

**UKŁAD POMIARU SYMETRYCZNYCH I ASYMETRYCZNYCH
PRĄDÓW ZWARCIOWYCH Z ZASTOSOWANIEM
WIELOZAKRESOWYCH PRZEKŁADNIKÓW PRĄDOWYCH W
WARUNKACH LABORATORIUM ZWARCIOWEGO**

Michał BABIUCH, Instytut Elektrotechniki w Warszawie

Jan OLAK, Transformex sp. z o.o. w Warszawie



CEL PRACY

- Modernizacja istniejących w IEL układów pomiarowych
- Pomiar prądów symetrycznych i asymetrycznych w zwarciozni podczas różnych badań
- Możliwość pomiaru prądów w szerokim zakresie od 50A do 65kA – potrzeba wielozakresowych przetworników prądu w tym przekładników
- Uzyskanie wiarygodnych i dokładnych pomiarów prądów
- Nieskomplikowana eksploatacja układu pomiarowego
- Osiągnięcie dużej odporność na oddziaływanie prądów zwarciovych i wysokich napięć – odporność na występujące zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne

WYMAGANE PARAMETRY TECHNICZNE - ZNAMIONOWE

Uwzględnienie konkretnych potrzeb Laboratorium Zwarcowego Instytutu Elektrotechniki. Różne prądy od pojedynczych amperów do kilkudziesięciu kA (potrzeba wielu zakresów)

napięcie znamionowe izolacji	36 kV			
znamionowe prądy pierwotne	100 A	500 A	2 kA	10 kA
zakresy pomiarowe (zwarcione)	50-500 A	250 A- 2,5 kA	1-10 kA	5-65 kA
znamionowe prądy wtórne	5 A			
moc znamionowa	2,5 VA			
klasa dokładności	0.1			
stała czasowa τ	co najmniej 60 ms			

WYMAGANIA DOTYCZĄCE STAŁEJ CZASOWEJ DLA RÓŻNYCH BADAŃ

<i>Aparat/obiekt</i>	<i>Norma</i>	<i>k</i>	<i>$\tau = L/R$</i>
Wyłączniki	PN-EN 62271-100		45 ms i inne ^{*)}
Rozłączniki	PN-EN 62271-103	2.5	45 ms
Odłączniki	PN-EN 62271-102	2.5	45 ms
Rozdzielnice	PN-EN 62271-200	2.5	45 ms
Stacje	PN-EN 62271-202	2.5	45 ms
Transformatory	PN-EN 60076-5	1.51 - 2.69	3.2 – 62 ms
Przekładniki	PN-EN 61869-2	1.7	6.5 ms
Aparatura nn	PN-EN 60439-1	1.5 - 22	3.2

^{*)} standardową „**znamionowa stała czasowa**”, nazywa się ją „wartością znormalizowaną”

Inne wartości stałej czasowej dla wyłączników: $\tau = 60$ ms, 75 ms, 120ms ale traktowane są one jako „**szczególny przypadek stałych czasowych**”

W przeważającej większości praktycznych przypadków -wyższe stałe czasowe – szczególnie dla sieci 52 kV – są połączone z niższymi poziomami prądów zwarciovych i na odwrót.

WYMAGANIA KONSTRUKCYJNO – EKSPLOATACYJNE

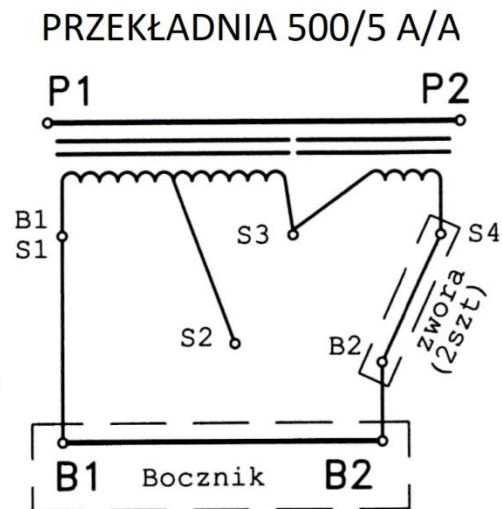
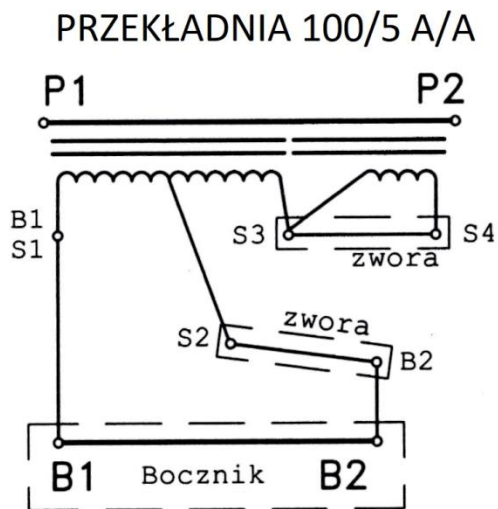
- Nieskomplikowana eksploatacja układu
 - łatwy montaż przekładników w układzie
 - łatwe przełączanie zakresów
- Uzwojenie pierwotne ma stanowić szyna głównego toru prądowego
- Przełączanie zakresów znamionowych po stronie pierwotnej poprzez wybór 1 z (2) przekładników oraz po stronie wtórnej poprzez wybór uzwojenia przekładnika
- Strona wtórna obciążona trwale rezystorem $50\text{ m}\Omega$ - dostosowanie sygnału wyjściowego do istniejących urządzeń rejestrujących
- Konstrukcja przystosowana do zamocowania do ściany komory probierczej

