



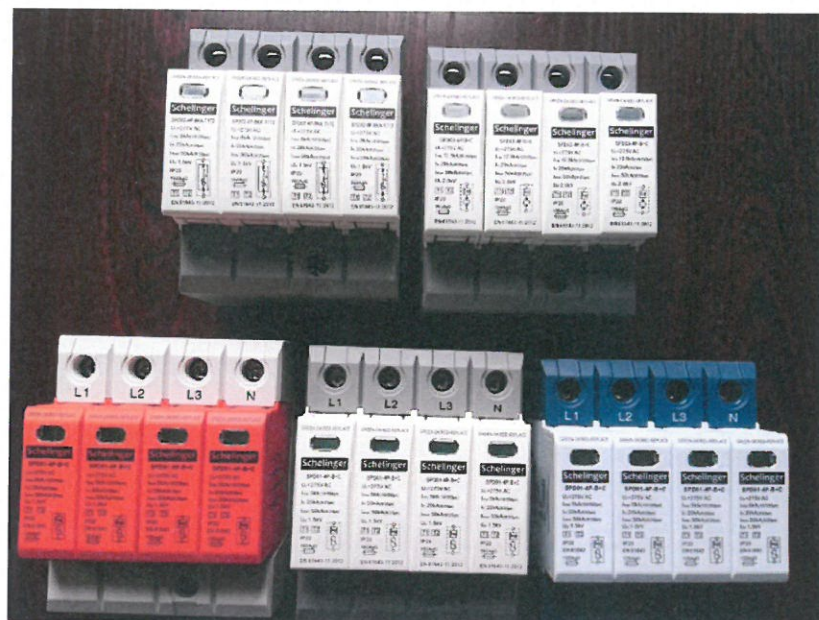
LABOLATORIUM SYMULOWANYCH WYŁADOWAŃ ATMOSFERYCZNYCH

SPRAWOZDANIE

z realizacji badań w ramach zlecenia 5277

Badania wytrzymałości na udar piorunowy ochronników przepięć

„Schelinger SPD02-8kA-T1T2” „Schelinger SPD-03-4P-B+C”
„Schelinger SPD-01-4P-B+C” – trzy wersje



Opracował:
Prowadzący badania
Andrzej Szymaszek

Warszawa, kwiecień 2022

SPRAWOZDANIE z BADAŃ Nr: S4/2021/LSWA

OBIEKT BADAŃ: *ograniczniki przepięć* „Schelinger SPD-01-4P-B+C” (trzy wersje)
„Schelinger SPD-02-4P-8kA-T1T2”
„Schelinger SPD-03-4P-B+C”

ZLECAJĄCY: Bemko Sp. z o.o.
ulica Bocznicowa 13, 05-850 Jawczyce

PROCEDURA BADAWCZA: SOP 31

DATA OTRZYMANIA OBIEKTU DO BADAŃ: 8 marca 2022

DATA WYKONANIA BADAŃ: 10 marca do 7 kwietnia 2022

Wyniki badania odnoszą się tylko do badanego obiektu

BADANIE PRZEPROWADZILI:

Prowadzący badania: *Andrzej Szymaszek*

Nadzór badań: *dr inż. Marian Paduch*

Sprawozdanie zawiera: 30 stron.

Bez pisemnej zgody Kierownika Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych nie zezwala się na publikowanie sprawozdania w innej postaci niż dokładna i kompletna jego kopia.

Spis treści:

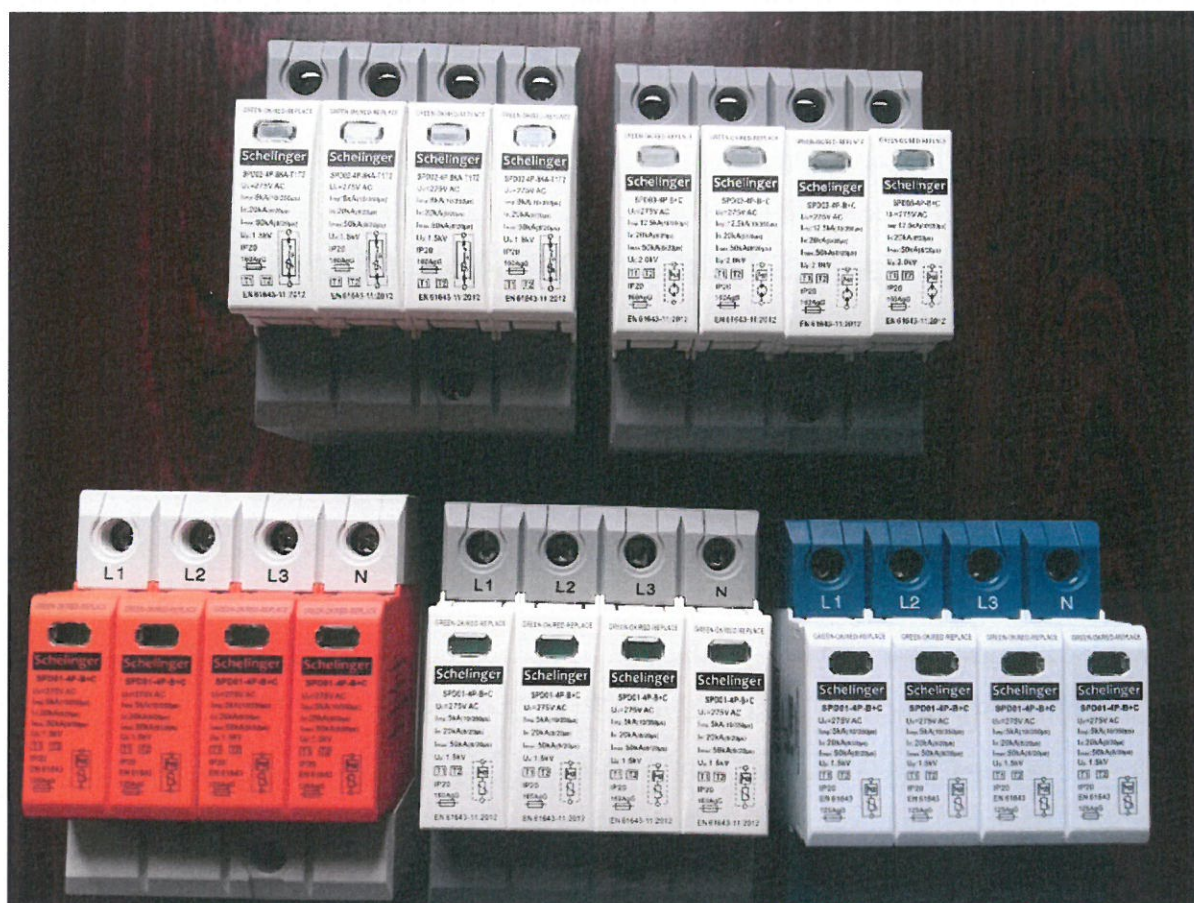
1. Opis próbki	6
2. Normy i inne dokumenty powołane	6
3. Procedura badań	7
4. Stosowane układy probierczo-pomiarowe	7
5. Ocena niepewności zarejestrowanych przebiegów	9
6. Przebieg i wyniki badań	9
6.1. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 1	11
6.1.1. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	11
6.1.2. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	13
6.1.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja	14
6.2. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 2	15
6.2.1. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	15
6.2.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s	17
6.2.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja	17
6.3. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 3	19
6.3.1. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	19
6.3.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s	21
6.3.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja	22
6.4. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-02-4P-8 kA T1T2”	23
6.4.1. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	23
6.4.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s	25
6.4.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja	25
6.5. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-03-4P-B+C”	27
6.5.1. Badania impulsem prądowym 8/20 μ s	27
6.5.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s	29
6.5.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja	30

1. Opis próbek..

Do badań przedstawiono: ograniczniki przepięć do instalacji trójfazowej „Schelinger SPD-01-4P-B+C” w trzech wersjach „Schelinger SPD-02-4P-8KA-T1T2” i „Schelinger SPD-02-4P-B+C” o podstawowych parametrach:

Ucpv	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
Iimp	Udarowy prąd wyładowczy (10/350µs)	5 (8 i 12,5) kA/moduł
In	Nominalny prąd wyładowczy(8/20µs)	20 kA
Imax	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20µs)	50kA
Up	Napięciowy poziom ochrony	1,5 (1,5 i 2,0) kV

Widok ograniczników przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Widok badanych elementów (ograniczniki „Schelinger”)

2. Normy i inne dokumenty powołane.

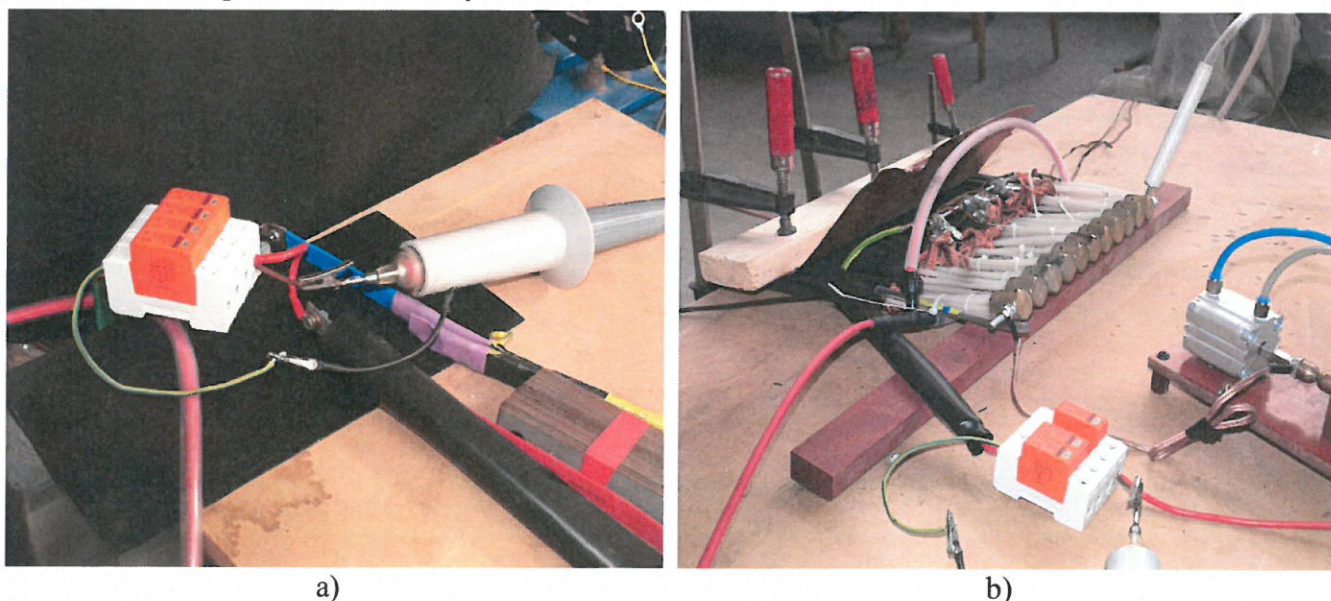
Badania przeprowadzono w oparciu o polską normę PN-EN 61643-31:2019-07E. Dodatkowo posługiwano się procedurą wewnętrzną Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych opisaną w SOP 31.

3. Procedura badań.

Badania ogranicznika deklarowanego w klasie T1 i T2 wykonywane były dwoma typami uderów piorunowych: 8/20 μ s ($I_n = 20$ kA) i 10/350 μ s ($I_{imp} = 5, 8, 12,5$ kA). Parametry uderu - kształt, tolerancja - wg 61643-31:2019-07E. Podczas prób, na bieżąco korygowano parametry obwodu oraz wartość napięcia ładowania baterii, tak aby uzyskać oczekiwaną wartość amplitudy prądu i jego kształt.

