,28	29,00	54,23
SIR=4	BL	BL	9,38	28,83	57,05
Zwarcia międzyfazowe					
l [km]	Odległość [km]				
	0,1	1	10	30	60
SIR=0.5	BL	BL	8,85	28,21	55,35
SIR=1	BL	BL	8,99	28,37	52,26
SIR=2	BL	BL	9,17	26,71	55,57
SIR=4	BL	BL	9,88	26,40	59,38
Zwarcia 3-fazowe					
l [km]	Odległość [km]				
	0,1	1	10	30	60
SIR=0.5	BL	BL	9,06	27,71	56,63
SIR=1	BL	BL	9,01	27,63	57,78
SIR=2	BL	BL	8,85	26,77	52,71
SIR=4	BL	BL	9,92	29,59	59,81

## **Wnioski**

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że funkcja odległościowa przełącznika działa poprawnie w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Uzyskane wartości czasów własnych są zadowalające. Z uzyskanych wyników widać dużą stabilność uzyskiwanych czasów wyłączenia.

W przypadku lokalizatora miejsca zwarcia uzyskiwane wyniki (odczytywane z HMI, pokazane w tab. 4.24) obarczone są pewnym błędem. Wynika on z pojawienia się w wymuszanych przebiegach składowej aperiodycznej oraz szybkiego działania przełącznika. Po zwiększeniu czasu działania przełącznika, gdy zaniknie już w mierzonych prądach składowa aperiodyczna lokalizacja miejsca zwarcia ma zdecydowanie większą dokładność.

Dodatkowo w przypadku lokalizatora miejsca zwarcia należy zwrócić uwagę na zjawisko braku wskazywania odległości dla zwarć bliskich (BL tab. 4.24). Jeżeli napięcie mierzone na pętli zwarciowej spada poniżej progu  $0,02 U_n$  (nastawienie wybiornika fazowego, rys. 2.3) lokalizator nie wskazuje miejsca zwarcia.

### **4.14. Sprawdzenie poprawności działania blokady od kołysań sieciowych (68)**

#### **Przebieg testów**

Podczas testów sprawdzono działanie blokady od kołysań sieciowych (blokady kołysaniowej) funkcji zabezpieczenia odległościowego symulując wygenerowane w programie PSCAD/EMTDC przypadki, sprawdzające:

- właściwe wykrywanie kołysań sieciowych (synchronicznych i asynchronicznych) w oparciu o czas przejścia impedancji pomiędzy strefą zewnętrzną i wewnętrzną blokady;
- poprawność odliczania czasu deblokady blokady kołysankowej;
- poprawne rozróżnianie kołysań synchronicznych i asynchronicznych oraz reakcję przełącznika w zależności od ustawionych parametrów deblokady;
- poprawność zachowania przełącznika (zdejmowania blokady kołysaniowej) przy zwarciach różnego typu występujących podczas kołysań sieciowych (gdy działa blokada kołysankowa).

Testy wykonano przy ustawieniach funkcji blokady kołysankowej jak na rys. 4.97, jednakże w celu sprawdzania poszczególnych parametrów nastawczych funkcji blokady były one podczas testów zmieniane. Fakt ten zaznaczono przy opisie poszczególnych testów.

**Kołysanie mocy**

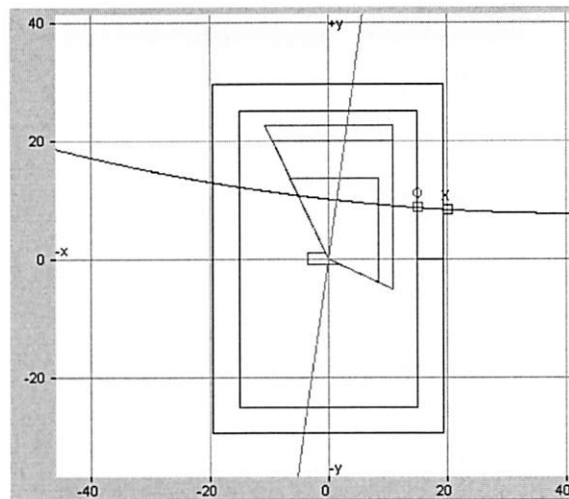
Detekcja kołysania mocy

Strefa wewnętrzna	R [om]	15
	X [om]	25
Strefa zewnętrzna	R [om]	19,5
	X [om]	29,5
Dopuszczalna asymetria	[ln]	0,1
Czas przejścia między strefami	[10 ms]	4
Czas blokowania członu impedancyjnego	[10 ms]	50

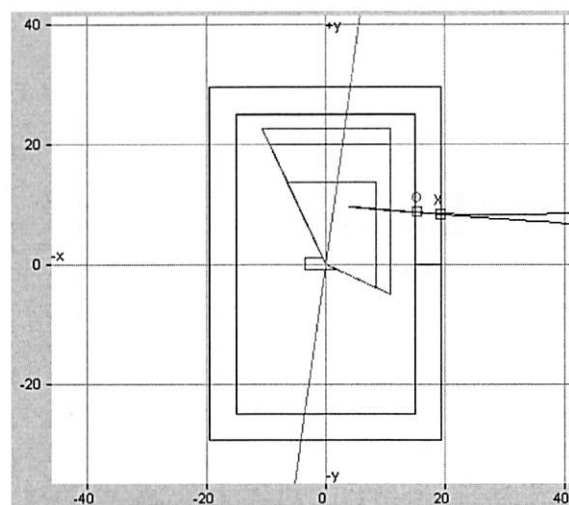
Wyłączenie przy utracie synchronizmu

Rys. 4.97. Domyślne nastawy funkcji blokady od kołysań mocy (blokady kołysaniowej)

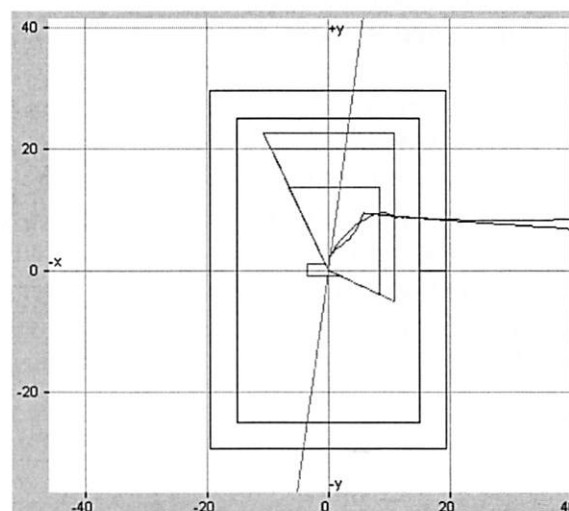
Test przebiegał w ten sposób, że w modelu symulacyjnym systemu wykonanym w programie PSCAD/EMTDC generowano przebiegi kołysań mocy (synchronicznych i asynchronicznych) o różnej częstotliwości. Zadana częstotliwość kołysań ma wpływ na czas przejścia impedancji ruchowej między strefami (wewnętrzną i zewnętrzną blokady), więc wygenerowano takie przebiegi, aby czas był krótszy i dłuższy od nastawionego w urządzeniu (nastawa na rys. 4.66: *Czas przejścia między strefami*). Zasymulowano kołysania o częstotliwościach 0.5 Hz, 1 Hz, 2 Hz, co powodowało, że czas przejścia pomiędzy strefami był mniejszy oraz większy od wartości nastawionej. Dodatkowo w części przypadków testowych symulowano zwarcia (L1E, L12, L12E, L23, L123) występujące podczas kołysań (gdy działa blokada kołysaniowa). Podczas sprawdzania zachowania przełącznika dla kołysań synchronicznych (rys. 4.98), przejście impedancji między strefami było wyłącznie jednostronne (impedancja ruchowa na płaszczyźnie X(R) wchodziła i wychodziła do/z stref rozpoznających kołysanie z jednej strony), natomiast przy kołysaniach asynchronicznych (rys. 4.98) impedancja ruchowa na płaszczyźnie X(R) wchodziła w strefy blokady z jednej strony i wychodziła z drugiej strony. Przykładowe przebiegi impedancji wygenerowane w programie PSCAD/EMTDC przedstawiono na rys. 4.98 – rys. 4.100. Wygenerowane za pomocą programu PSCAD/EMTDC pliki w formacie COMTRADE importowano do testera CMC, po czym je wymuszano z wykorzystaniem modułu testowego *Advanced TransPlay*. Poprawność działania przełącznika była dodatkowo monitorowana za pomocą jego wewnętrznego rejestratora zakłóceń. Podczas testów blokady do wejść dwustanowych (Binary Input) testera CMC wyprowadzono z przełącznika sygnał blokady od kołysań mocy oraz ogólny sygnał zadziałania.