WYBÓR KONSTRUKCJI PRZEKŁADNIKÓW

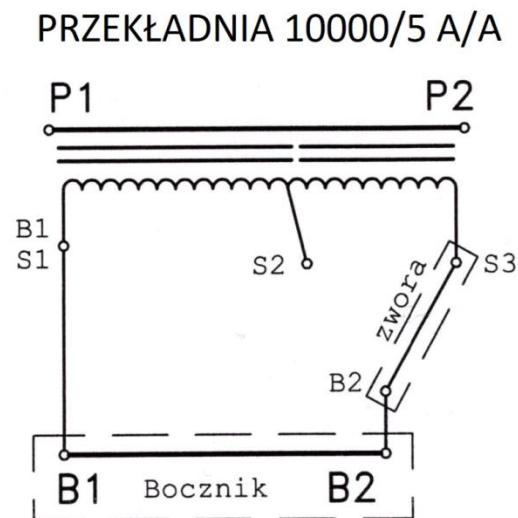
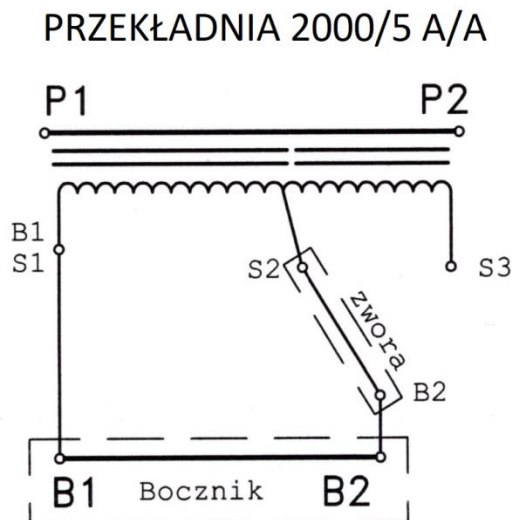
- Przekładniki posiadają konstrukcję przepustową , rdzenie pierścieniowe, bezszczelinowe
- W celu pokrycia wymaganych zakresów pomiarowych skonstruowano 2 dwa typy przekładników – razem 6 szt. po 2 na każdą fazę.
- Każdy z przekładników posiada 2 przełączalne uzwojenia wtórne
- Uzwojenia wtórne obciążone są bezindukcyjnym rezystorem $50\text{ m}\Omega$, które umieszczono w 2 skrzynkach przełączających
- Przekładniki zamontowano na stałe w obwodzie probierczym
- Skrzynki zamontowano w korytarzu szynowym

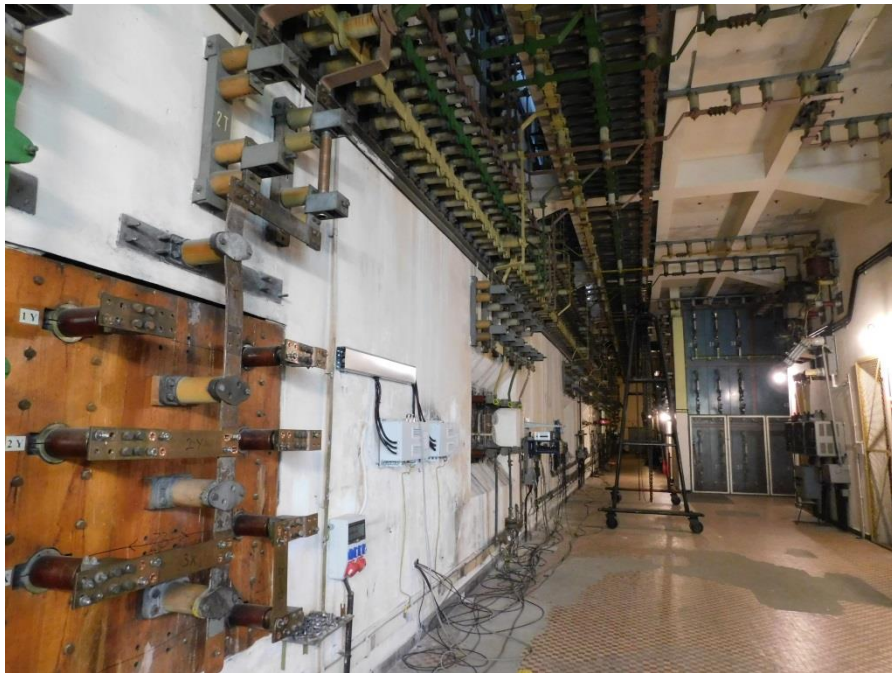
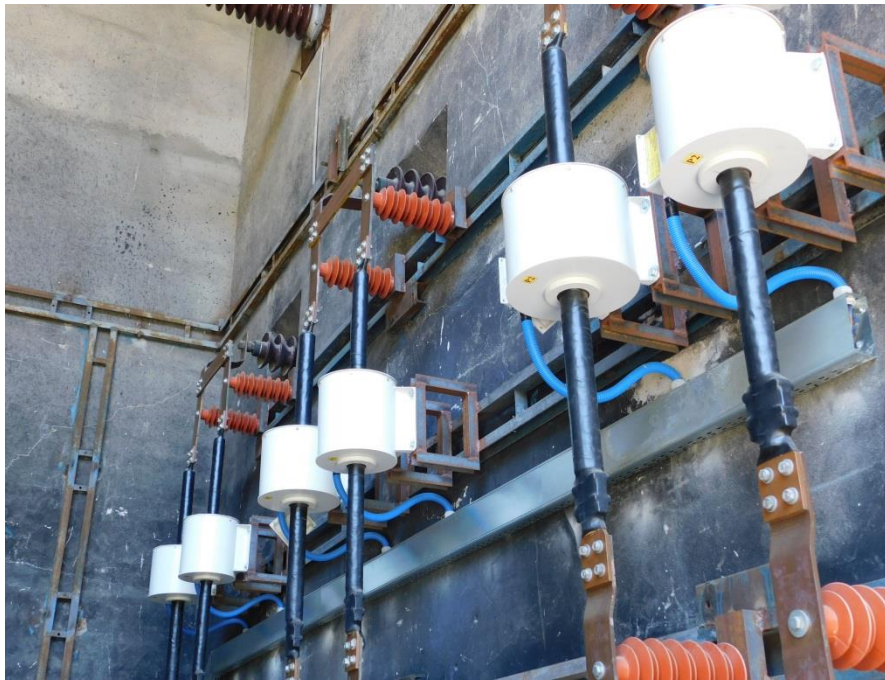
OPIS KONSTRUKCJI PRZEKŁADNIKÓW

Przekładnik typu PL-30/E-1



Przekładnik typu PL-30/E-2







TRANSFORMEX® *Warszawa*

Przekładnik prądowy PPZw-30
do badania prądów zwarciovych

NF: 04/2016

Znamionowe napięcie izolacji	30 kV
Znamionowe napięcie probiercze izolacji 50Hz	70 kV
Znamionowy prąd pierwotny	1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50* kA
Znamionowy prąd wtórny	2 - 5 A
Stała czasowa zanikania składowej bezokresowej prądu zwarciovego	do 200 ms
Moc znamionowa	20 VA
Klasa dokładności	0,2**