4. Stosowane układy probierczo-pomiarowe.

Generatory uderów prądowych - źródłem impulsu prądowego była energia zgromadzona w baterii kondensatorów o pojemności rozładowywana w obwodzie elektrycznym o odpowiednich wartościach rezystancji oraz indukcyjności tak, aby uzyskać w trakcie wyładowania impulsy prądowe (8/20 μ s i 10/350 μ s) o kształcie definiowanym normami. Widok generatorów wraz z zamontowanymi próbkami przed badaniami przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego

a) Próbką na stanowisku badania impulsem 8/20 μ s, b) generator impulsu 10/350 μ s.

W obu przypadkach widoczne są układy pomiarowe: pomiar prądu (pas Rogowskiego), pomiar napięcia na ochronniku (sonda WN) oraz ogranicznik przed próbą.

Pomiar i rejestracja napięcia obniżonego – pomiar i rejestrację napięć przeprowadzono za pomocą sondy WN typ P6015A firmy Tektronix a rejestrację przeprowadzono z wykorzystaniem pierwszego kanału oscyloskopu cyfrowego TDS 3052 nr fabr. BO 12746. Szacowany błąd pomiaru napięcia obniżonego na poziomie ufności nie mniejszym niż 95% wynosi nie więcej niż 7%.

Pomiar i rejestracja prądu uderowego – pomiar prądu uderowego wykonano za pomocą pasa Rogowskiego typ CWT 1500-B nr 145849-32608 będącego na wyposażeniu laboratorium a rejestrację przeprowadzono z wykorzystaniem drugiego kanału oscyloskopu cyfrowego TDS 3052 nr fabr. BO 12746. Szacowany błąd pomiaru prądu na poziomie ufności nie mniejszym niż 95% wynosi nie więcej niż 2%. Certyfikat Pasa Rogowskiego – użytego w badaniach przedstawiono na rys. 3.

5. Ocena niepewności zarejestrowanych przebiegów.

Analiza poziomu niepewności zarejestrowanych sygnałów oparta jest na metodzie szacowania **standardowej niepewności rozszerzonej** typowej dla wielkości niezależnych, co oznacza, że niepewność całkowita jest pierwiastkiem z sumy kwadratów niepewności mierzonych wartości.

Niepewność pomiaru wartości maksymalnej prądu, napięcia.

O wartości tej wielkości decydują:

- Niepewność wzorcowania;
- Niepewność rejestracji amplitudy;
- Niepewność odczytu zarejestrowanej wartości.

Niepewność wyznaczenia wartości ładunku i całki działania.

O wartości tej wielkości decydują:

- Niepewność wzorcowania;
- Niepewność rejestracji amplitudy;
- Niepewność rejestracji czasu;
- Niepewność odczytu zarejestrowanych wartości;
- Operacje matematyczne (podnoszenie do kwadratu, całkowanie).

Analiza w/w czynników pozwala wyciągnąć wniosek, że poziom niepewności dla podanych w sprawozdaniu wartości amplitudy prądu nie przekracza wartości 5%, a odpowiednio poziom niepewności dla wielkości wyliczonych (całka działania) nie przekracza wartości 20%. Obie wielkości spełniają wymagania norm i procedur, w oparciu o które przeprowadzono badanie.

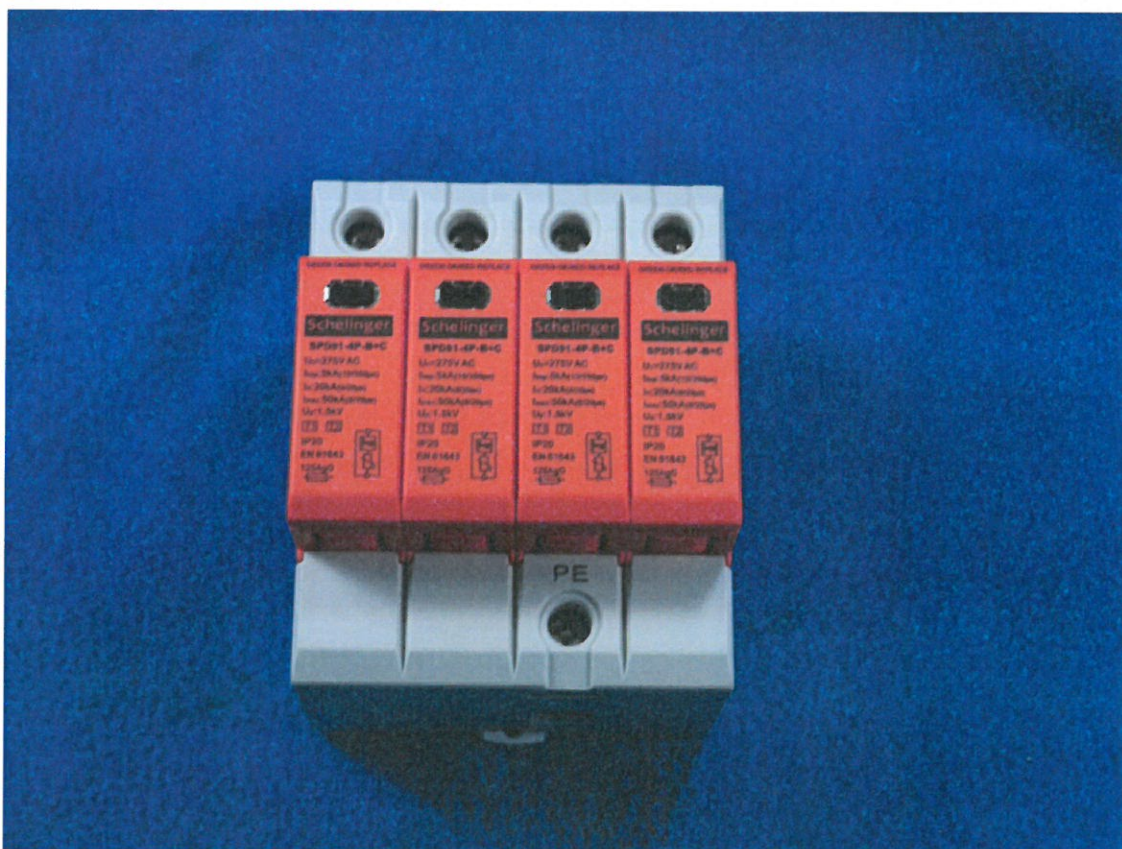
6. Przebieg i wyniki badań.

Przedstawione do badania ograniczniki deklarowane są jako T1 i T2, w związku z tym badania przeprowadzono dla dwóch typów impulsu prądowego 8/20 μ s i 10/350 μ s. Decyzja Zamawiającego badania ograniczono do jednego modułu dla każdego z pięciu ograniczników. W pierwszej kolejności zastosowano wymuszenie prądowe typu 8/20 μ s. Oddano po trzy udary z prądem In. W badaniach impulsem 10/350 μ s dokonywano jeden lub dwa udary gdzie drugi miał amplitudę deklarowanego prądu Iimp.

6. 1. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 1. o podstawowych parametrach:

Ucpv	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
Iimp	Udarowy prąd wyładowczy (10/350μs)	5 kA/moduł
In	Nominalny prąd wyładowczy(8/20μs)	20 kA
I_{max}	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20μs)	50 kA
Up	Napięciowy poziom ochrony	1,5 kV

Widok ogranicznika przedstawiono na rys. 4.



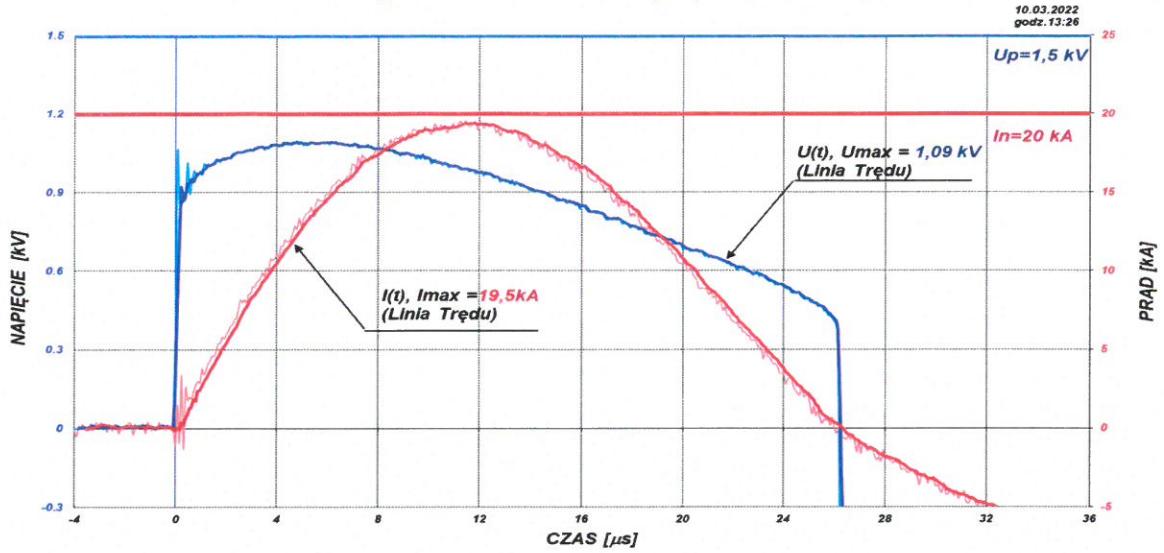
Rys. 4. Widok badanego ogranicznika przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 1.

6.1.1. Badania impulsem prądowym 8/20μs.

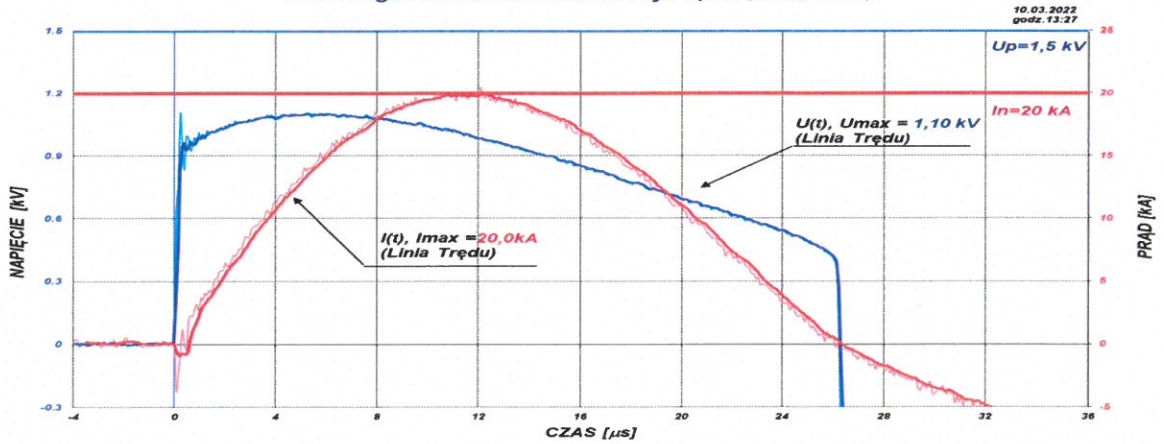
Badania prowadzono w oparciu o punkt 7.4.2.4. normy PN-EN 61643-11:2006. Podczas przeprowadzonych prób rejestrowano kształty impulsów prądowego i napięciowego na ograniczniku. Dla polaryzacji dodatniej wykonano po trzy udary.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi prądu płynącego przez ogranicznik i napięcia występującego na nim dla poszczególnych prób. Ponadto podano podstawowe wartości przebiegów: maksymalne wartości prądu udaru i napięcia obniżonego.