Rys. 4.98. Kołysania asynchroniczne



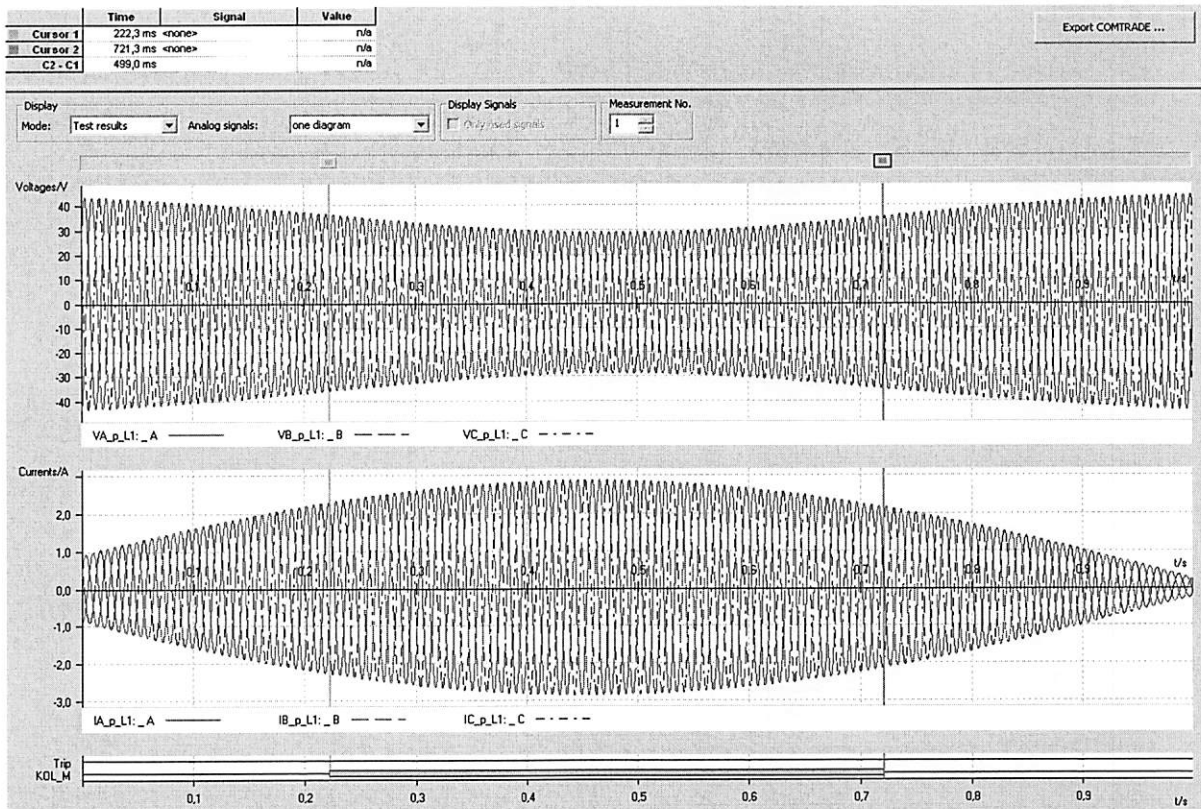
Rys. 4.99. Kołysania synchroniczne



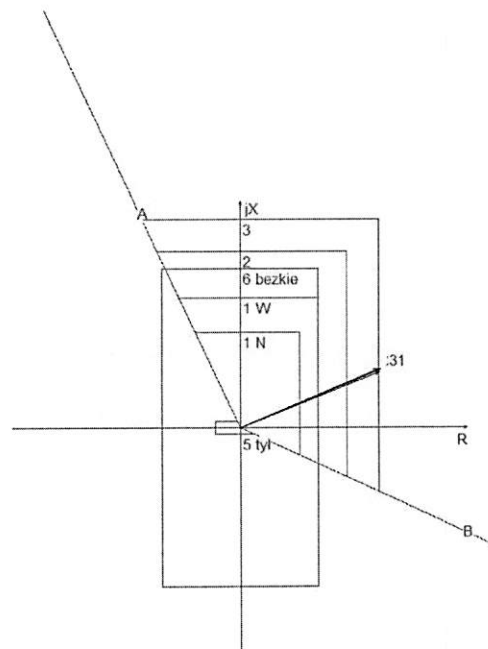
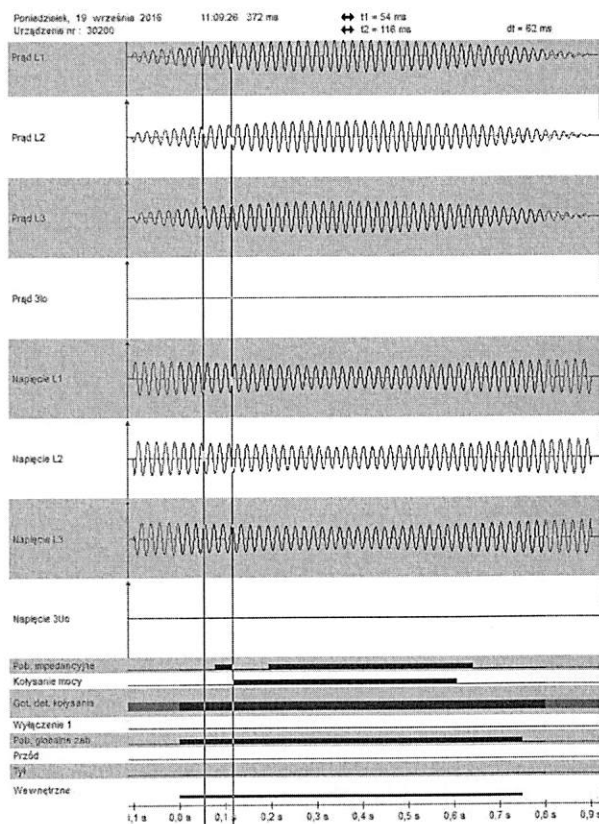
Rys. 4.100. Kołysanie synchroniczne wraz z wystąpieniem zwarcia trójfazowego w trakcie kołysań

Na rys. 4.102 - rys. 4.128 przedstawiono wyniki poszczególnych przypadków testowych o parametrach symulacji:

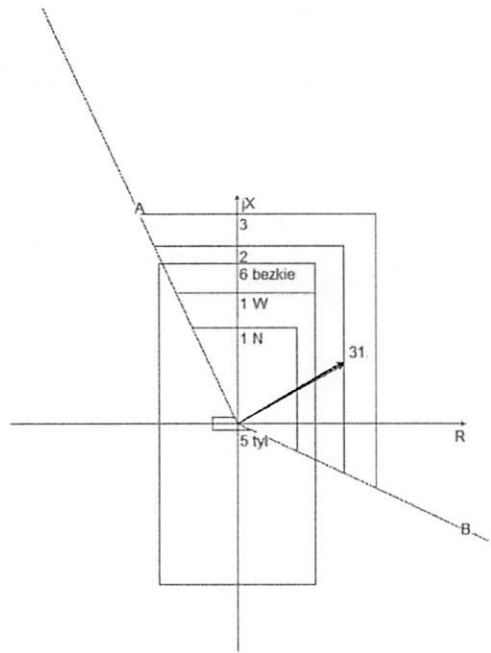
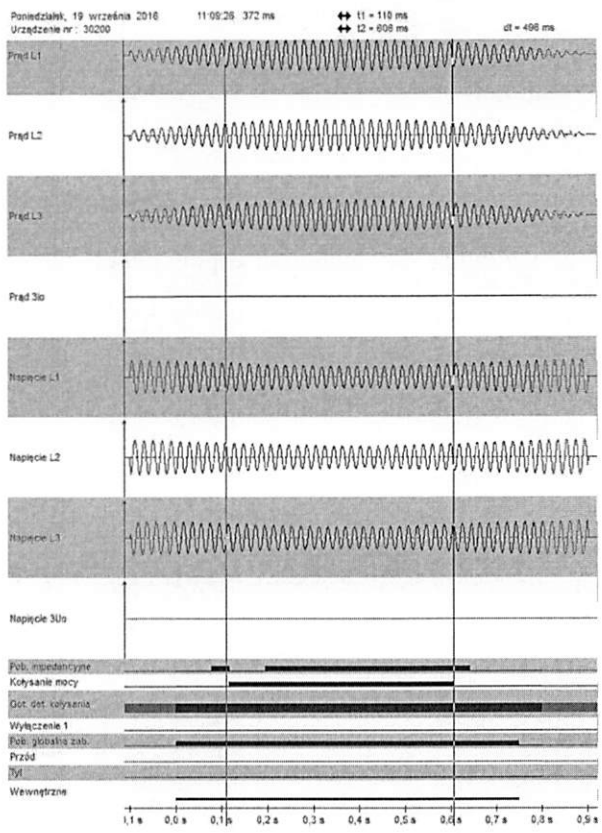
**Częstotliwość kołysań synchronicznych 1 Hz, czas przejścia między strefami 50 ms, deblokada 0.5 s**



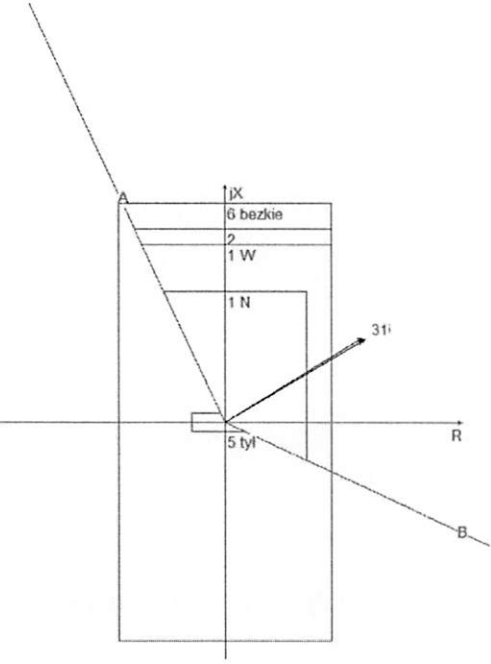
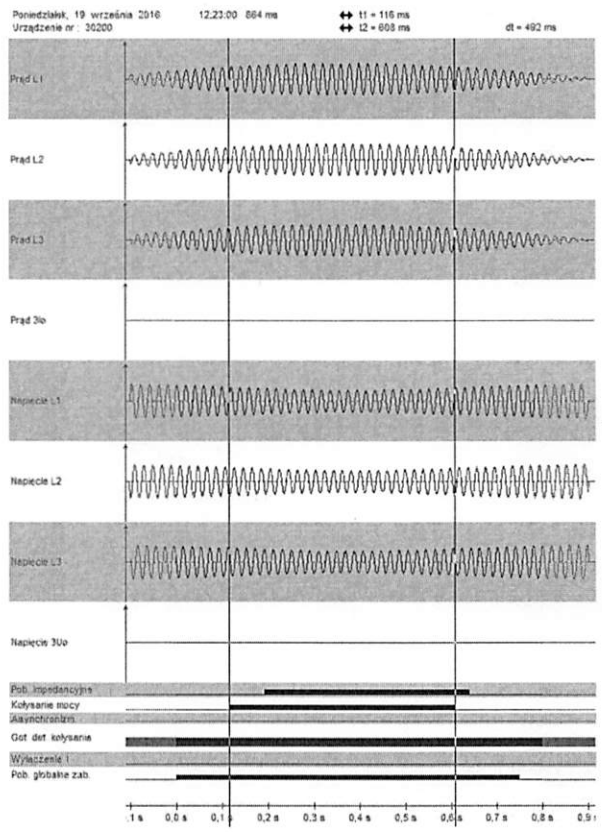
Rys. 4.101. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe



Rys. 4.102. Moment przejścia impedancji przez strefę zewnętrzną



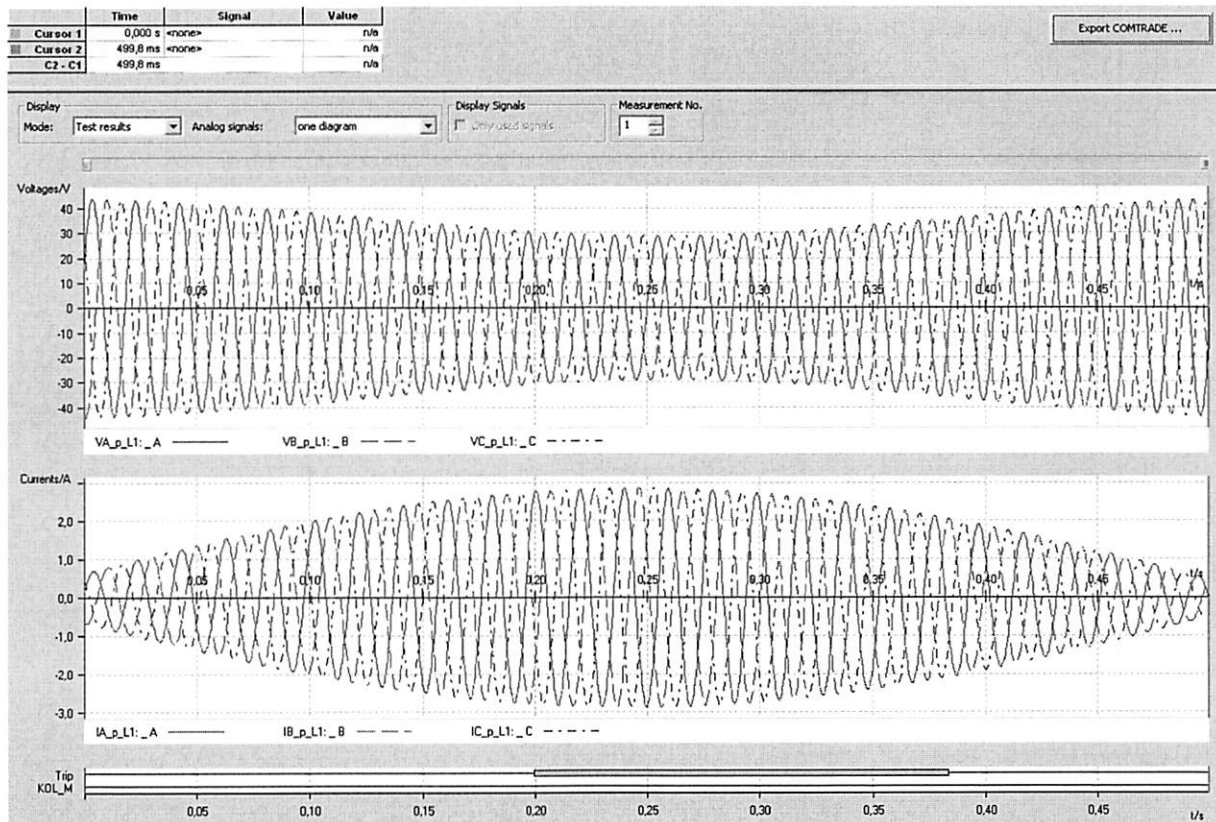
Rys. 4.103. Moment przejścia impedancji przez strefę wewnętrzną