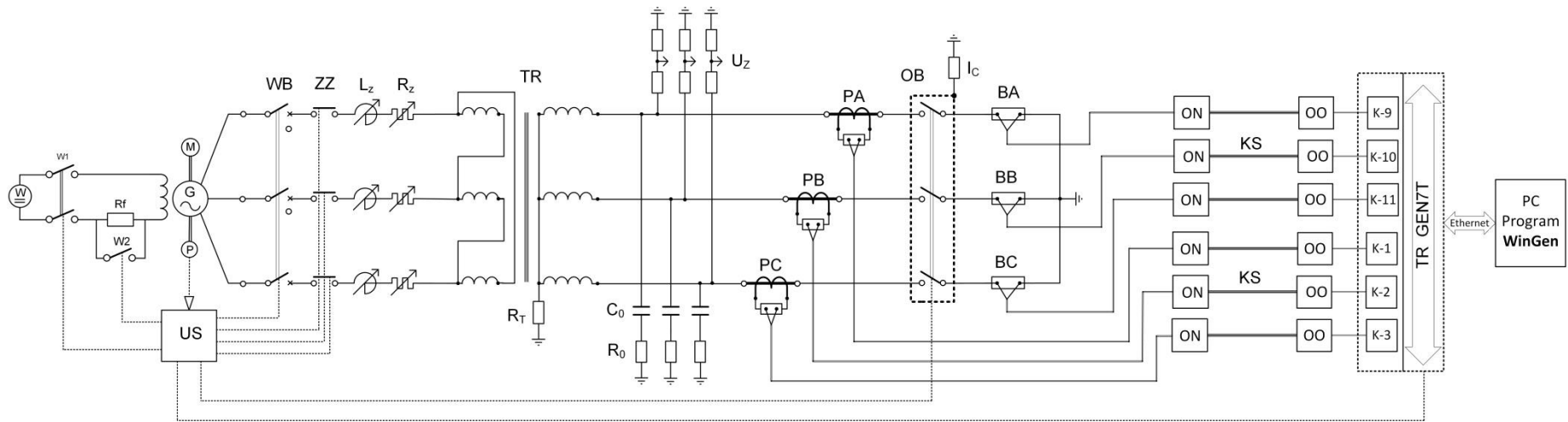
* Wartość krótkotrwała -15 minutowa
 ** wg PN-EN 61869-2:2013-06 p. 5.6.201.3