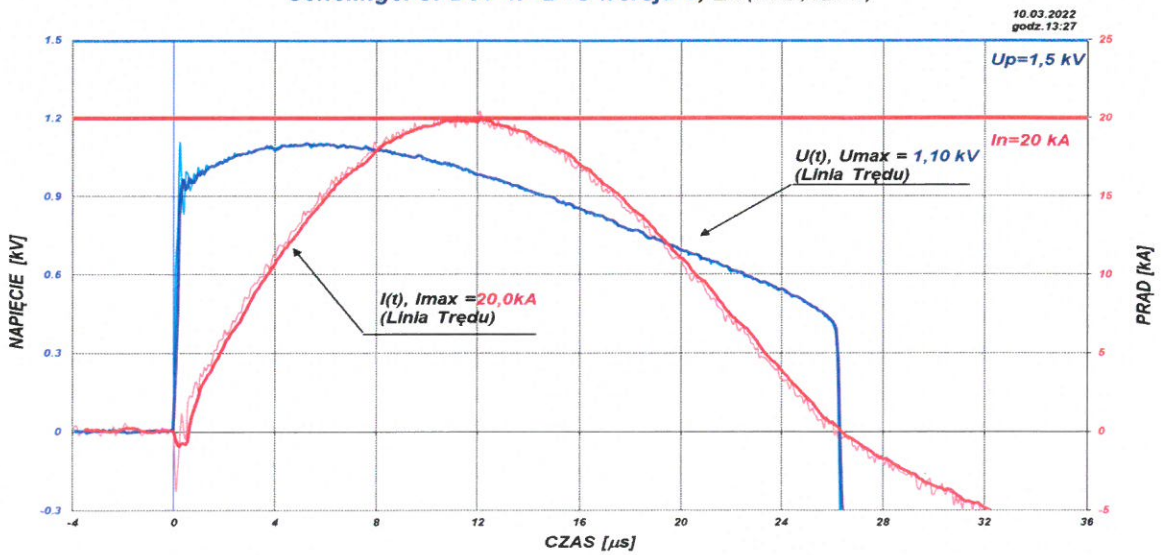
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 1; L3 (Test1 ; TEK 16)



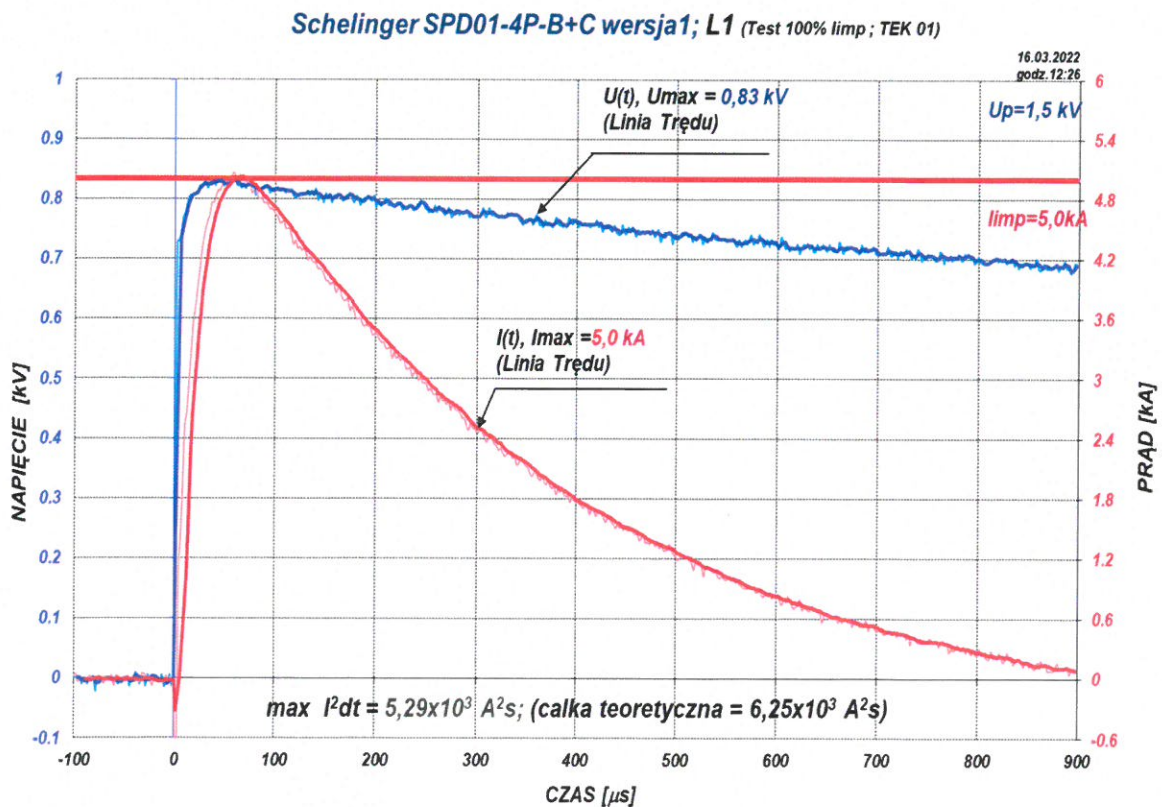
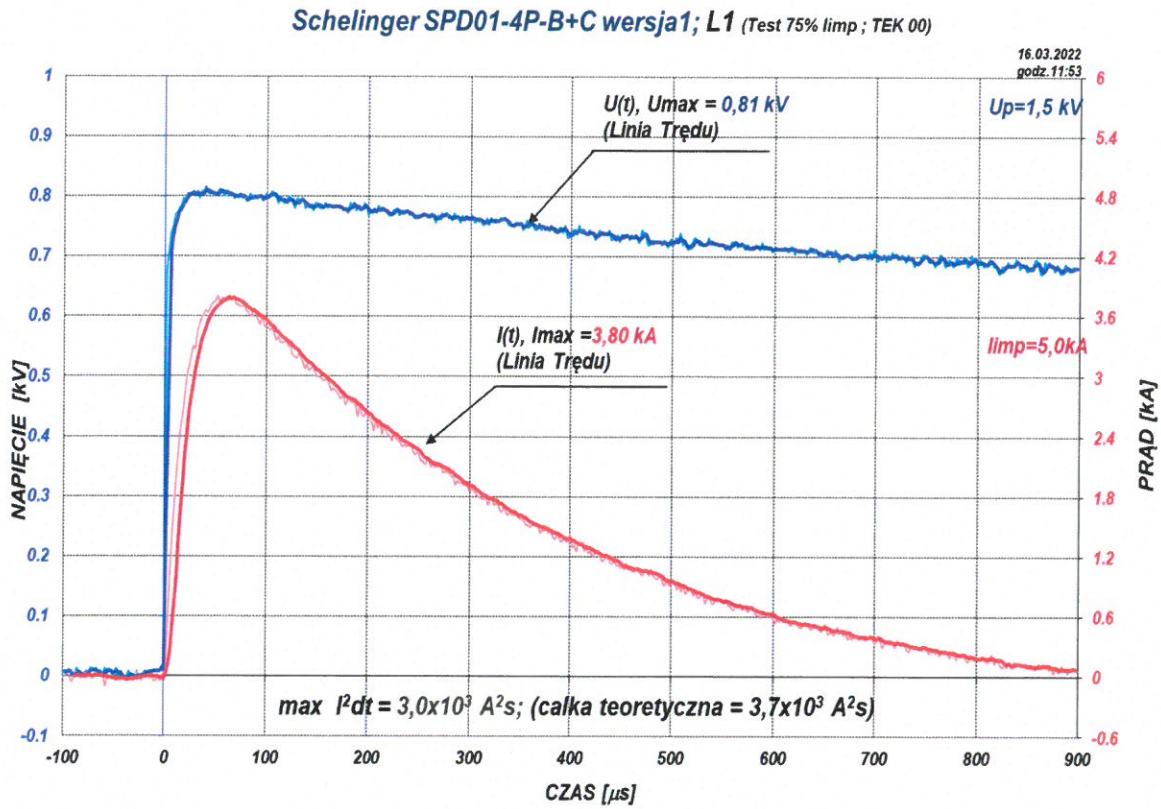
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 1; L3 (Test2 ; TEK 17)



Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 1; L3 (Test2 ; TEK 17)



6.1.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s.



6.1.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja.

Badania przeprowadzono bez obecności przedstawicieli zlecającego.

Wszystkie wyniki badania impulsem 8/20 μ s dla polaryzacji „plus” przedstawiono w poniższej tabeli.

Polaryzacja dodatnia	
Prąd I_n [kA]	Napięcie obniżone U_p [kV]
19,5	1,09
20,0	1,10
20,0	1,10

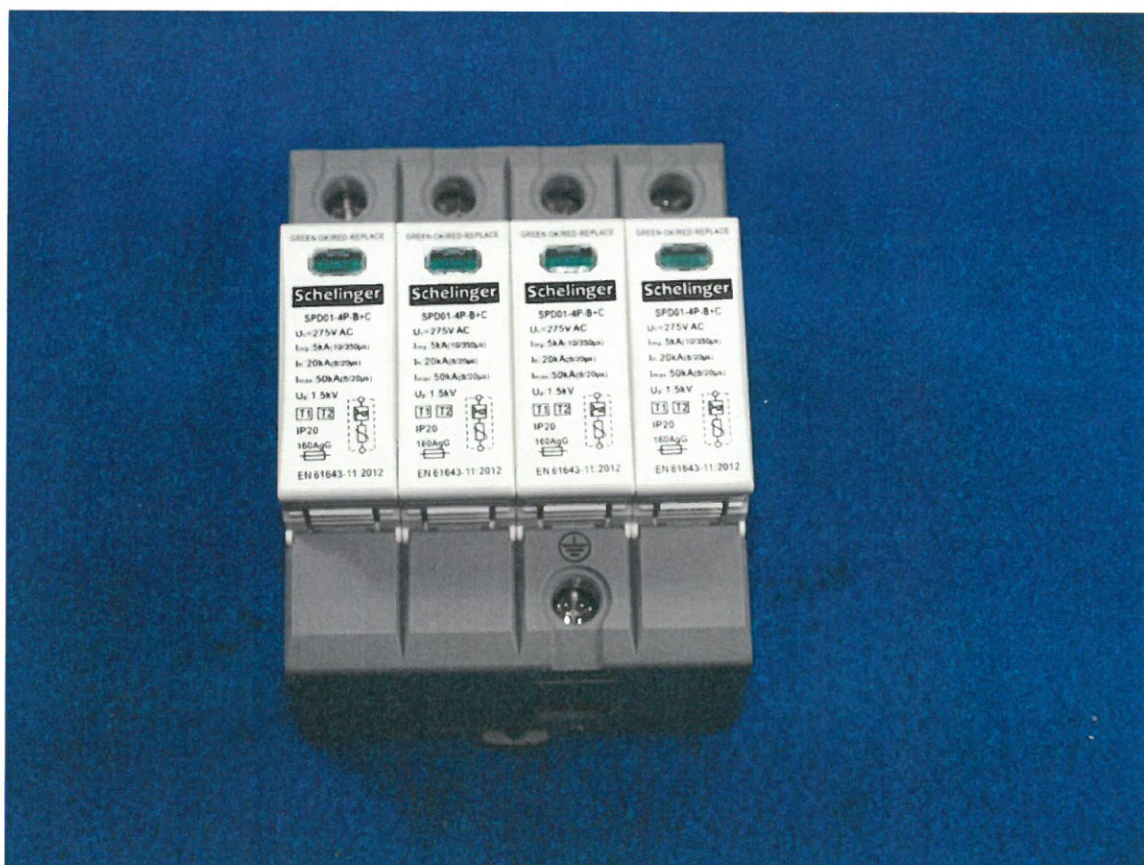
Dla prądu $I_n = 20$ kA wartość napięcia obniżonego na badanym module wynosiła nie więcej niż 1,1kV (znacznie poniżej napięcia deklarowanego 1,5 kV)

W badaniach impulsem 10/350 ms wykonano dwie próby z wartościami prądu I_{imp} 75% i 100% obie próby były pozytywne.