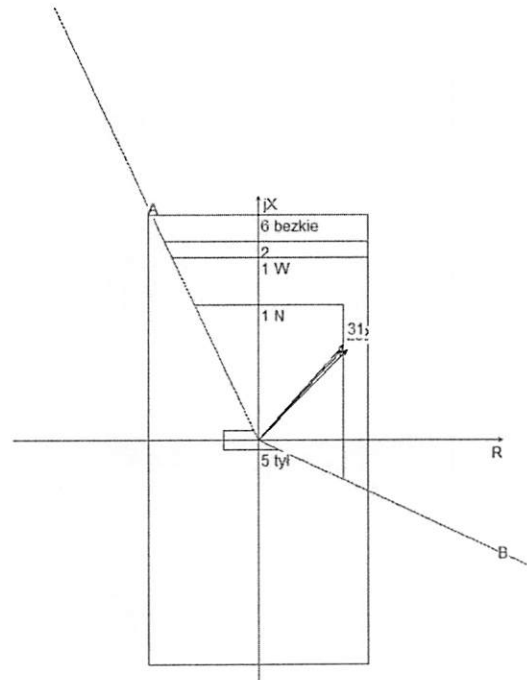
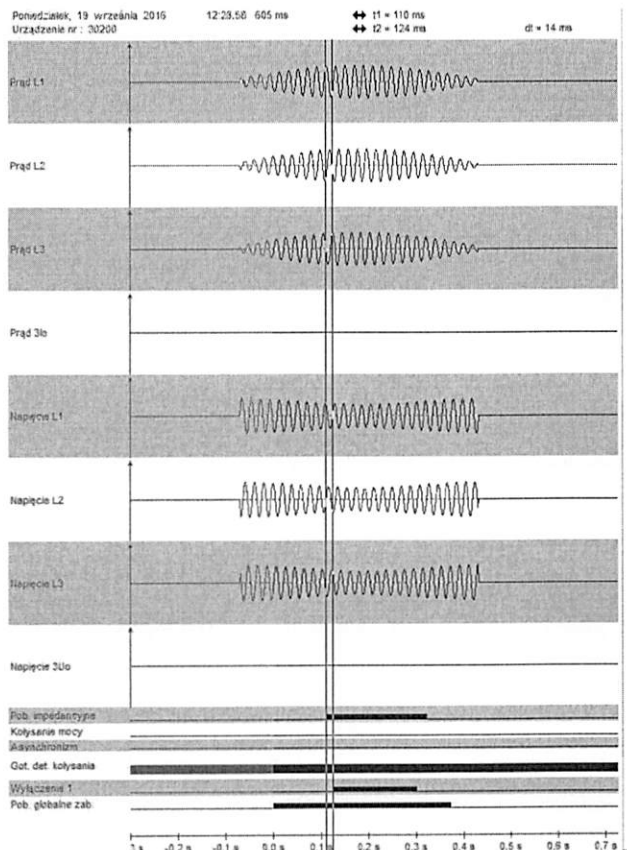
Rys. 4.104. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 2 Hz, czas przejścia między strefami 30 ms, deblokada 0.5 s**



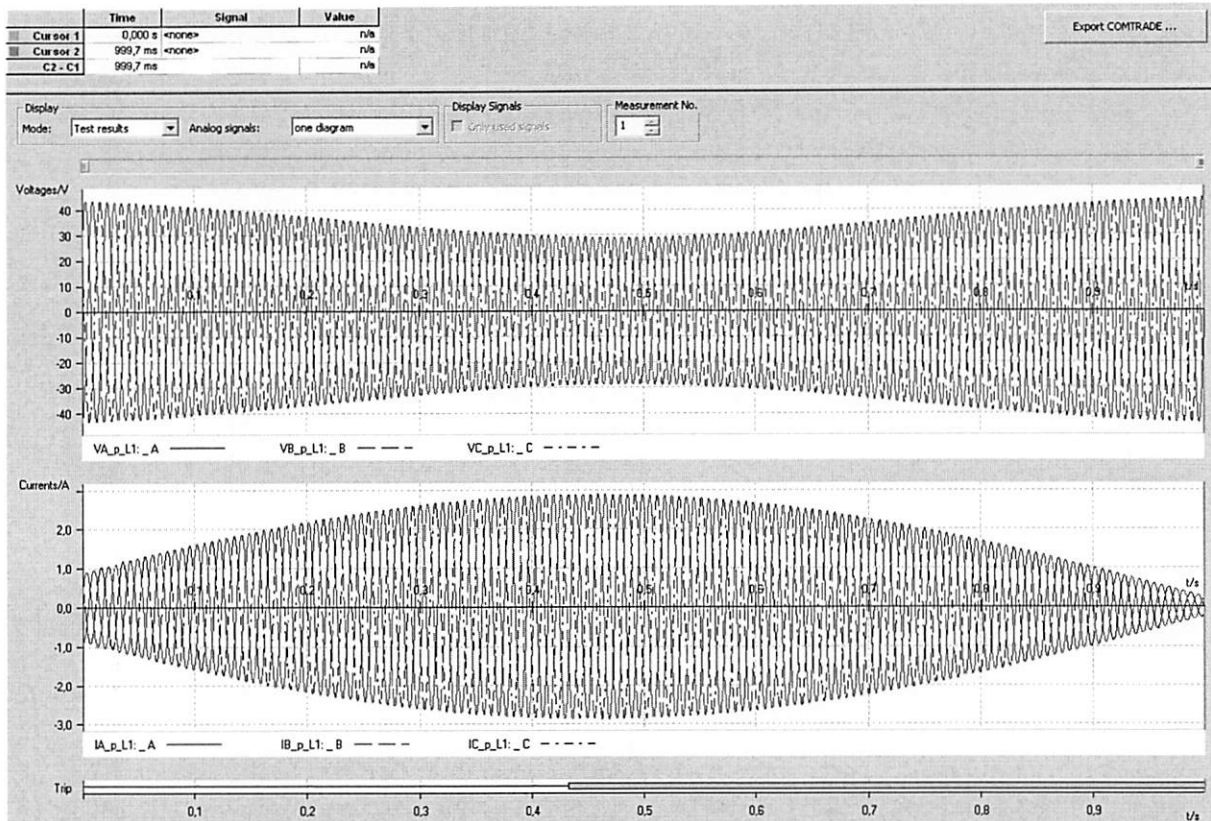


Rys. 4.105. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

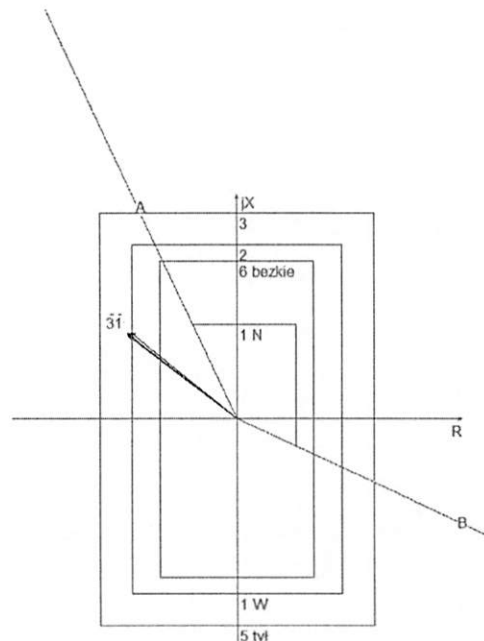
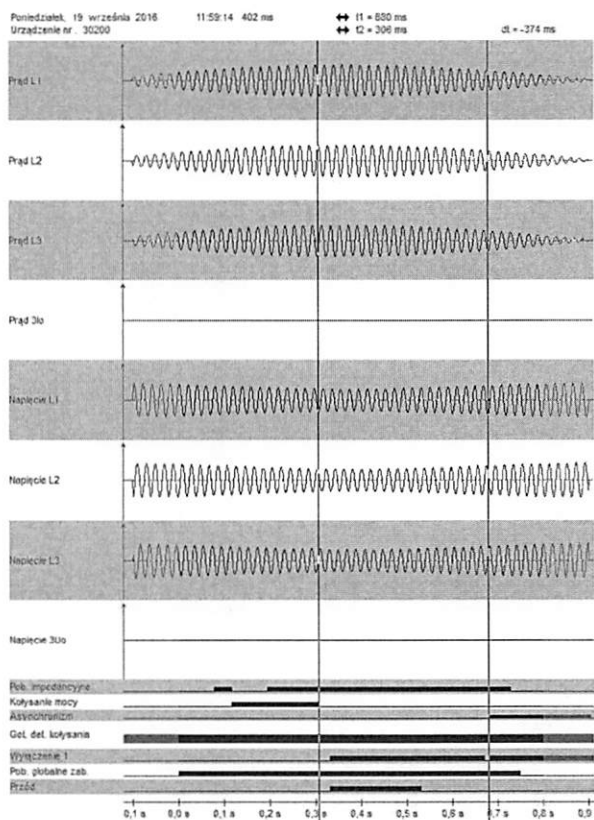


Rys. 4.106. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań asynchronicznych 1 Hz, czas przejścia między strefami 50 ms, deblokada 0.2 s, wyłączenie od asynchronizmu aktywne**