Masa przekładnika ca. 480 kg

PN-EN 61869-2:2013-06 *Made in Poland*

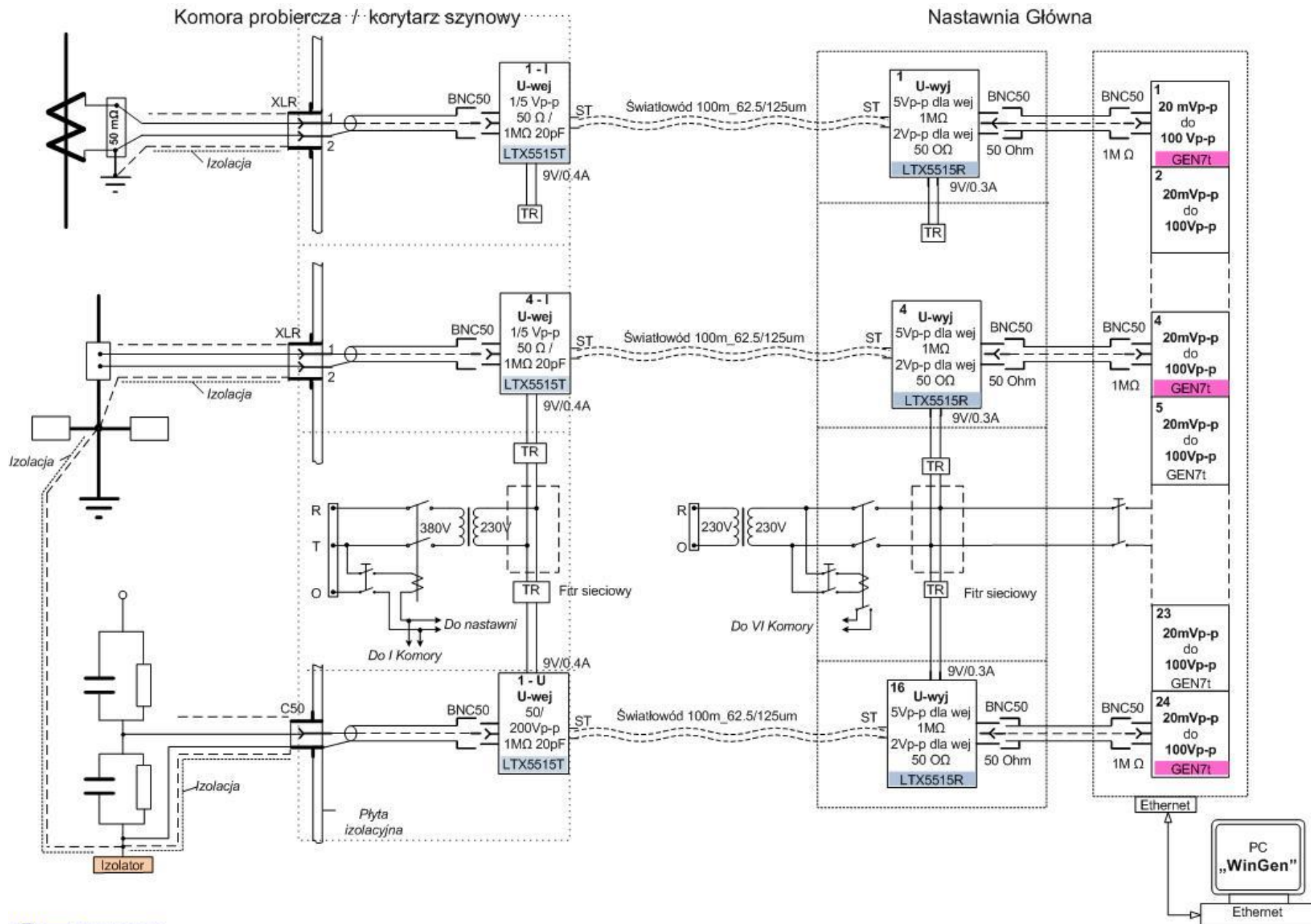


UKŁAD BADAWCZY I POMIAROWO REJESTRUJĄCY



G – generator zwarciový o mocy 31,5MVA (500MVA) lub 100MVA (2500MVA), **M** – silnik generatora, **P** – „pilot generator”, **W** – wzbudnica generatora, **Rf** – zespół rezystorów w obwodzie wzbudzenia, **W1**, **W2** – wyłączniki w obwodzie wzbudzenia, **WB** – wyłącznik bezpieczeństwa, **ZZ** – załączniki zwarciový, **Rz** – zespół regulowanych rezystorów, **Lz** – zespół regulowanych dławików, **TR** – zespół trzech transformatorów zwarciových 3x33,3MVA (3x750 MVA), **Ro**, **Co** – układ do regulacji parametrów napięcia powrotnego, **BA**, **BB**, **BC** - boczniki koncentryczne WSM-6000 - Hilo-Test, **PA**, **PB**, **PC** – przekładniki prądowe PL-30/E-1, PL-30/E-2 – Transformex, **Uz** – dzielniki WN, **US** – urządzenie sterujące próbą i pomiarami. **OB** – obiekt badany, **Ic** – indykator prądu, **ON** – nadajnik optoelektroniczny, **OO** – odbiornik optoelektroniczny, **KS** – kabel światłowodowy, **TR-GEN7t** - Transient Recorder typu GEN7t-2 GENESIS rejestrator (14-16 bit, 25MHz, RAM 200 MB/kanal), **PC** komputer z oprogramowaniem WinGen.

UKŁAD POMIAROWO REJESTRUJĄCY



WYNIKI BADAŃ

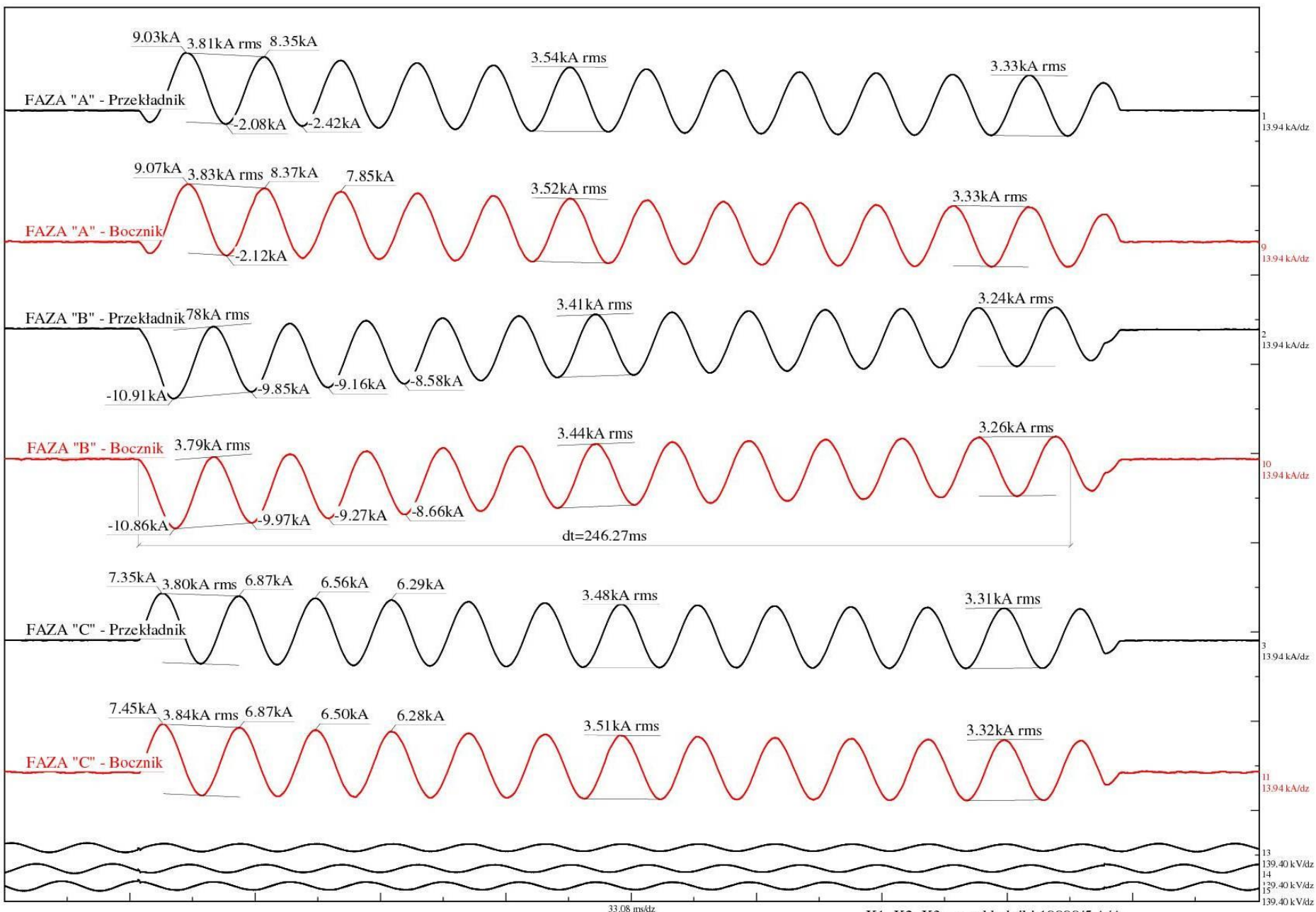
Wykonano ponad 20 prób w układzie 3-fazowym dla :