6. 2. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 2 o podstawowych parametrach:

Ucpv	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
Iimp	Udarowy prąd wyładowczy (10/350μs)	5 kA/moduł
In	Nominalny prąd wyładowczy(8/20μs)	20 kA
Imax	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20μs)	50 kA
Up	Napięciowy poziom ochrony	1,5 kV

Widok ogranicznika przedstawiono na rys. 5.



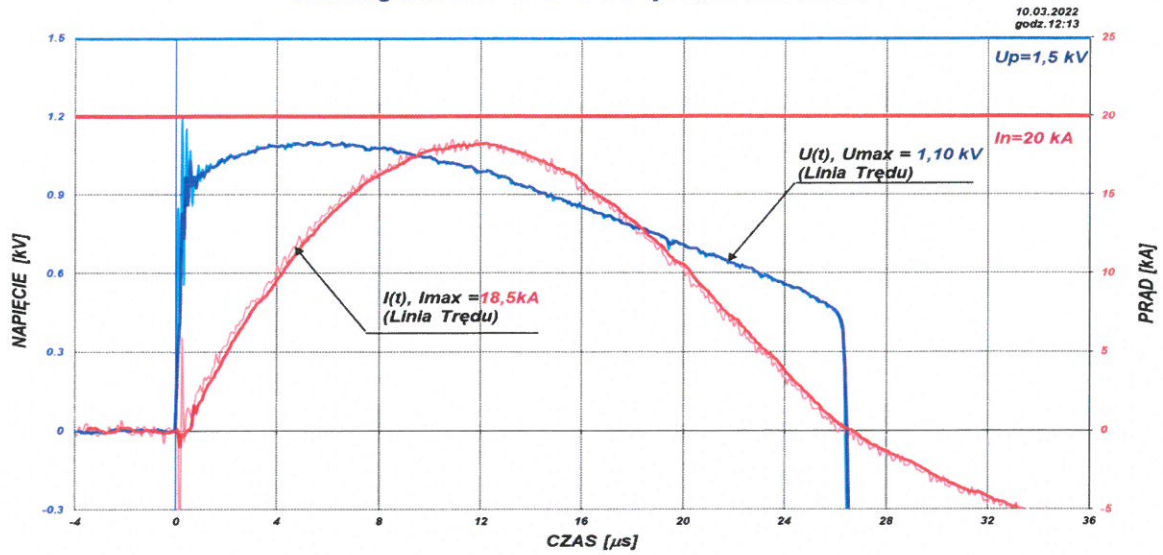
Rys. 5. Widok badanego ogranicznika przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 2.

6.2.1. Badania impulsem prądowym 8/20μs.

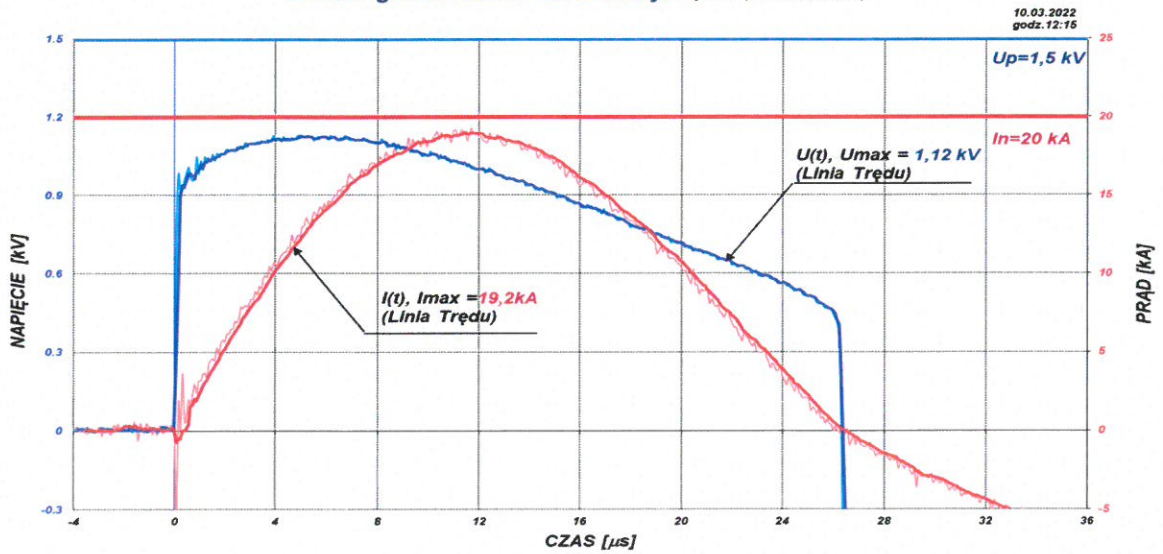
Badania prowadzono w oparciu o punkt 7.4.2.4. normy PN-EN 61643-11:2006. Podczas przeprowadzonych prób rejestrowano kształty impulsów prądowego i napięciowego na ograniczniku. Dla polaryzacji dodatniej wykonano trzy udary.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi prądu płynącego przez ogranicznik i napięcia występującego na nim dla poszczególnych prób. Ponadto podano podstawowe wartości przebiegów: maksymalne wartości prądu udaru i napięcia obniżonego.

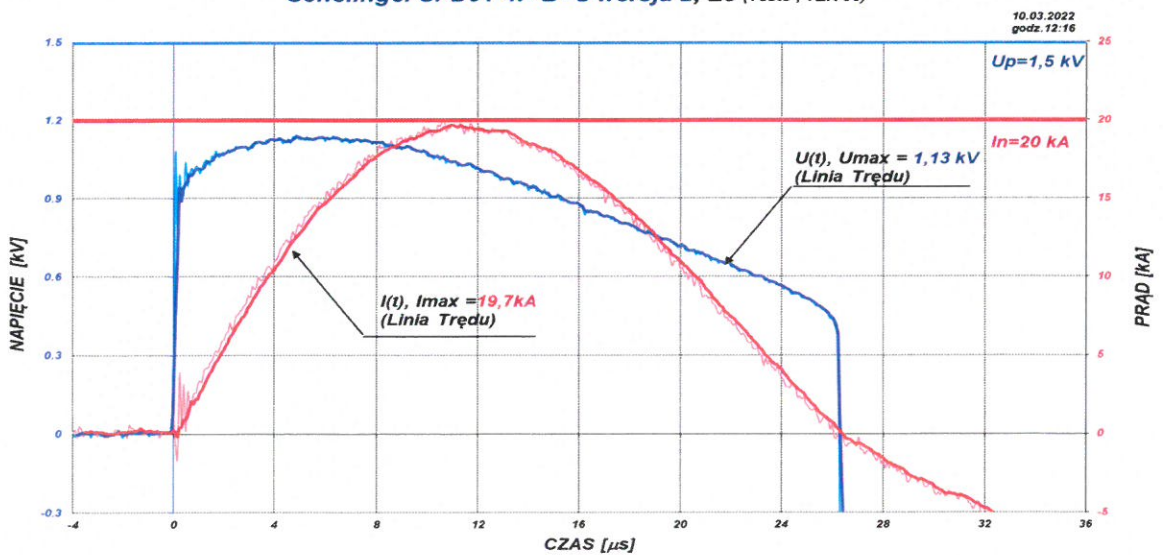
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 2; L3 (Test1 ; TEK 03)



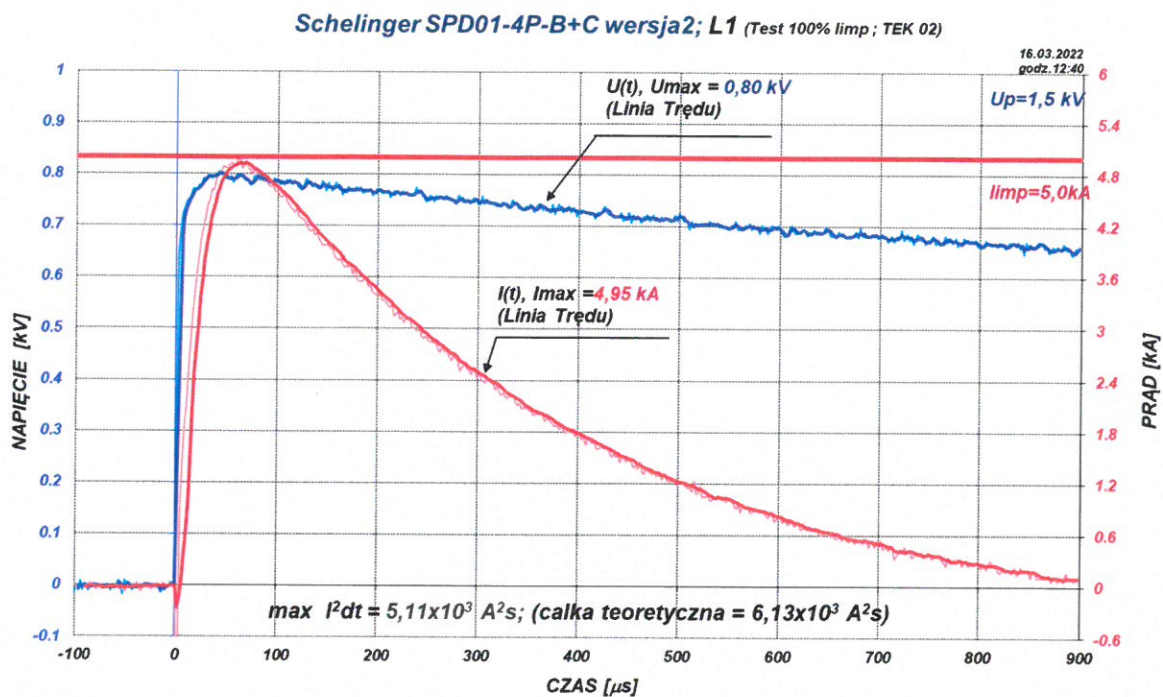
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 2; L3 (Test2 ; TEK 05)



Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 2; L3 (Test3 ; TEK 06)



6.2.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s.



6.2.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja.

Badania przeprowadzono bez obecności przedstawicieli zlecającego.

Wszystkie wyniki badania impulsem 8/20 μ s dla polaryzacji „plus” przedstawiono w poniższej tabeli.

Polaryzacja dodatnia	
Prąd In [kA]	Napięcie obniżone Up [kV]
18,5	1,11
19,2	1,12
19,7	1,13

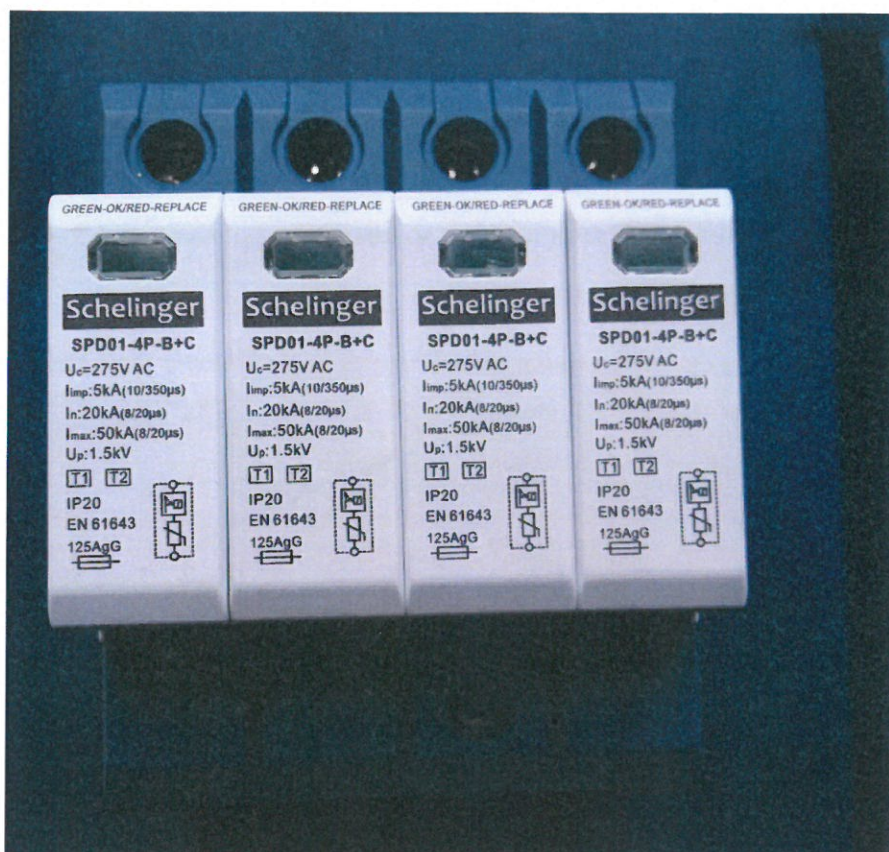
Dla prądu In = 20 kA wartość napięcia obniżonego na badanym module wynosiła nie więcej niż 1,2kV (znacznie poniżej napięcia deklarowanego 1,5 kV)

W badaniach impulsem 10/350 ms wykonano jedną próbę z wartością prądu Iimp 100% próby była pozytywna.