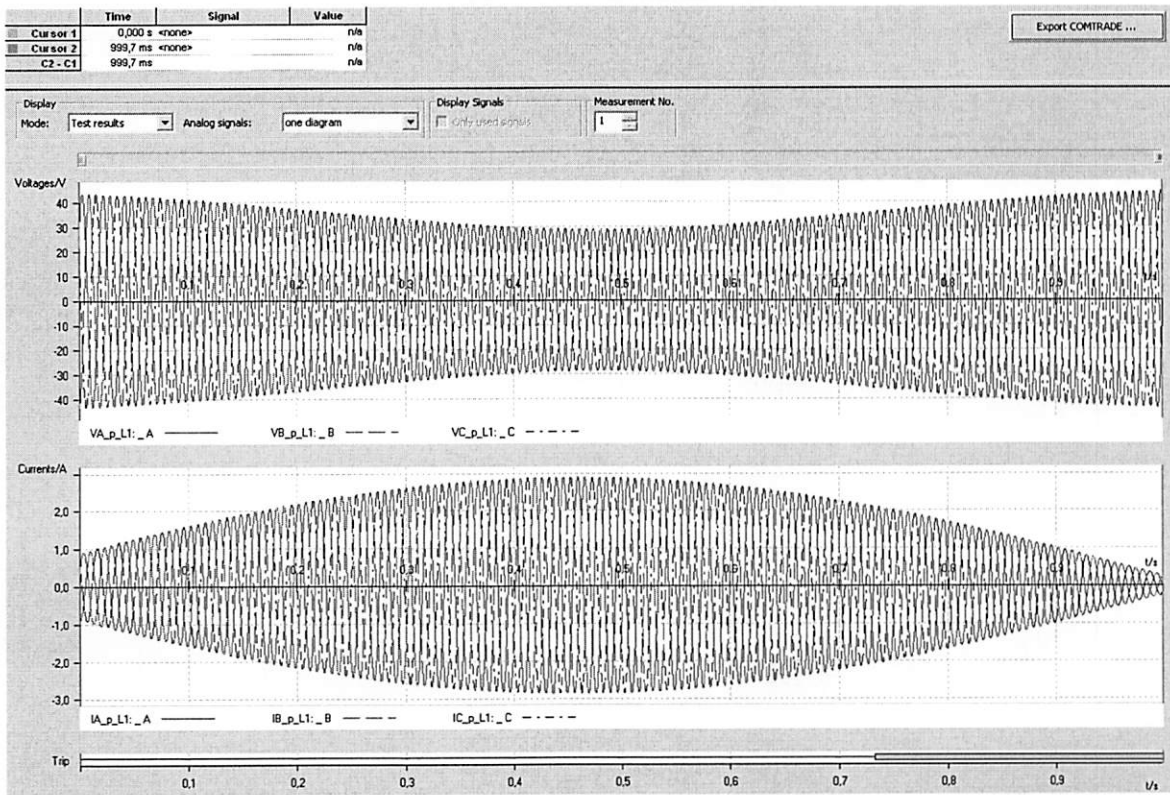


Rys. 4.107. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

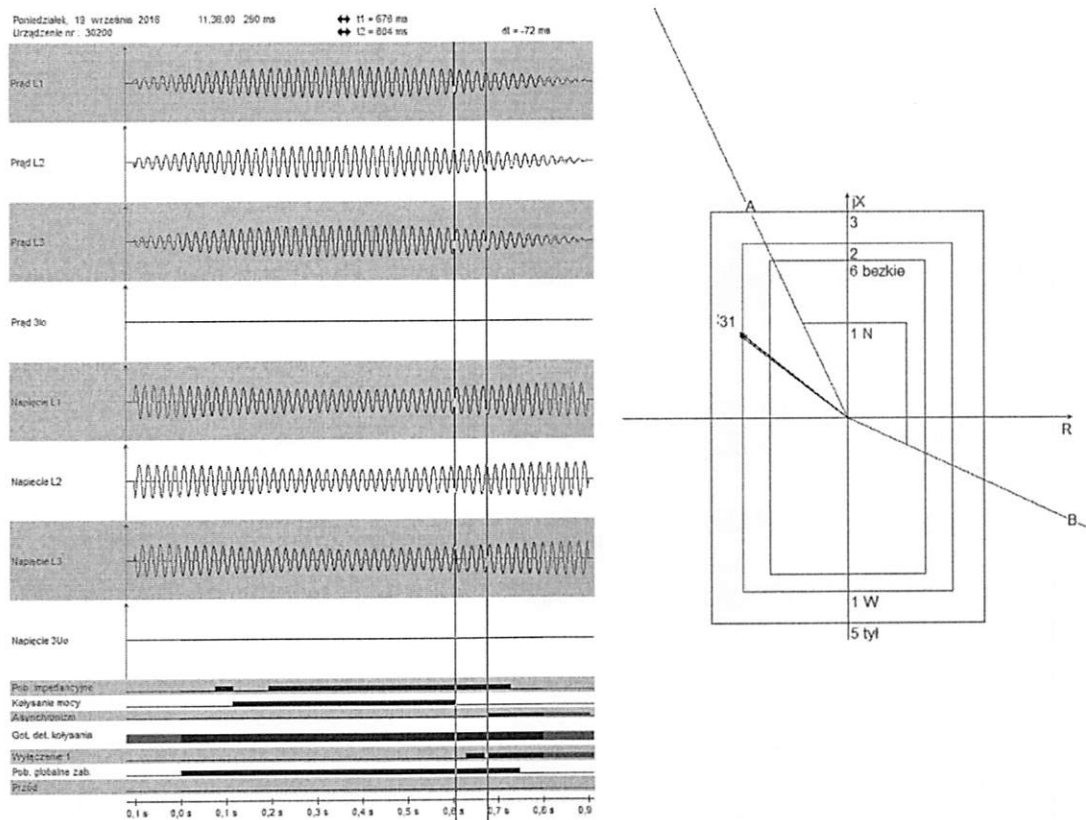


Rys. 4.108. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kolysań asynchronicznych 1 Hz, czas przejścia między strefami 50 ms, deblokada 0.5 s, wyłączenie od asynchronizmu aktywne**

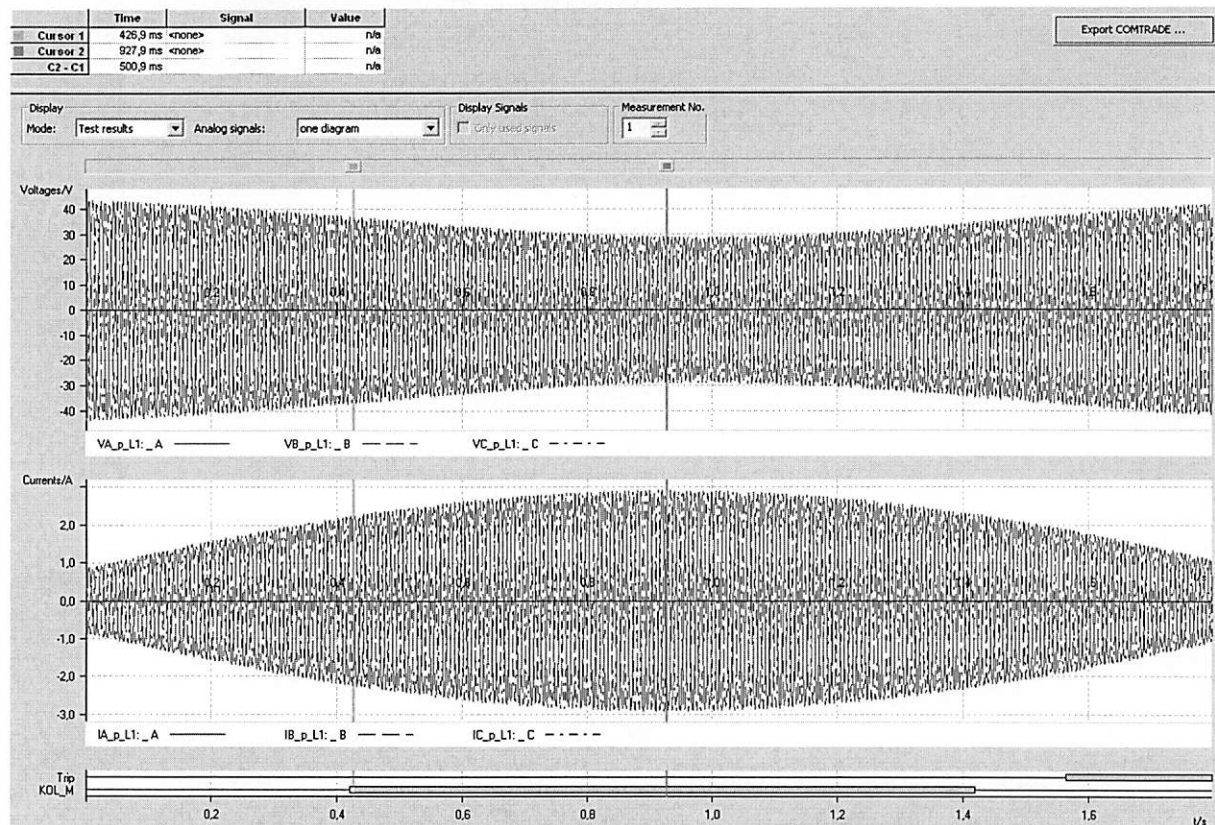


Rys. 4.109. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

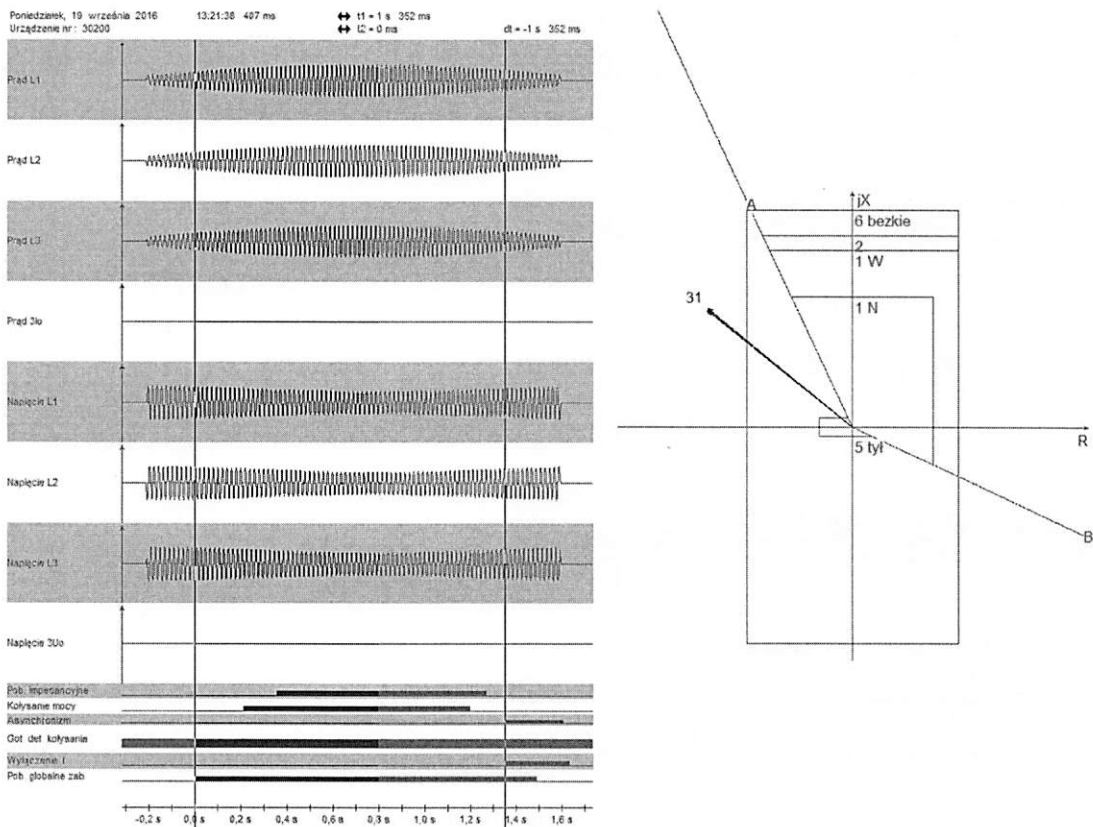


Rys. 4.110. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kolysań asynchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 110 ms, deblokada 1 s, wyłączenie od asynchronizmu aktywne**