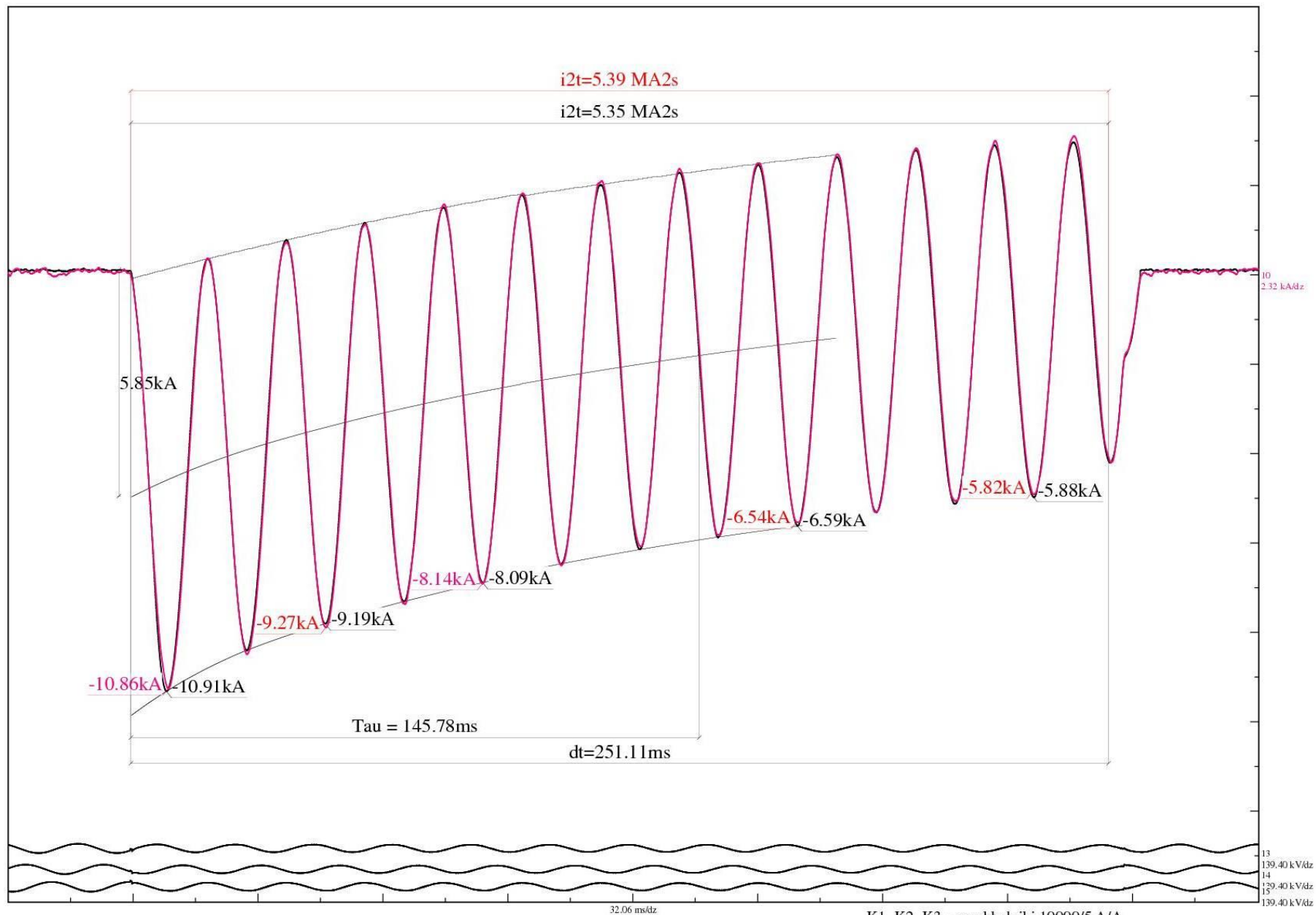
- różnych przekładników
- różnych zakresów przekładników
- różnych stałych czasowych obwodu oraz
- różnych prądów probierczych

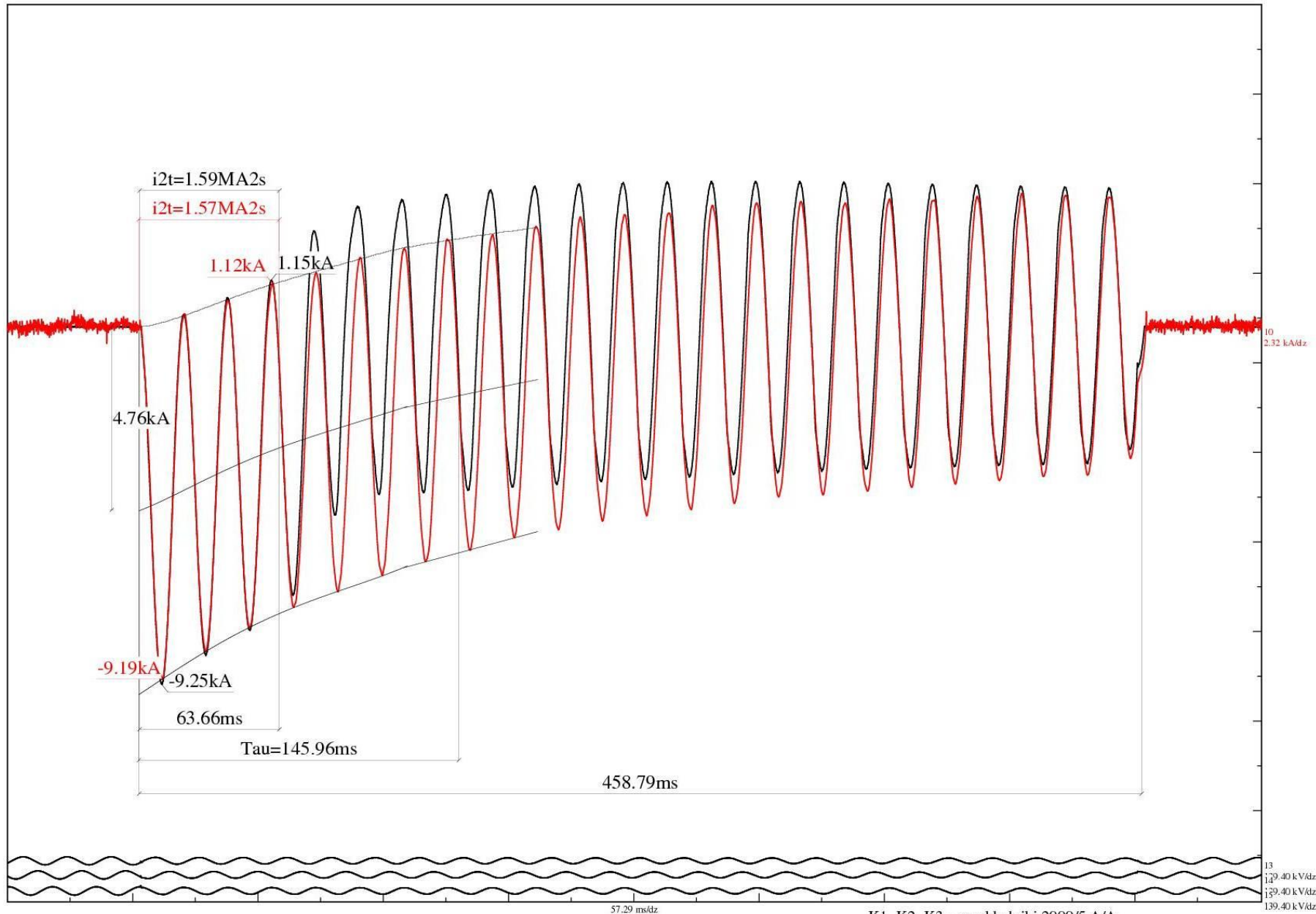
Dokonano pomiarów następujących wielkości:

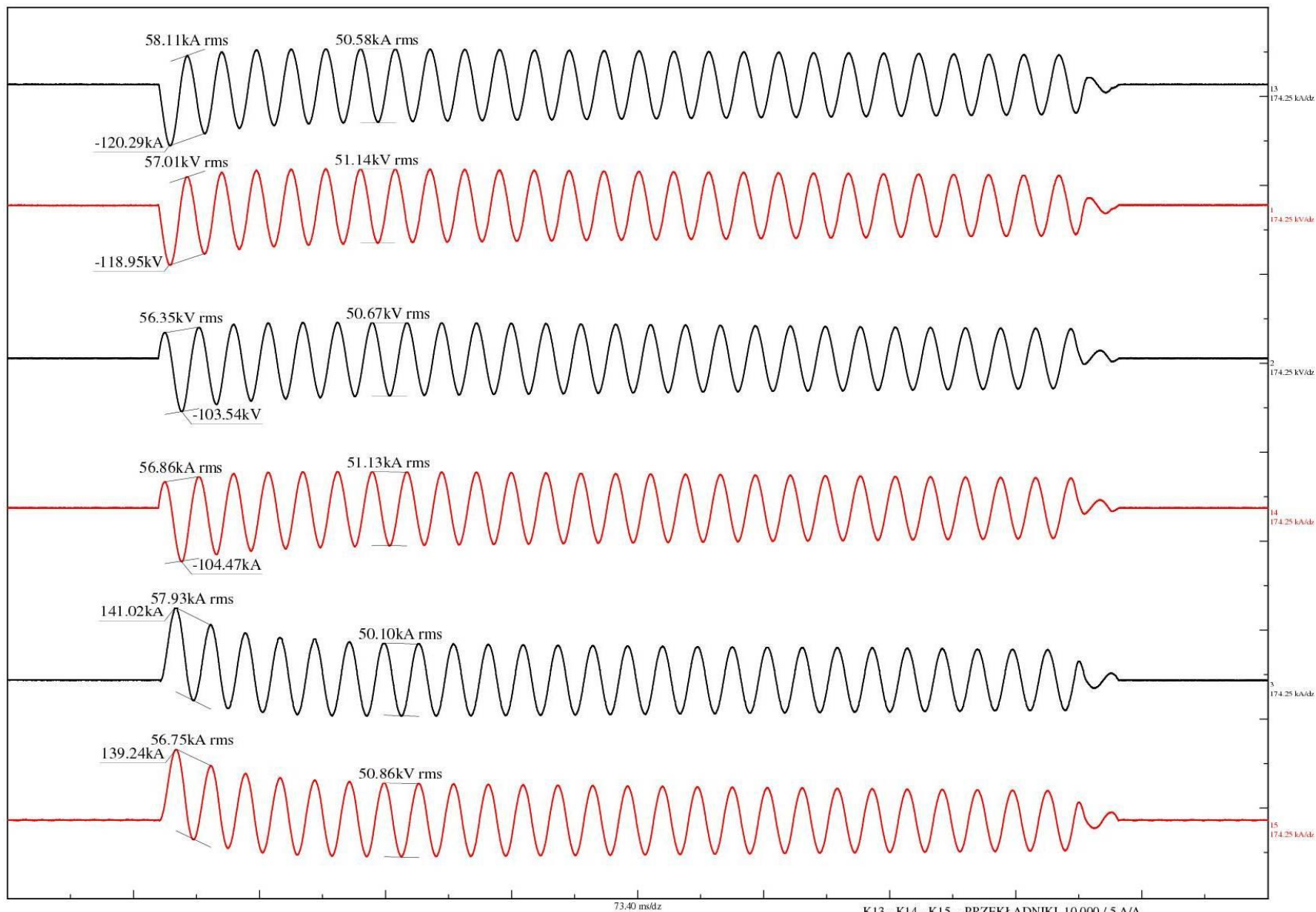
- współczynnik udaru (k)
- wartość skuteczna prądu symetrycznego (i_1)
- wartość początkowa prądu asymetrycznego (I_{do})
- wartość i^2t