6.3. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja3 o podstawowych parametrach:

U _{cpv}	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
I _{imp}	Udarowy prąd wyładowczy (10/350μs)	5 kA/moduł
I _n	Nominalny prąd wyładowczy(8/20μs)	20 kA
I _{max}	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20μs)	50 kA
U _p	Napięciowy poziom ochrony	1,5 kV

Widok ogranicznika przedstawiono na rys.6.



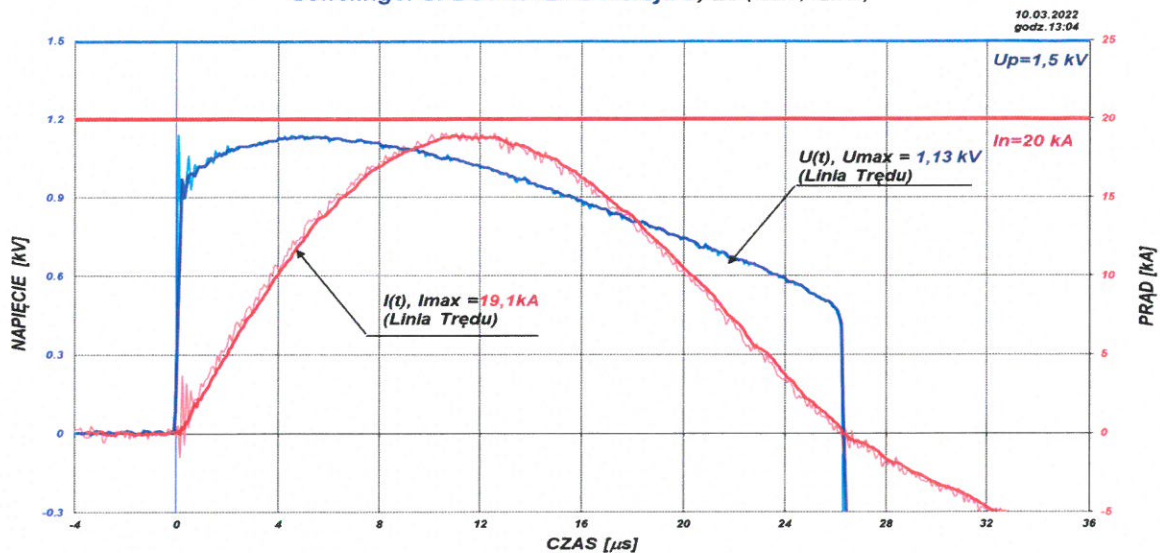
Rys. 6. Widok badanego ogranicznika przepięć „Schelinger SPD-01-4P-B+C” wersja 3.

6.3.1. Badania impulsem prądowym 8/20μs.

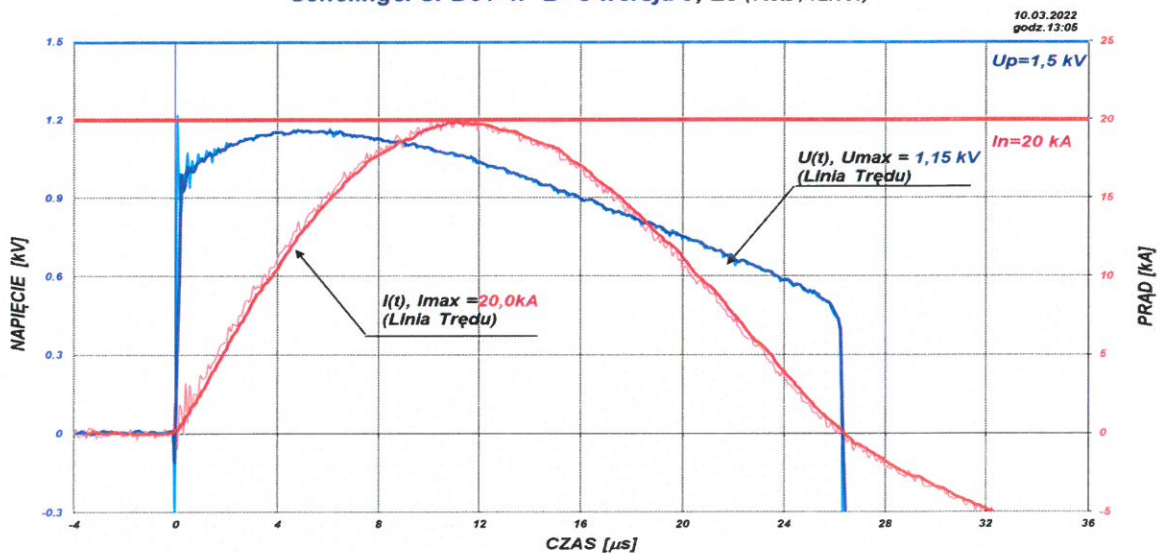
Badania prowadzono w oparciu o punkt 7.4.2.4. normy PN-EN 61643-11:2006. Podczas przeprowadzonych prób rejestrowano kształty impulsów prądowego i napięciowego na ograniczniku. Dla polaryzacji dodatniej wykonano trzy udary.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi prądu płynącego przez ogranicznik i napięcia występującego na nim dla poszczególnych prób. Ponadto podano podstawowe wartości przebiegów: maksymalne wartości prądu udaru i napięcia obniżonego.

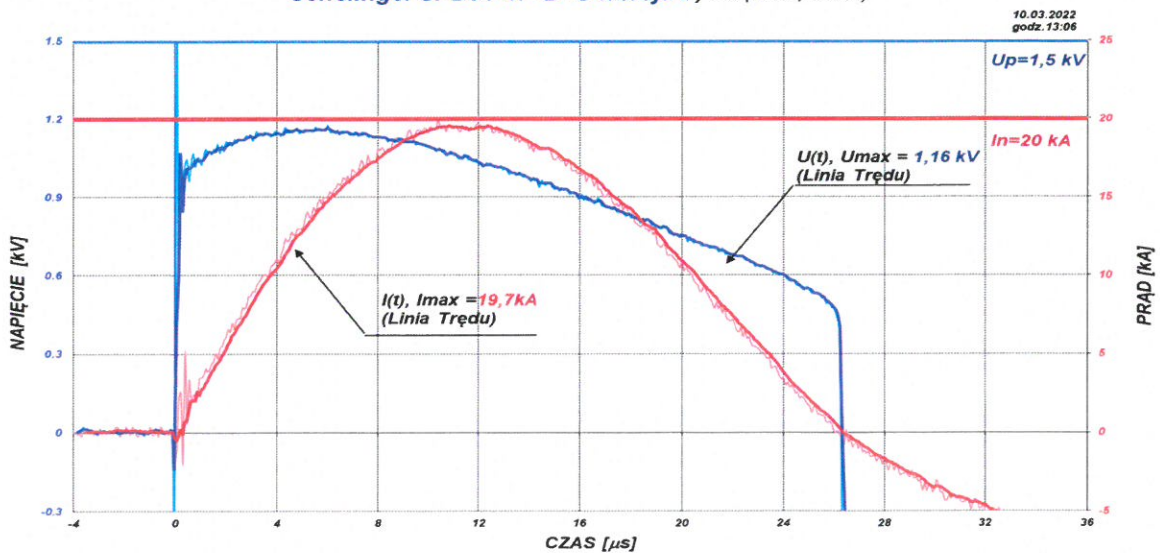
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 3; L3 (Test1 ; TEK 07)



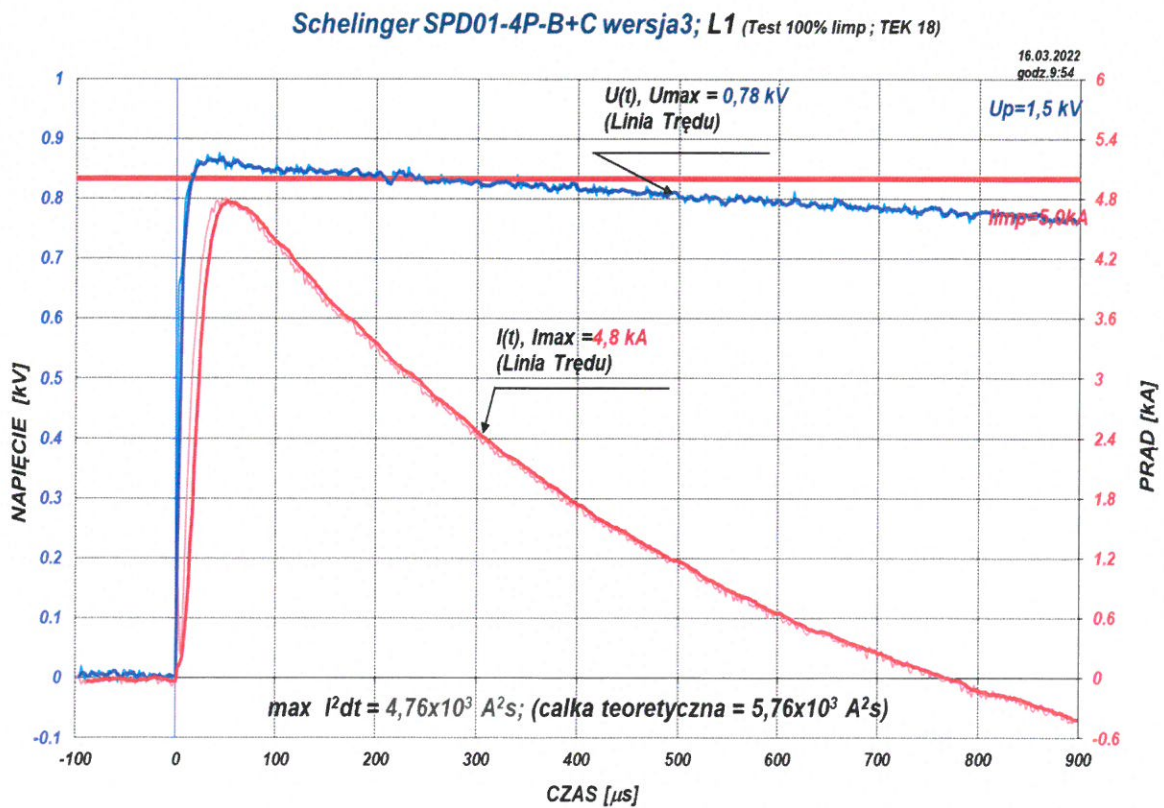
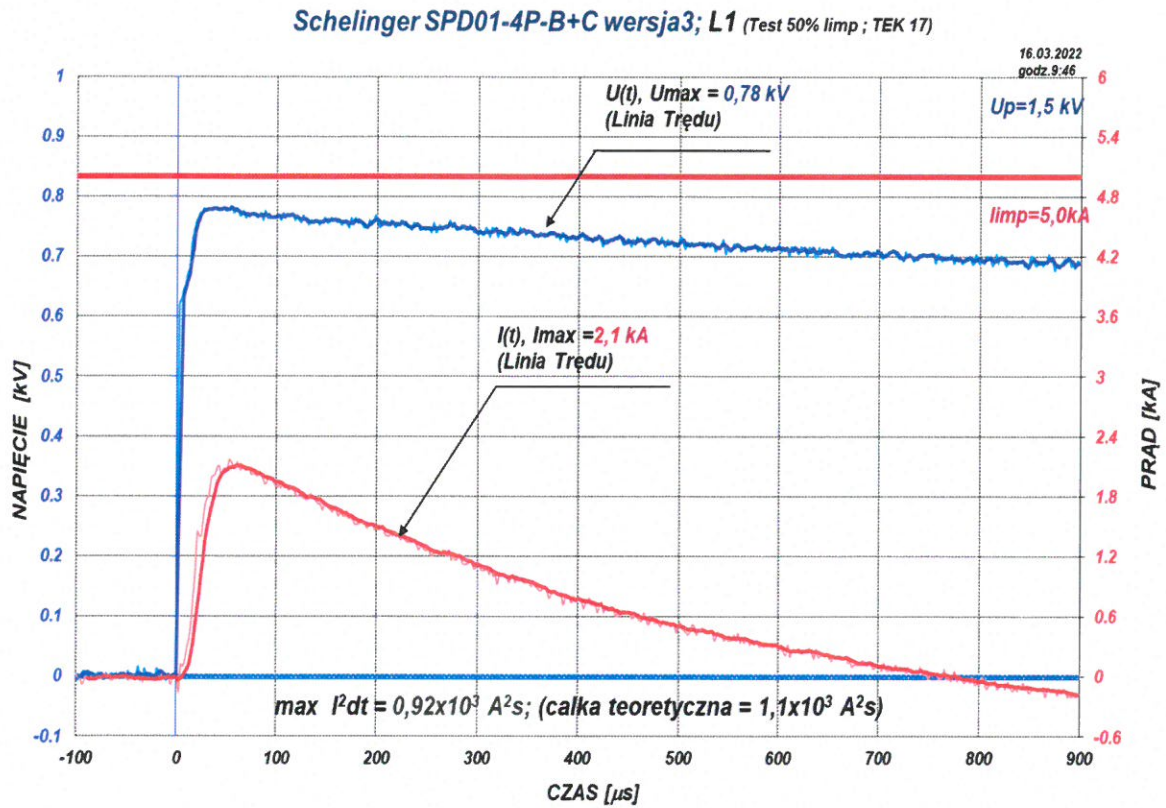
Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 3; L3 (Test2 ; TEK 08)