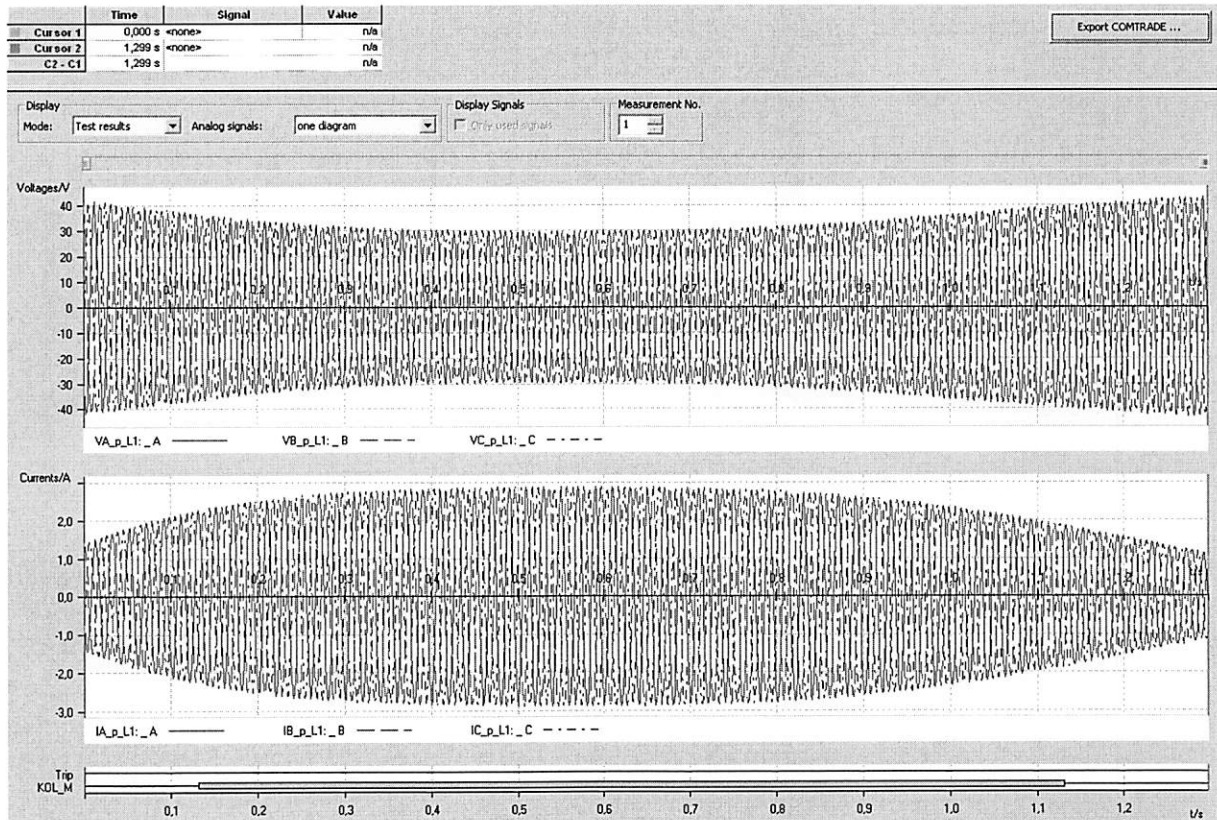


Rys. 4.111. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

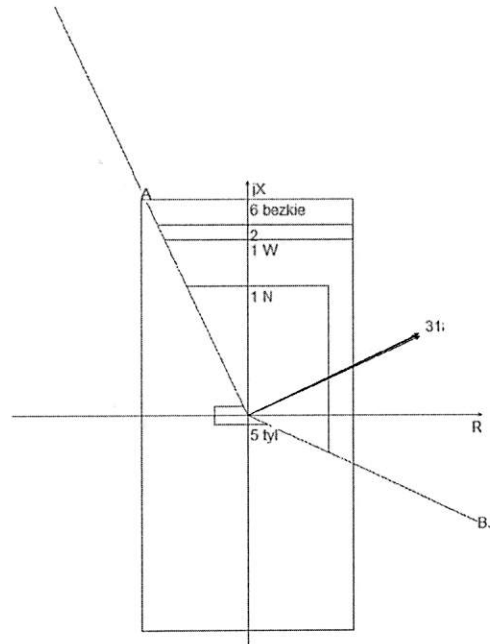
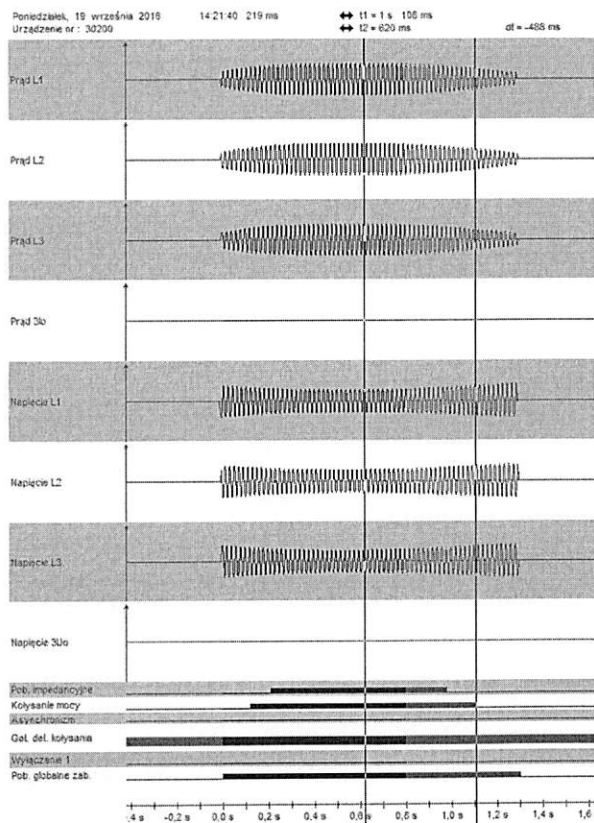


Rys. 4.112. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kolysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 110 ms, deblokada 1 s, wyłączenie od asynchronizmu aktywne**

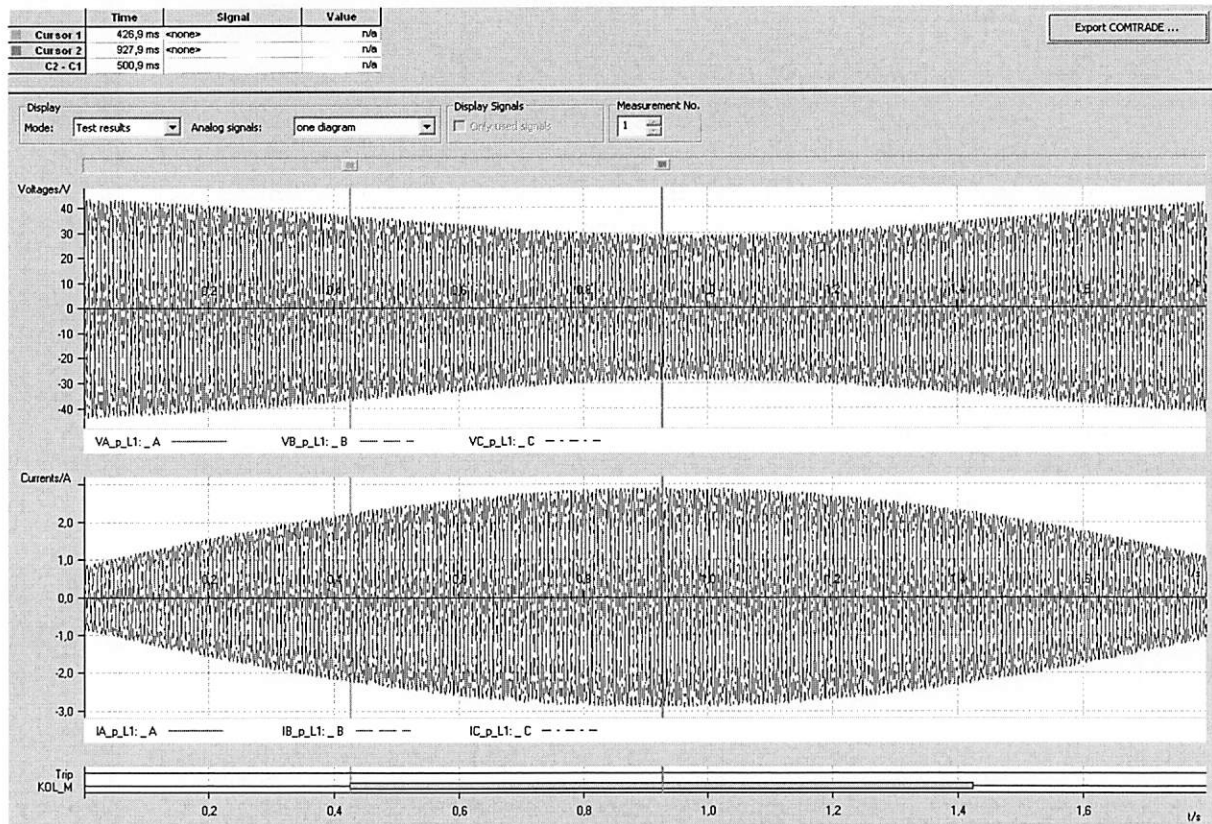


Rys. 4.113. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

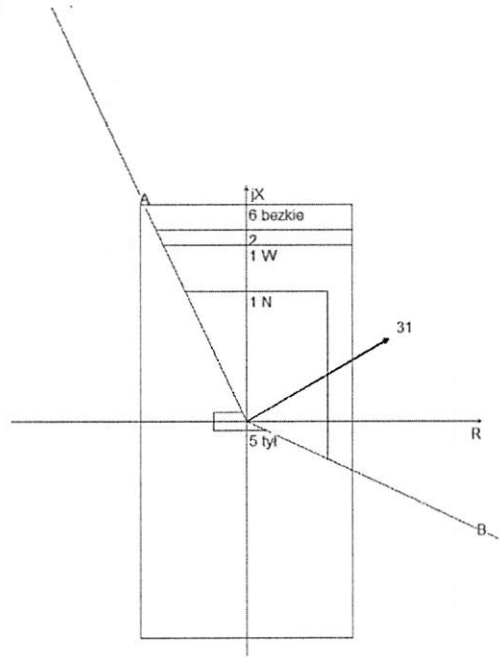
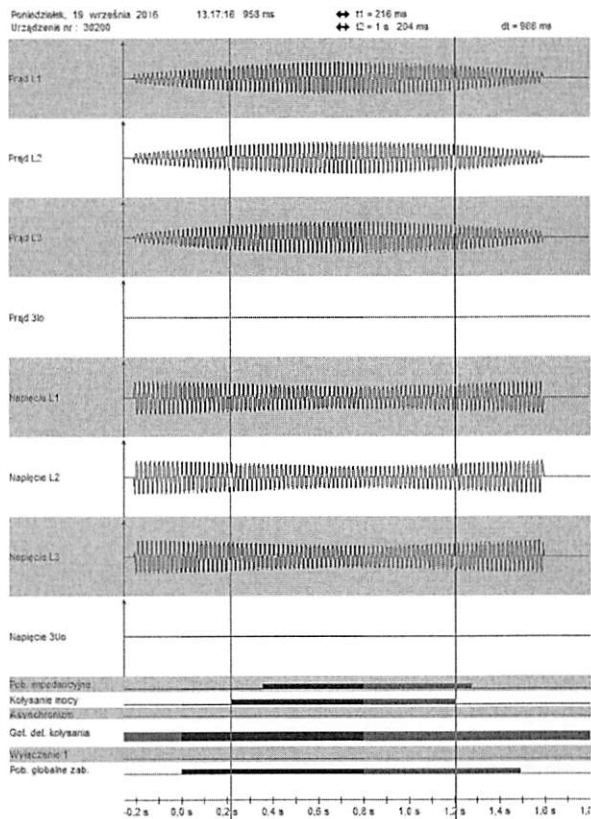


Rys. 4.114. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań asynchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 110 ms, deblokada 1 s, wyłączenie od asynchronizmu nieaktywne**