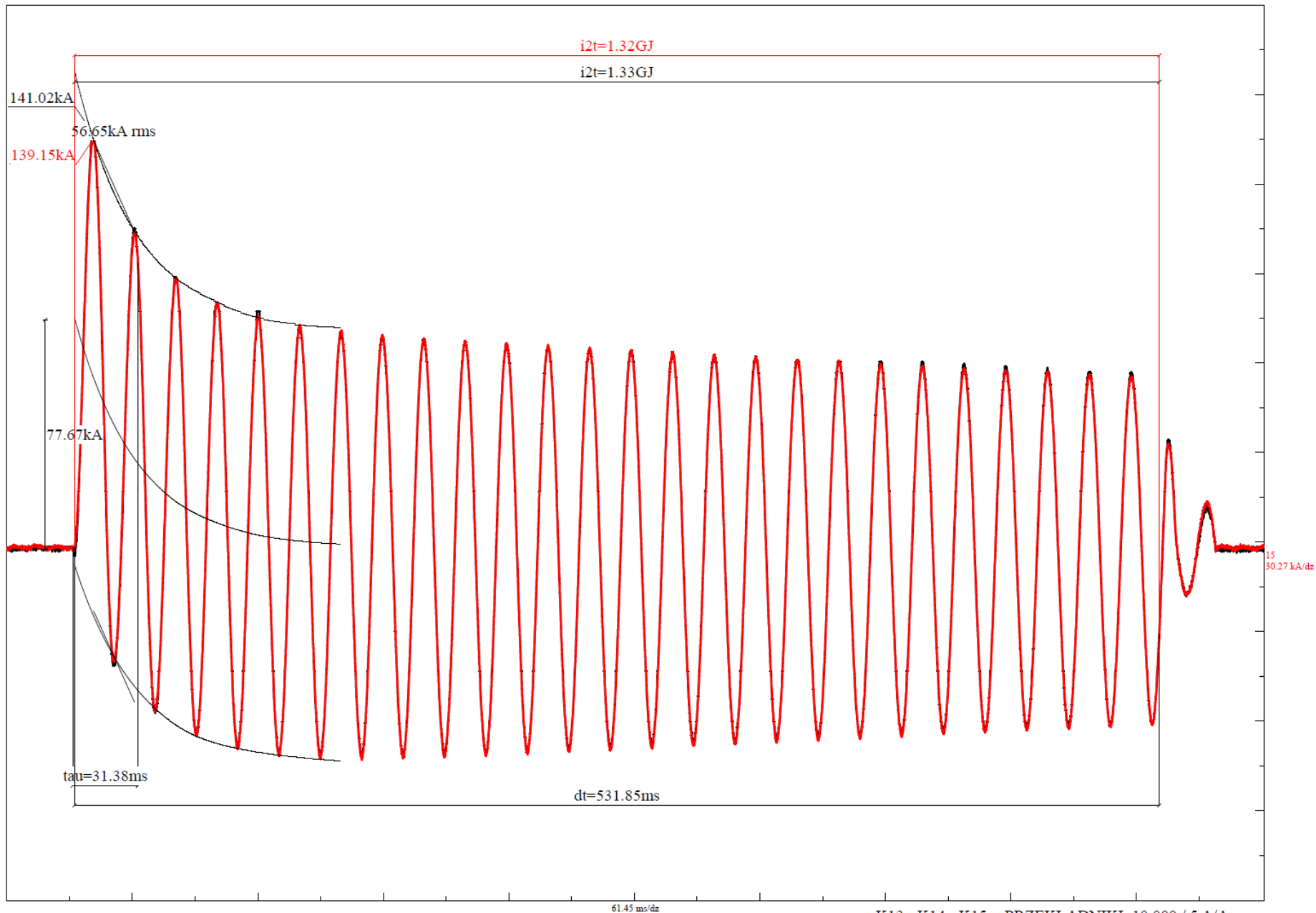
Wybrane oscylogramy











Zestawienie wybranych wyników pomiarów

Stała czasowa obwodu $T = 146 \text{ ms}$.

Przekładnik **PL –30/E-2**

<i>Mierzona wielkość</i>	Zakres 2 kA.			Zakres 10 kA		
	Oscylogram nr 96264			Oscylogram nr 96255		
	Przekładnik	Bocznik	Błąd [%]	Przekładnik	Bocznik	Błąd [%]
Wartość szczytowa I_p	9,19 kA	9,25 kA	0,65	10,91 kA	10,86 kA	0,46
Wartość skuteczna i_1	3,22 kA	3,25 kA	0,93	3,77 kA	3,79 kA	0,26
Współczynnik udaru k	2,863	2,846	0,59	2,886	2,885	0,73
Wartość i^2t	1,59 MA ² s	1,57 MA ² s	1,26 ^{*)}	5,35 MA ² s	5,39 MA ² s	0,75
Wartość początkowa składowej nieokresowej I_{d0}	4,80 kA	4,76 kA	0,83	5,83 kA	5,85 kA	0,35

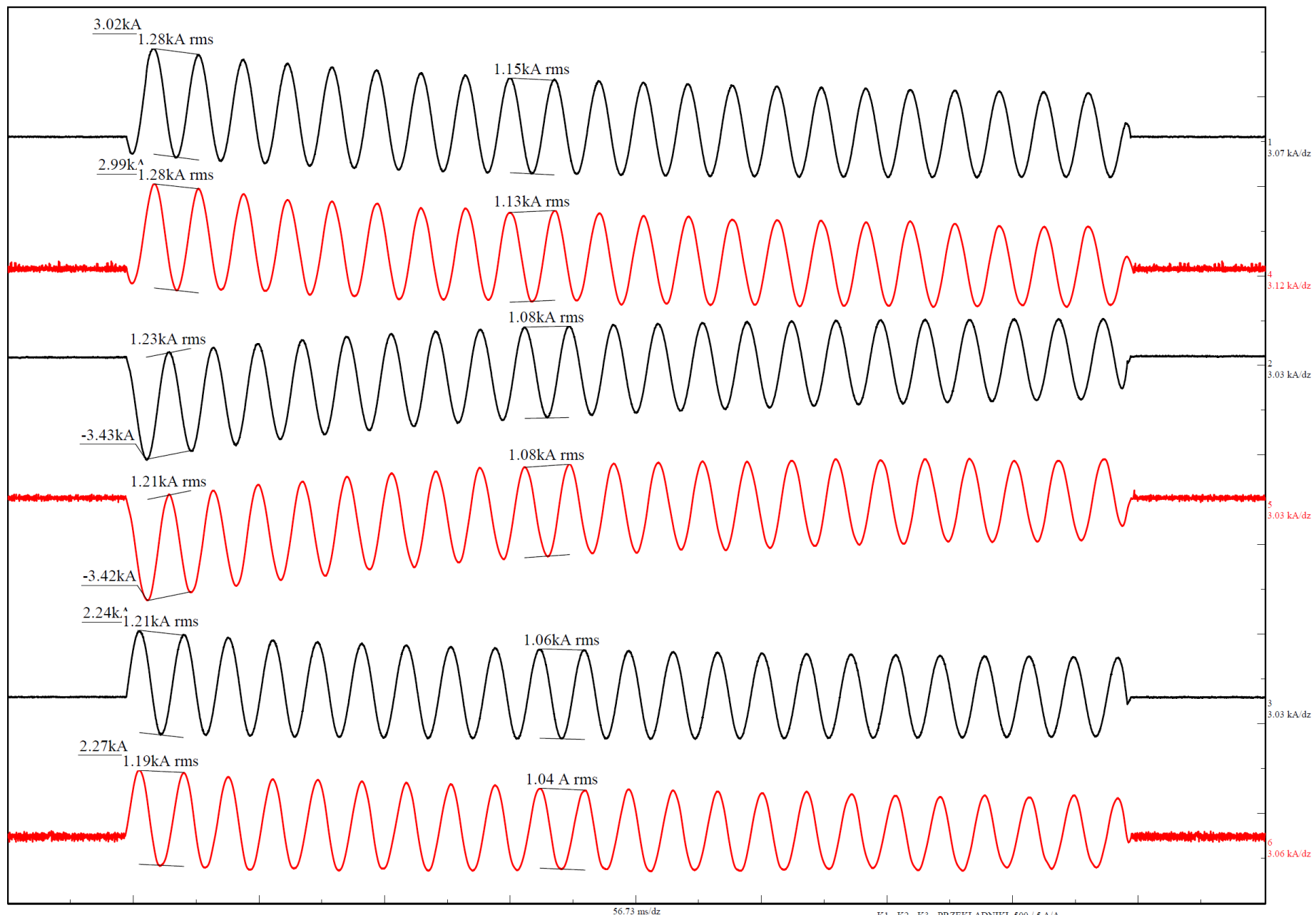
x^{*)} wartość wyznaczona dla czasu $t = 63 \text{ ms}$