Schelinger SPD01-4P-B+C wersja 3; L3 (Test3 ; TEK 09)



6.3.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s.



6.3.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja.

Badania przeprowadzono bez obecności przedstawicieli zlecającego.

Wszystkie wyniki badania impulsem 8/20 μ s dla polaryzacji „plus” przedstawiono w poniższej tabeli.

Polaryzacja dodatnia	
Prąd I_n [kA]	Napięcie obniżone U_p [kV]
19,1	1,13
20,0	1,15
19,7	1,16

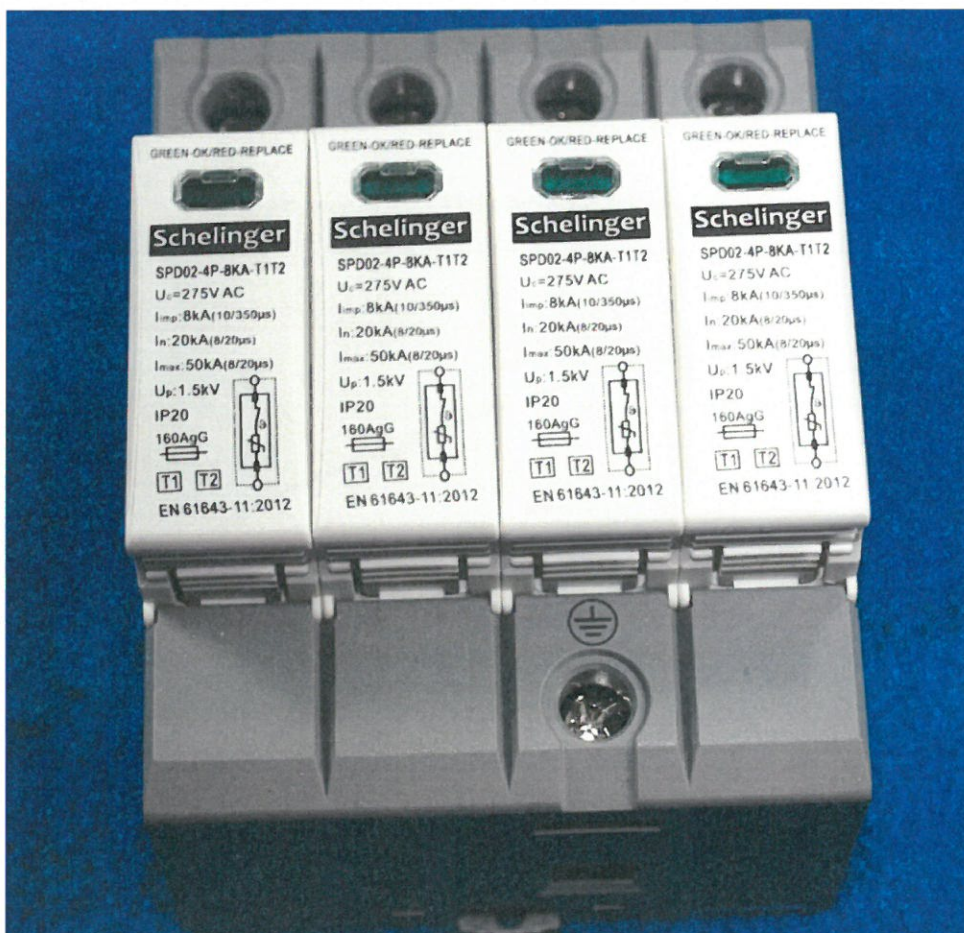
Dla prądu $I_n = 20$ kA wartość napięcia obniżonego na badanym module wynosiła nie więcej niż 1,2kV (znacznie poniżej napięcia deklarowanego 1,5 kV)

W badaniach impulsem 10/350 ms wykonano dwie próby z wartościami prądu I_{imp} 50% i 100% obie próby były pozytywne.

6. 4. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-02-4P-8kA T1T2” o podstawowych parametrach:

U_{cpv}	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
I_{imp}	Udarowy prąd wyładowczy (10/350μs)	8 kA/moduł
I_n	Nominalny prąd wyładowczy(8/20μs)	20 kA
I_{max}	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20μs)	50 kA
U_p	Napięciowy poziom ochrony	1,5 kV

Widok ogranicznika przedstawiono na rys.7



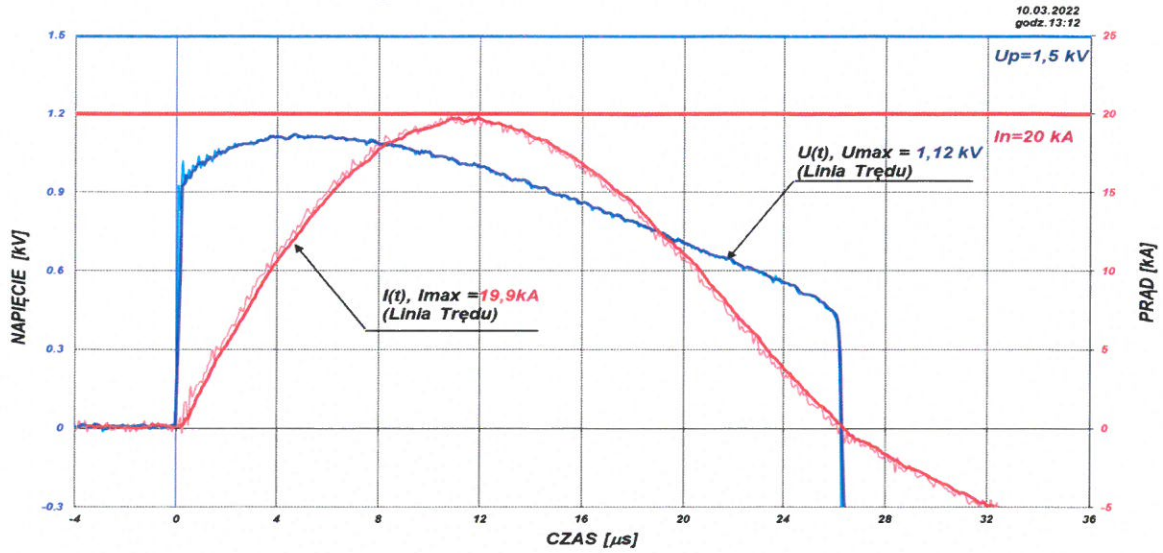
Rys. 7. Widok badanego ogranicznika przepięć „Schelinger SPD-02-8kA T1T2”.

6.4.1. Badania impulsem prądowym 8/20μs.

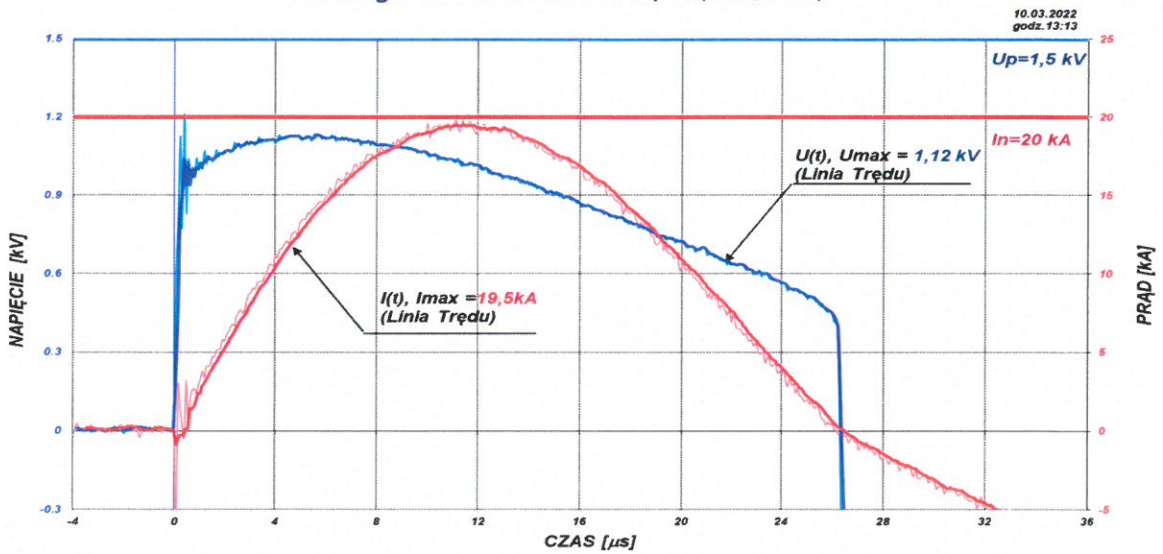
Badania prowadzono w oparciu o punkt 7.4.2.4. normy PN-EN 61643-11:2006. Podczas przeprowadzonych prób rejestrowano kształty impulsów prądowego i napięciowego na ograniczniku. Dla polaryzacji dodatniej wykonano trzy udary.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi prądu płynącego przez ogranicznik i napięcia występującego na nim dla poszczególnych prób. Ponadto podano podstawowe wartości przebiegów: maksymalne wartości prądu udaru i napięcia obniżonego.