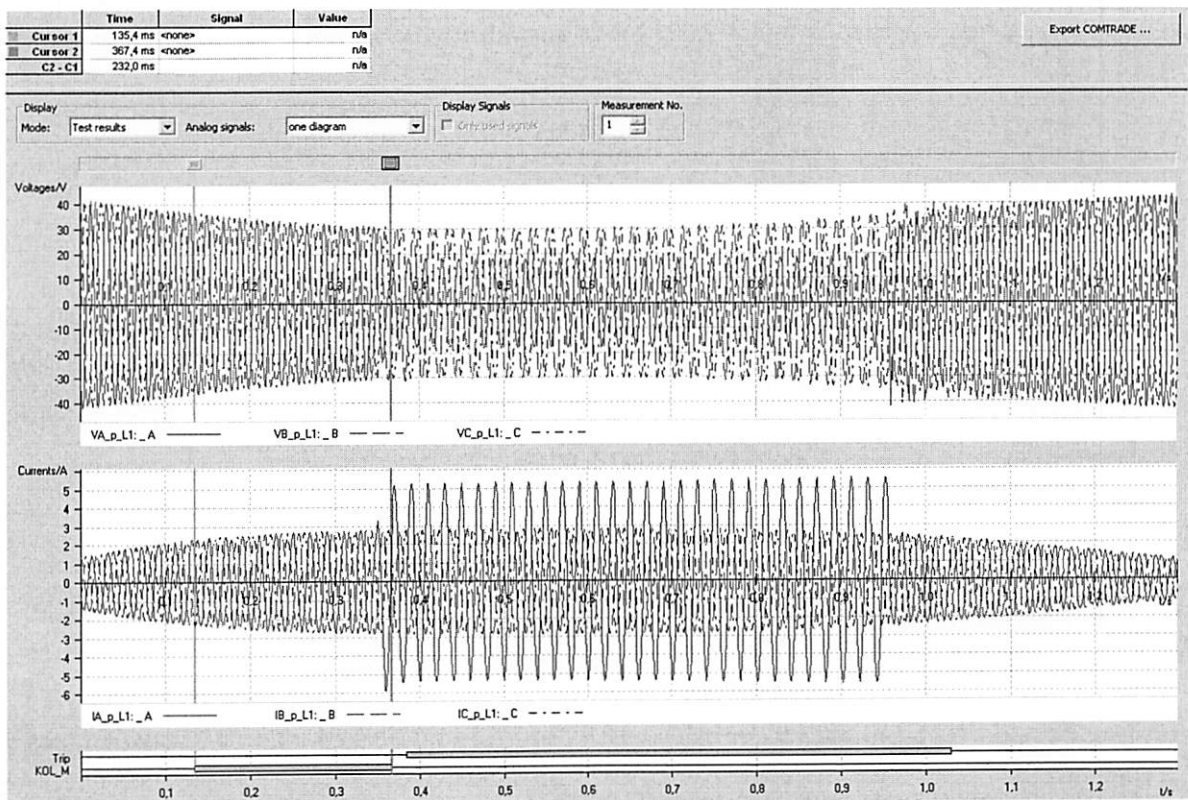


Rys. 4.115. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

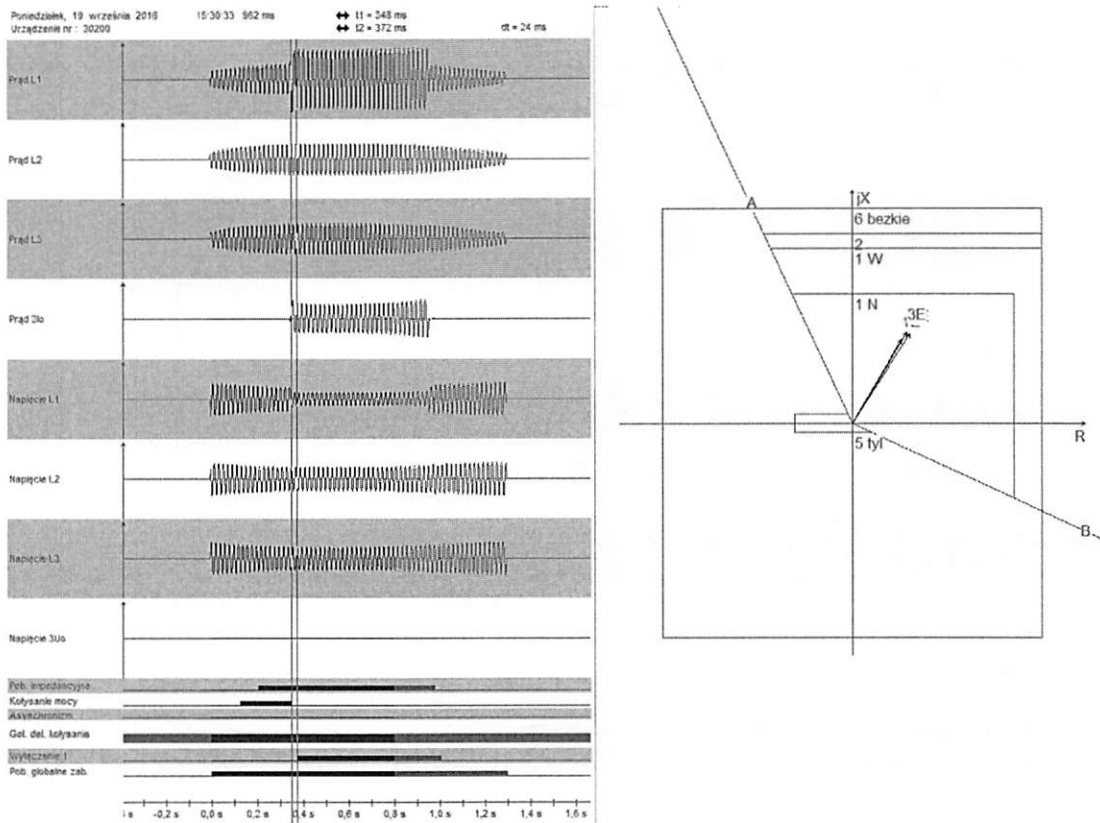


Rys. 4.116. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 0.5 s, zwarcie L1E**

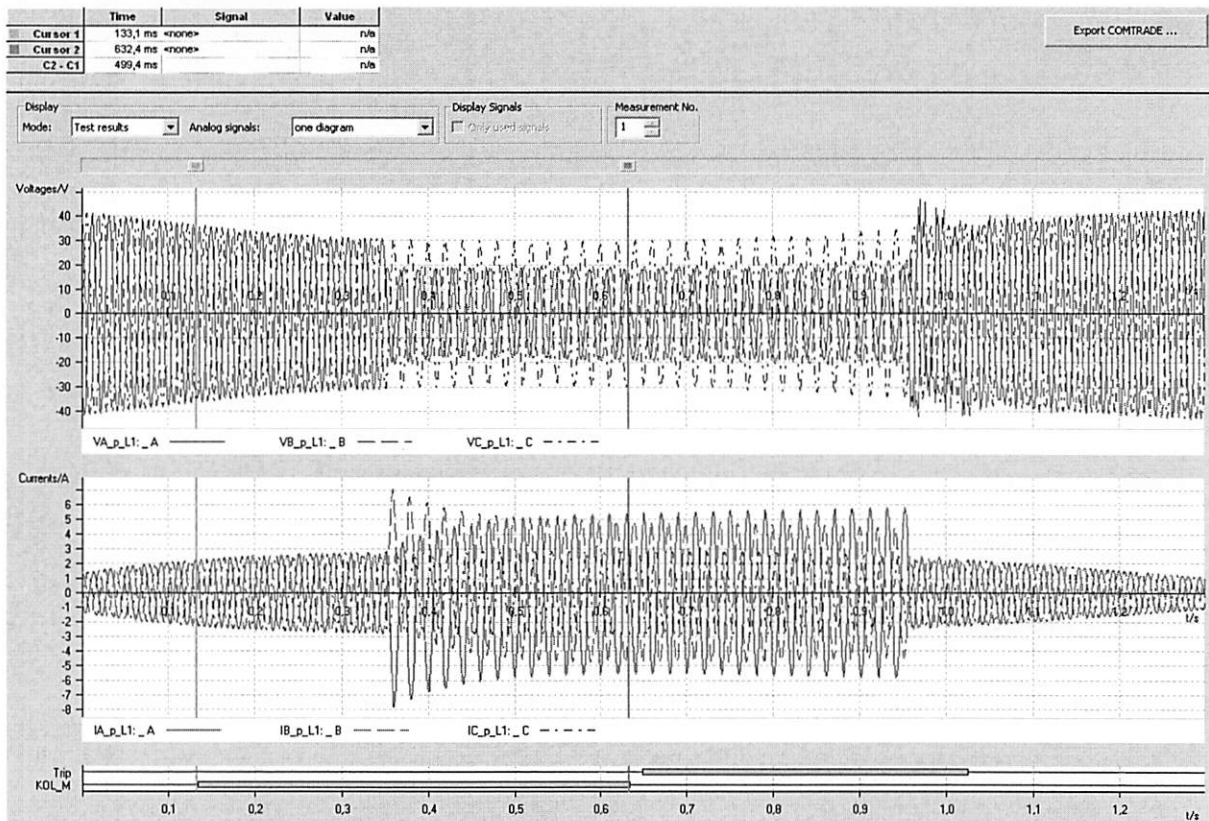


Rys. 4.117. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe



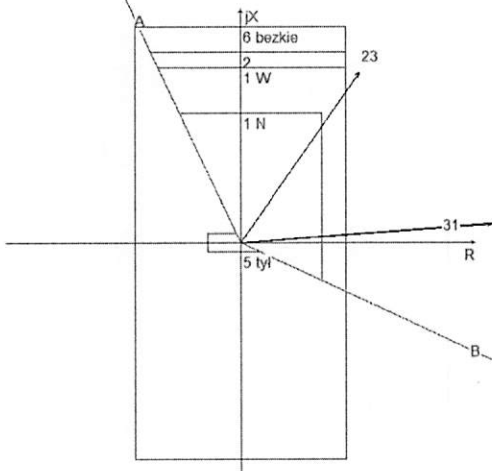
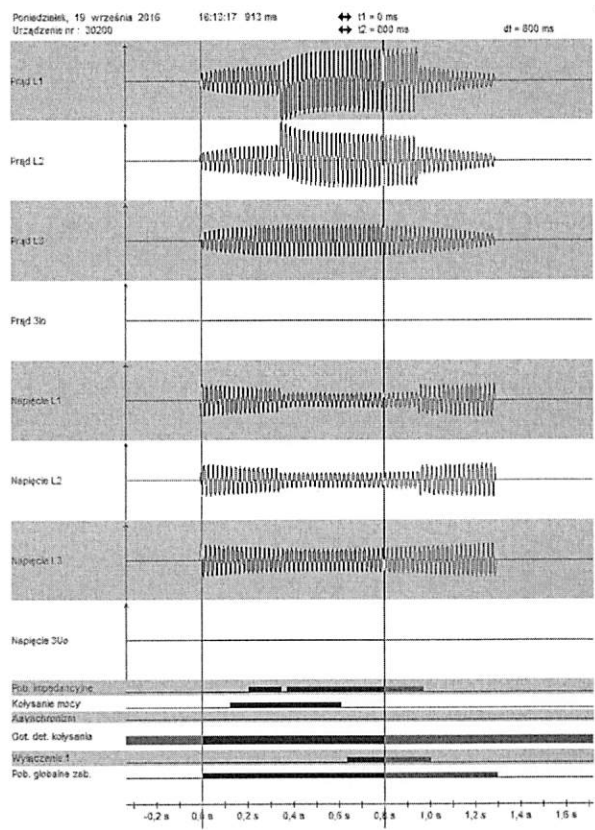
Rys. 4.118. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 0.5 s, zwarcie L12**



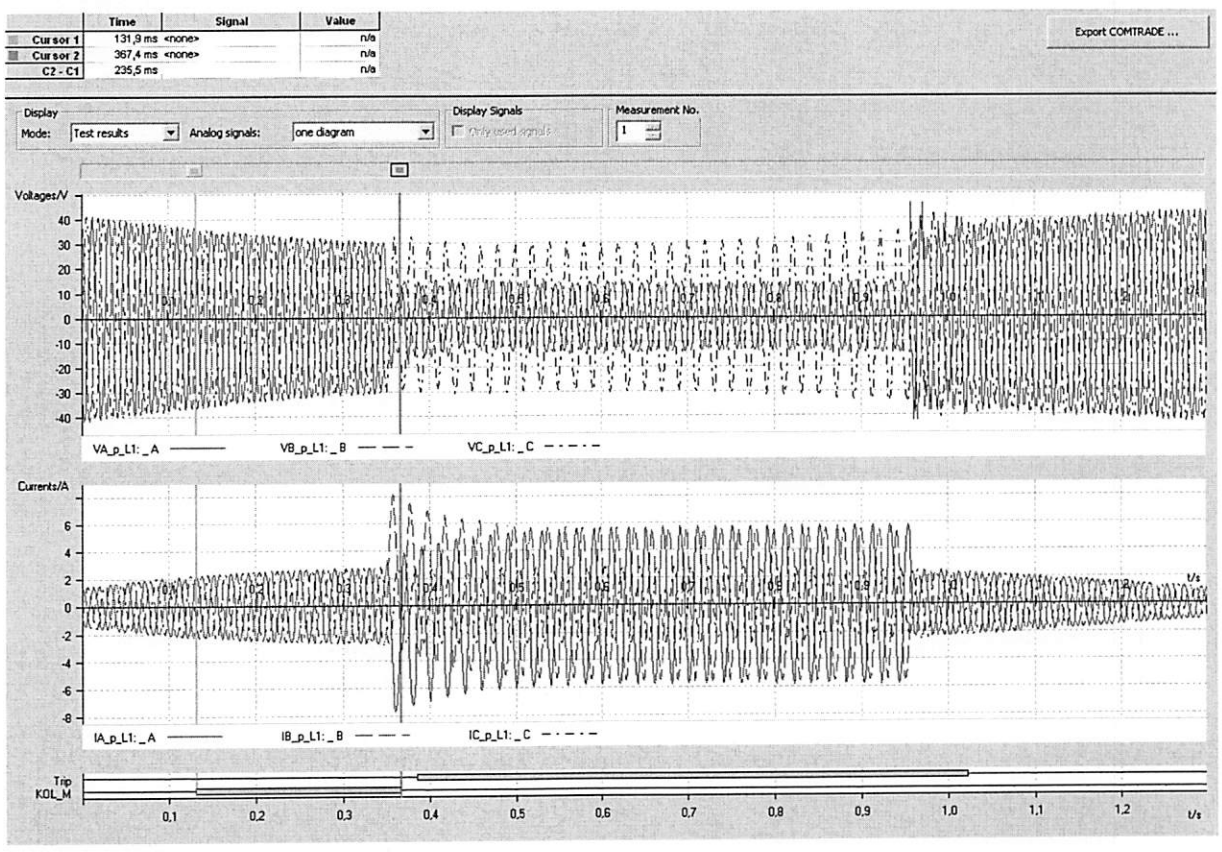
Rys. 4.119. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe



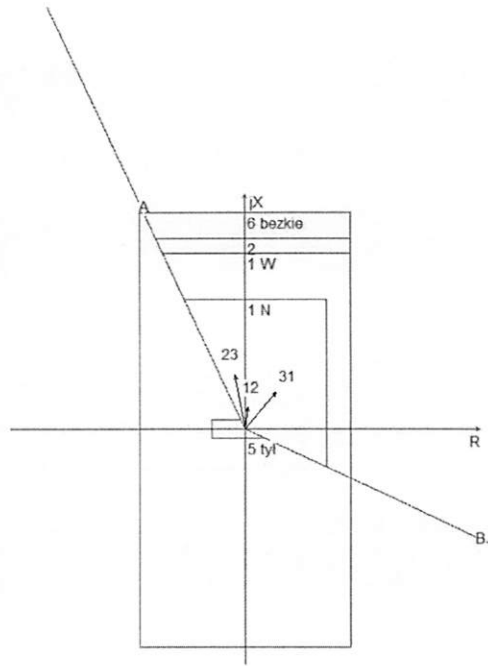
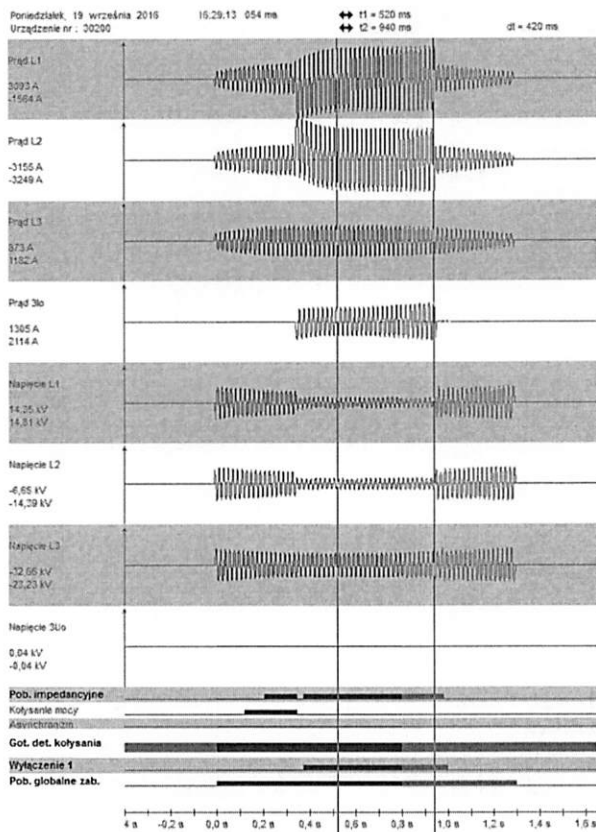


Rys. 4.120. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 0.5 s, zwarcie L12E**

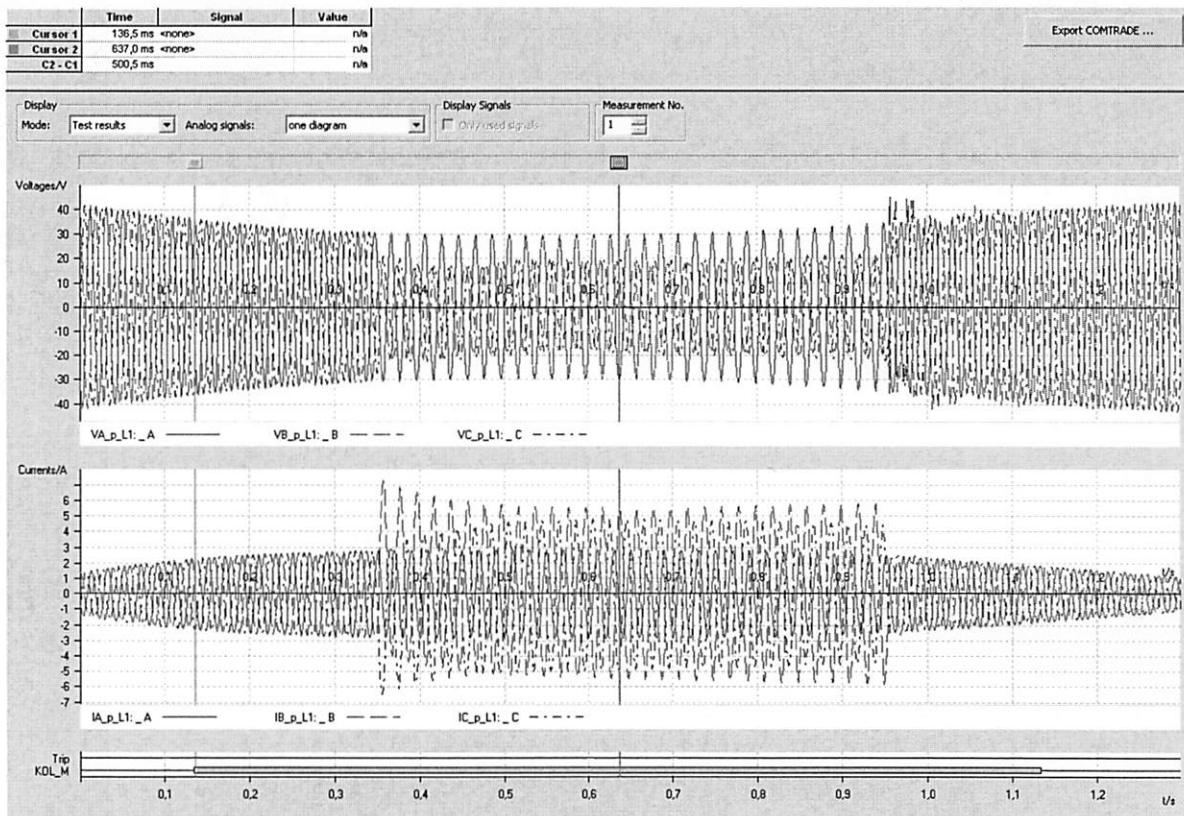


Rys. 4.121. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

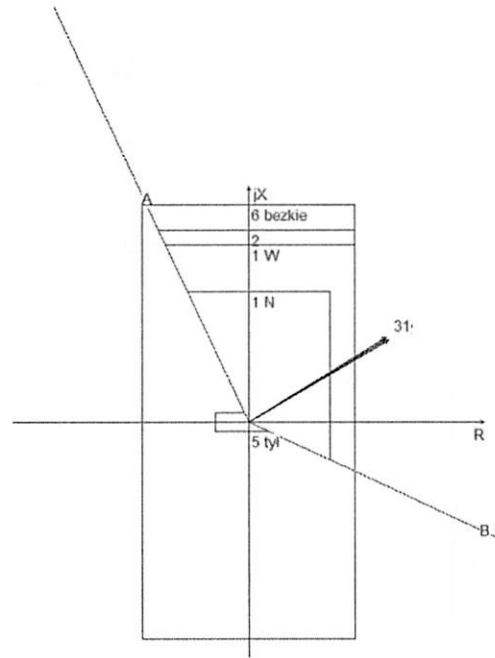
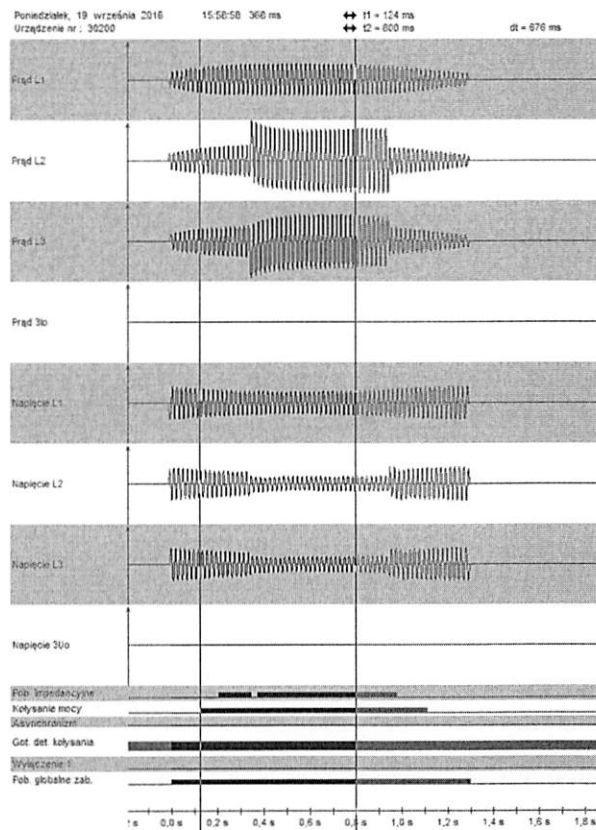


Rys. 4.122. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 1 s, zwarcie L23**