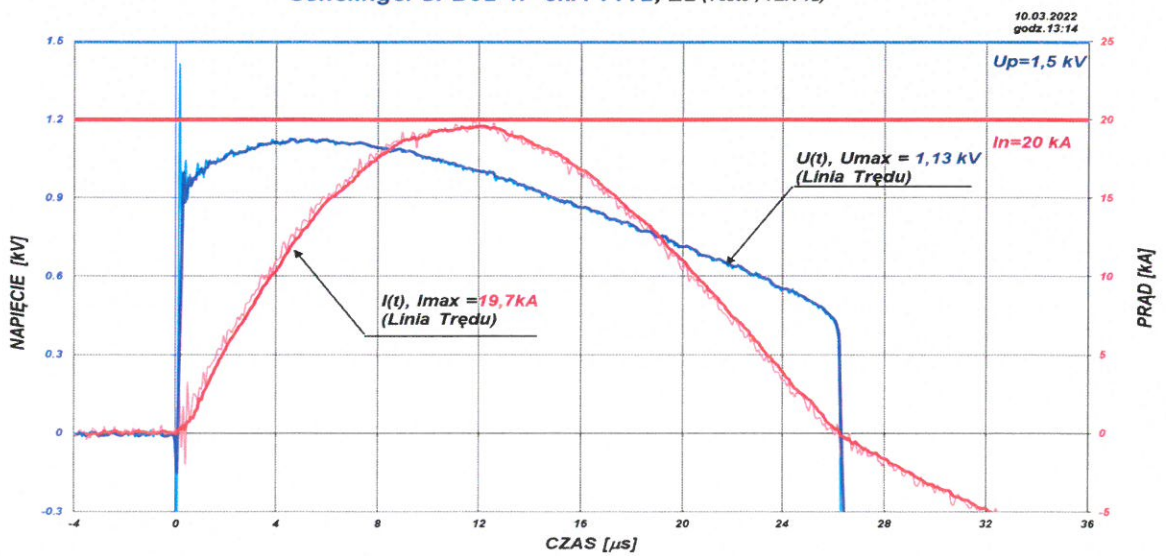
Schelinger SPD02-4P-8kA-T1T2; L2 (Test1 ; TEK 07)



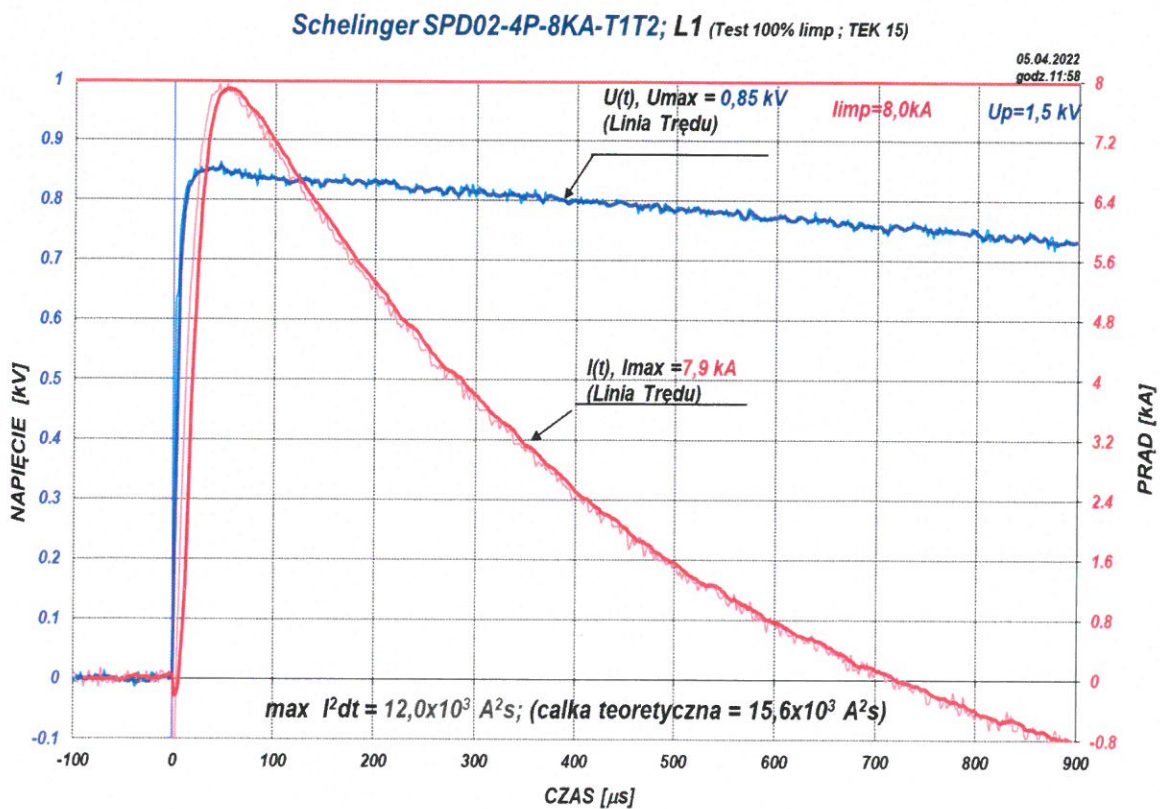
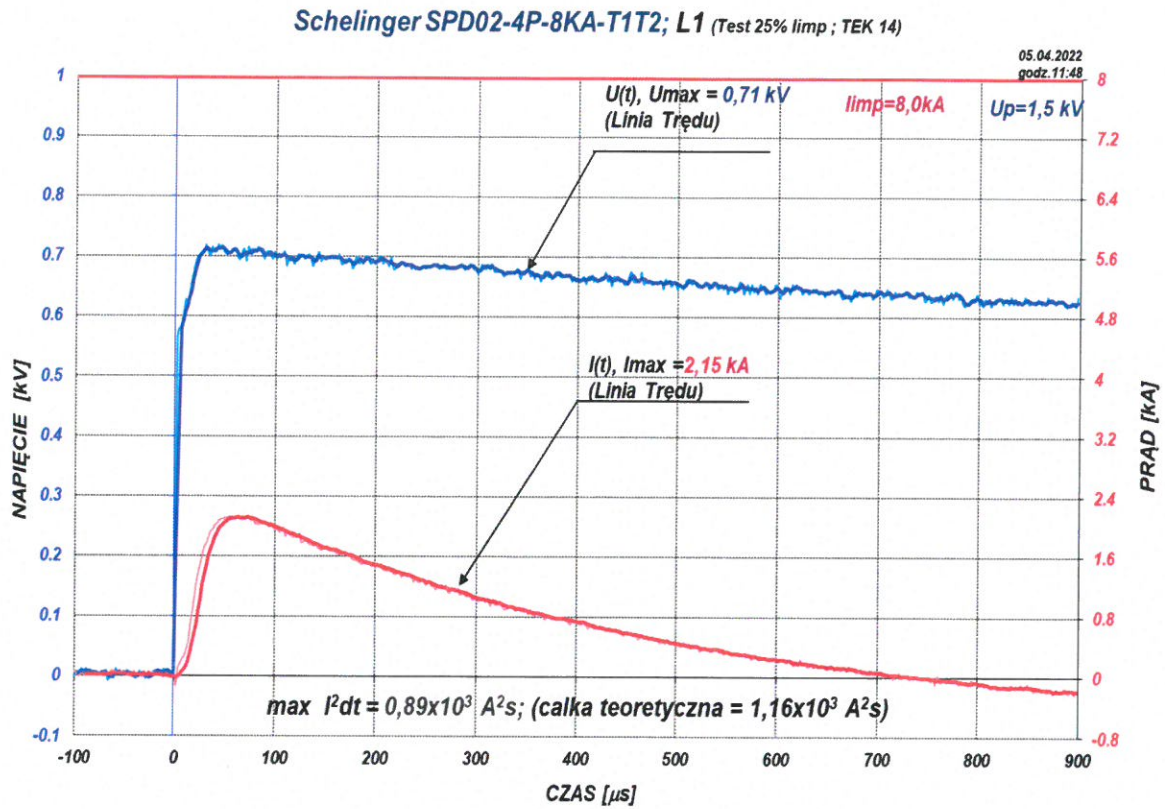
Schelinger SPD02-4P-8kA-T1T2; L2 (Test2 ; TEK 07)



Schelinger SPD02-4P-8kA-T1T2; L2 (Test3 ; TEK 12)



6.4.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s.



6.4.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja.

Badania przeprowadzono bez obecności przedstawicieli zlecającego.

Wszystkie wyniki badania impulsem 8/20 μ s dla polaryzacji „plus” przedstawiono w poniższej tabeli.

Polaryzacja dodatnia	
Prąd In [kA]	Napięcie obniżone Up [kV]
19,9	1,12
19,5	1,12
19,7	1,13

Dla prądu In = 20 kA wartość napięcia obniżonego na badanym module wynosiła nie więcej niż 1,1kV (znacznie poniżej napięcia deklarowanego 1,5 kV)

W badaniach impulsem 10/350 ms wykonano dwie próby z wartościami prądu Iimp 25% i 100% obie próby były pozytywne.

6. 5. Ogranicznik przepięć „Schelinger SPD-03-4P-B+C”.

o podstawowych parametrach:

Ucpv	Największe napięcie trwałej pracy AC	275 V
Iimp	Udarowy prąd wyładowczy (10/350μs)	12,5 kA/moduł
In	Nominalny prąd wyładowczy(8/20μs)	20 kA
I_{max}	Maksymalny prąd wyładowczy(8/20μs)	50 kA
Up	Napięciowy poziom ochrony	1,5 kV

Widok ogranicznika przedstawiono na rys.8.



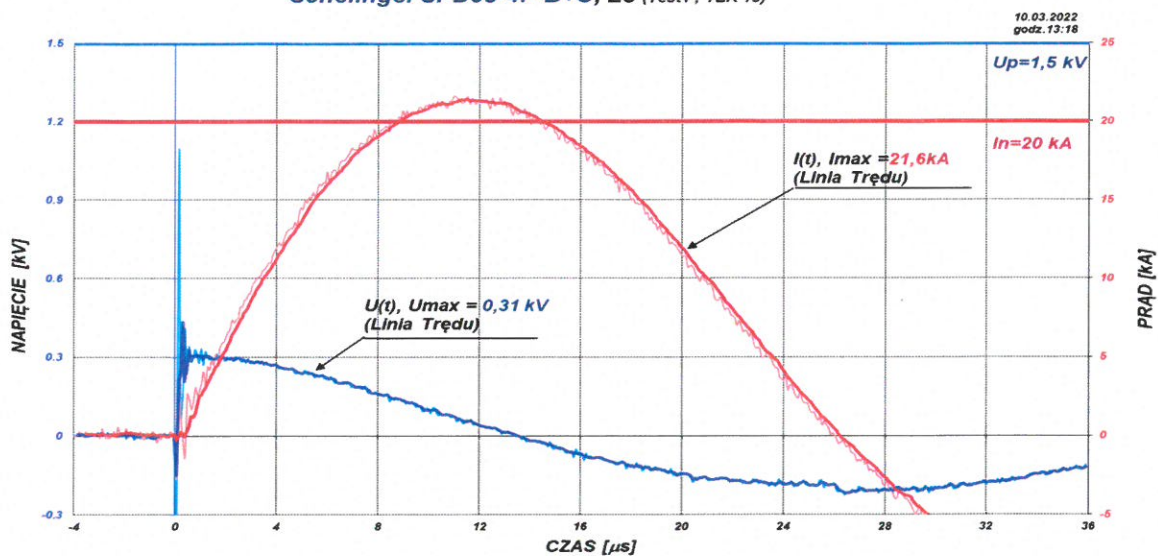
Rys. 8. Widok badanego ogranicznika przepięć „Schelinger SPD-03-4P-B+C”.