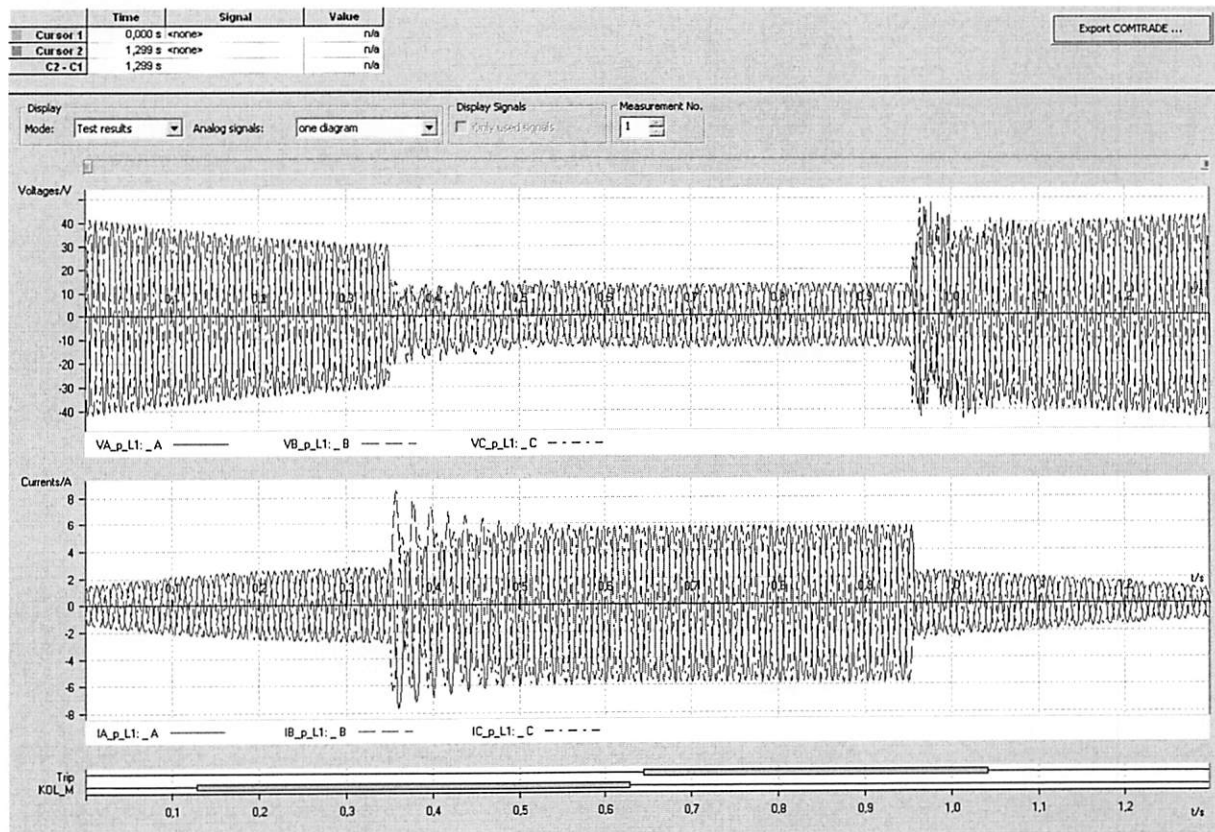


Rys. 4.123. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

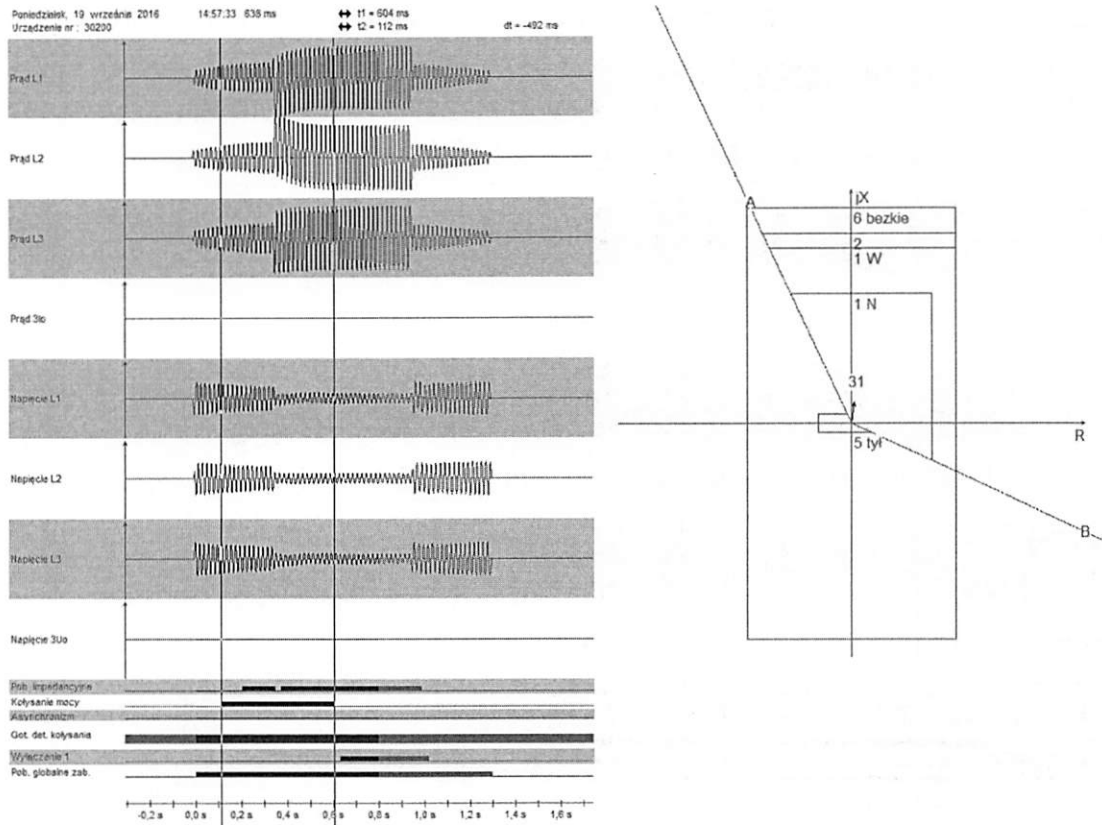


Rys. 4.124. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 0.5 s, zwarcie L123**

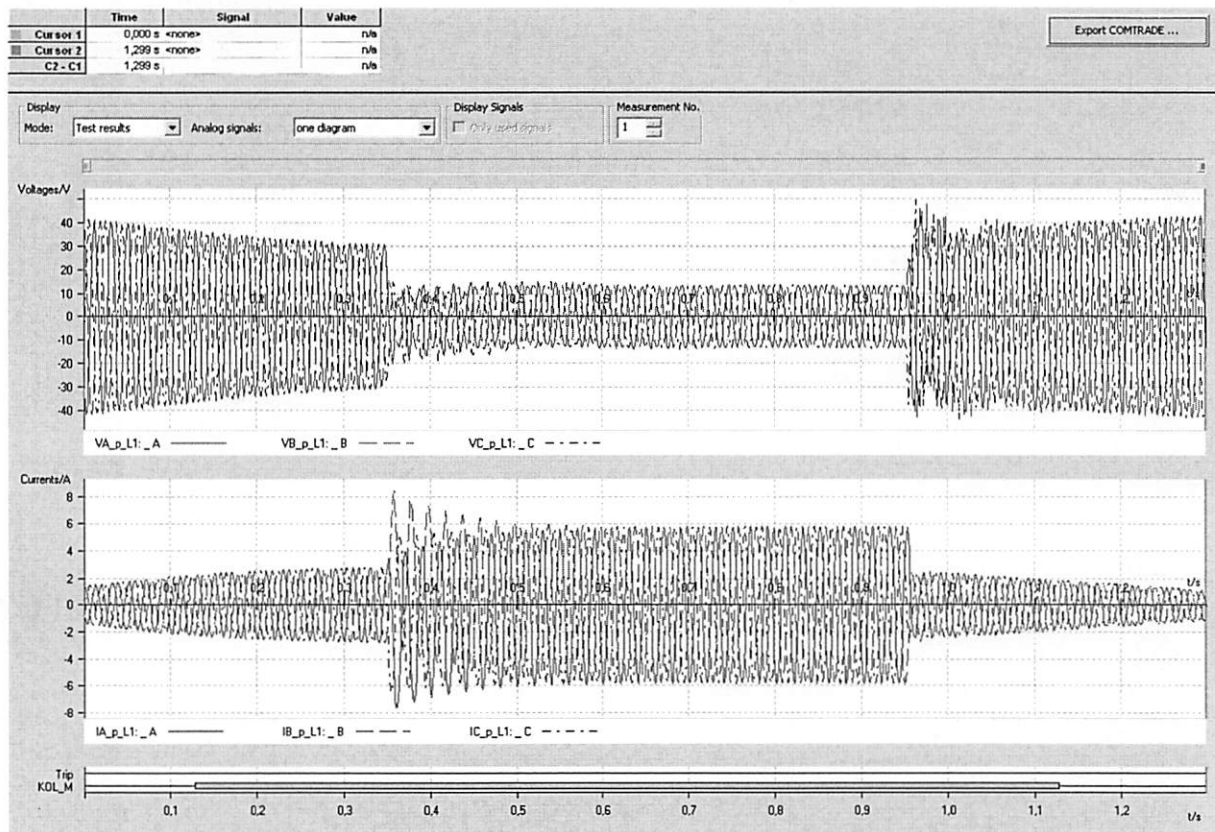


Rys. 4.125. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe

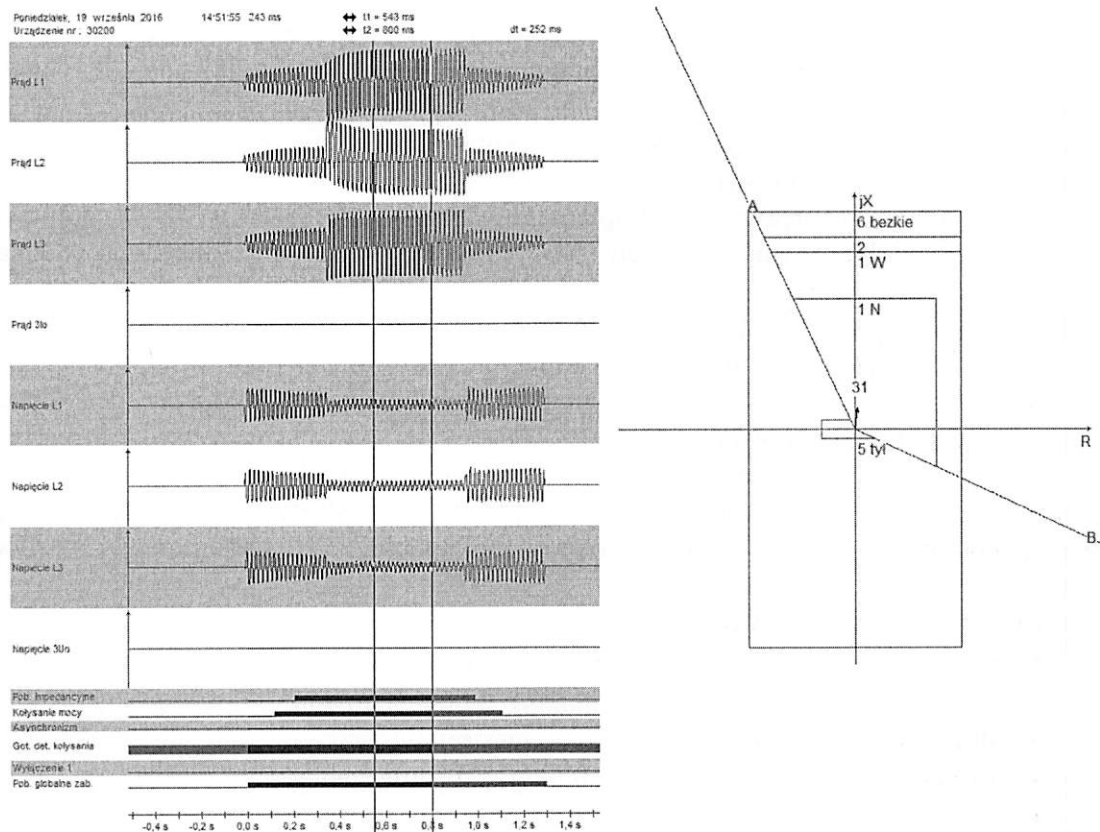


Rys. 4.126. Widok rejestracji zakłóceń

**Częstotliwość kołysań synchronicznych 0.5 Hz, czas przejścia między strefami 43 ms, deblokada 1 s, zwarcie L123**



Rys. 4.127. Wymuszony przebieg w CMC, działanie prawidłowe



Rys. 4.128. Widok rejestracji zakłóceń

## Wnioski

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

Algorytm funkcji blokady kołysankowej stwierdza kołysania mocy (lub ich brak) przy wejściu impedancji ruchowej do strefy wewnętrznej blokady, zaś sygnał wyłączenia od asynchronizmu jest generowany przy wyjściu impedancji ruchowej ze strefy wewnętrznej blokady z przeciwnej strony (niż strona z której impedancja weszła do strefy). Odznaczenie opcji *Wyłączenie od utraty synchronizmu* powoduje brak generowania sygnału na OW przez przekaźnik podczas wykrytych kołysań asynchronicznych.

W przypadku wystąpienia zwarcia z udziałem ziemi wewnątrz chronionej linii w trakcie kołysań mocy blokada jest zdejmowana bezzwłocznie, gdyż przekroczona zostaje wartość asymetrii, która jest (wg informacji od producenta) określana na podstawie wartości prądu zerowego. Producent określa ten parametr w nastawieniach jako *Dopuszczalna asymetria*, co może być odrobinę mylące. Przy zwarciach bez udziału ziemi, reakcja na prąd zerowy nie da prawidłowego działania. Przy zwarciach wewnętrznych międzyfazowych (dwufazowych i trójfazowych) blokada jest zdejmowana dopiero po odliczonym czasie deblokady (co jest zgodne z algorytmem działania funkcji).

## 5. Wnioski końcowe

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 zwarc 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 działa poprawnie.

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

Funkcja blokady kołysaniowej właściwie blokuje funkcję odległościową przy wolniejszym przejściu impedancji ruchowej przez obie strefy blokady niż wartość nastawiona, podobnie odliczany czas deblokady funkcji blokady kołysaniowej 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 wgrywania 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, które zostały usunięte w nowym oprogramowaniu oraz w nowej wersji firmware:

- Wersja wykonania: UTX4,
- 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.

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