6.5.1. Badania impulsem prądowym 8/20μs.

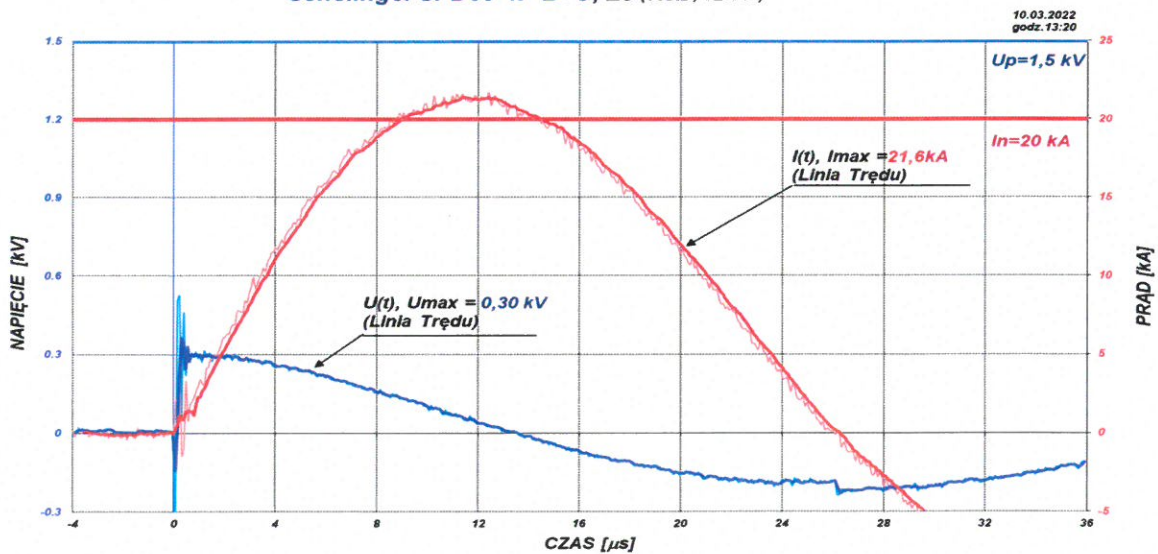
Badania prowadzono w oparciu o punkt 7.4.2.4. normy PN-EN 61643-11:2006. Podczas przeprowadzonych prób rejestrowano kształty impulsów prądowego i napięciowego na ograniczniku. Dla polaryzacji dodatniej wykonano trzy udary.

Na poniższych wykresach przedstawiono przebiegi prądu płynącego przez ogranicznik i napięcia występującego na nim dla poszczególnych prób. Ponadto podano podstawowe wartości przebiegów: maksymalne wartości prądu udaru i napięcia obniżonego.

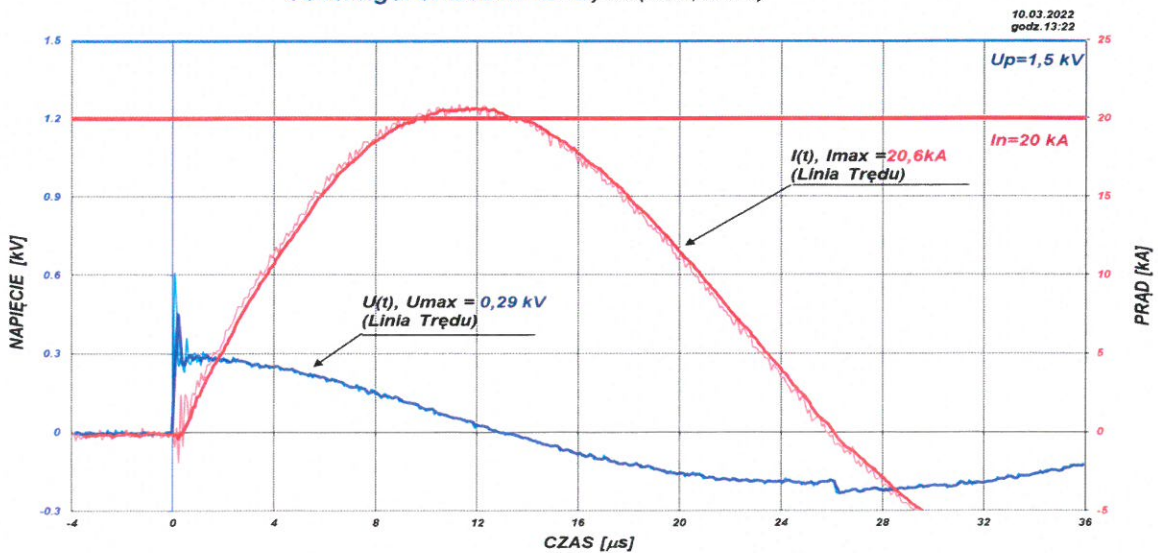
Schelinger SPD03-4P-B+C; L3 (Test1 ; TEK 13)



Schelinger SPD03-4P-B+C; L3 (Test2 ; TEK 14)

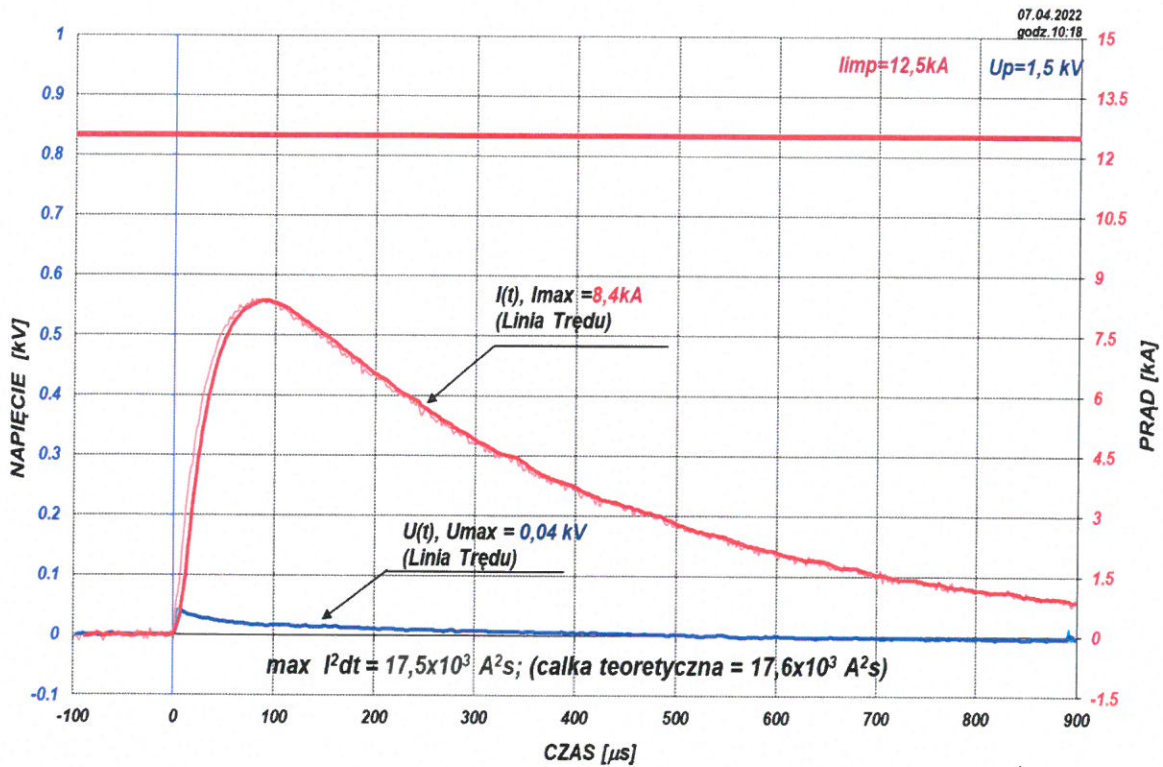


Schelinger SPD03-4P-B+C; L3 (Test3 ; TEK 15)

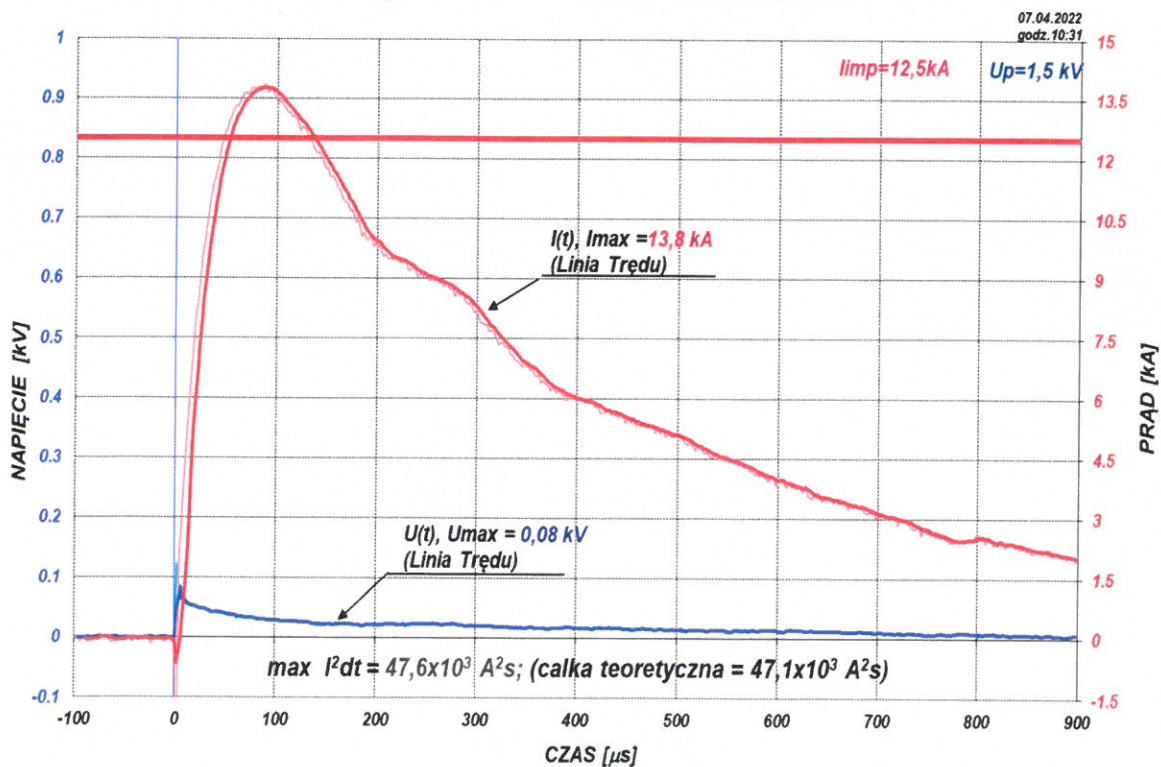


6.5.2. Badania impulsem prądowym 10/350 μ s.

Schelinger SPD03-4P-B+C; L2 (Test 75% limp ; TEK 24)



Schelinger SPD03-4P-B+C; L2 (Test 100% limp ; TEK 24)



6.5.3. Zarejestrowane wyniki, dyskusja.

Badania przeprowadzono bez obecności przedstawicieli zlecającego.

Wszystkie wyniki badania impulsem 8/20 μ s dla polaryzacji „plus” przedstawiono w poniższej tabeli.

Polaryzacja dodatnia	
Prąd I_n [kA]	Napięcie obniżone U_p [kV]
21,6	0,31
21,6	0,3
20,6	0.29

Dla prądu $I_n = 20$ kA wartość napięcia obniżonego na badanym module wynosiła nie więcej niż 0,4 kV (znacznie poniżej napięcia deklarowanego 1,5 kV)

W badaniach impulsem 10/350 ms wykonano dwie próby z wartościami prądu I_{imp} 75% i 100% obie próby były pozytywne.

Próba 100% była ekstremalnie wysoka I_{max} był o 10% wyższy od deklarowanego I_p i wynosił 13,8 kA a związana z nim całka działania wynosiła $47,6 \times 10^3 A^2s$ czyli 22% więcej niż wartość całki działania nominalnej (dla wartości 12,5 kA) która wynosi $39,1 \times 10^3 A^2s$