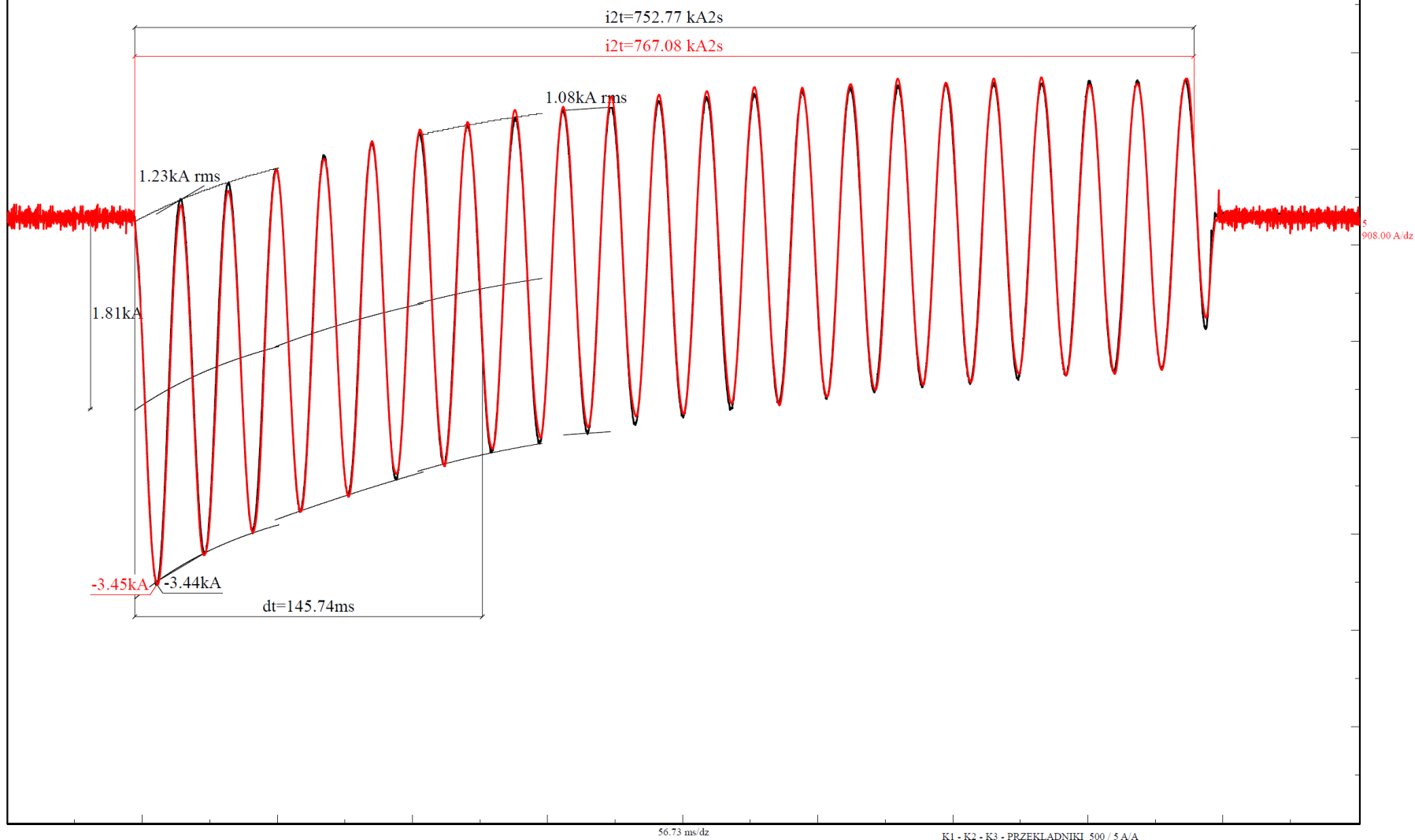
Zestawienie wybranych wyników pomiarów

Stała czasowa obwodu $T = 32 \text{ ms}$. Prąd maksymalny

Przekładnik **PL –30/E-2**

<i>Mierzona wielkość</i>	Zakres 10kA.		
	Oscylogram nr 96554		
	Przekładnik	Bocznik	Błąd [%]
Wartość szczytowa I_p	141,02 kA	139,24 kA	1,26
Wartość skuteczna i_1	57,93 kA	56,95 kA	1,72
Współczynnik udaru k	2,434	2,453	0,80
Wartość i^2t	1,33 GA ² s	1,32 GA ² s	0,75
Wartość początkowa składowej nieokresowej I_{d0}	77,67 kA	76,76 kA	1,18



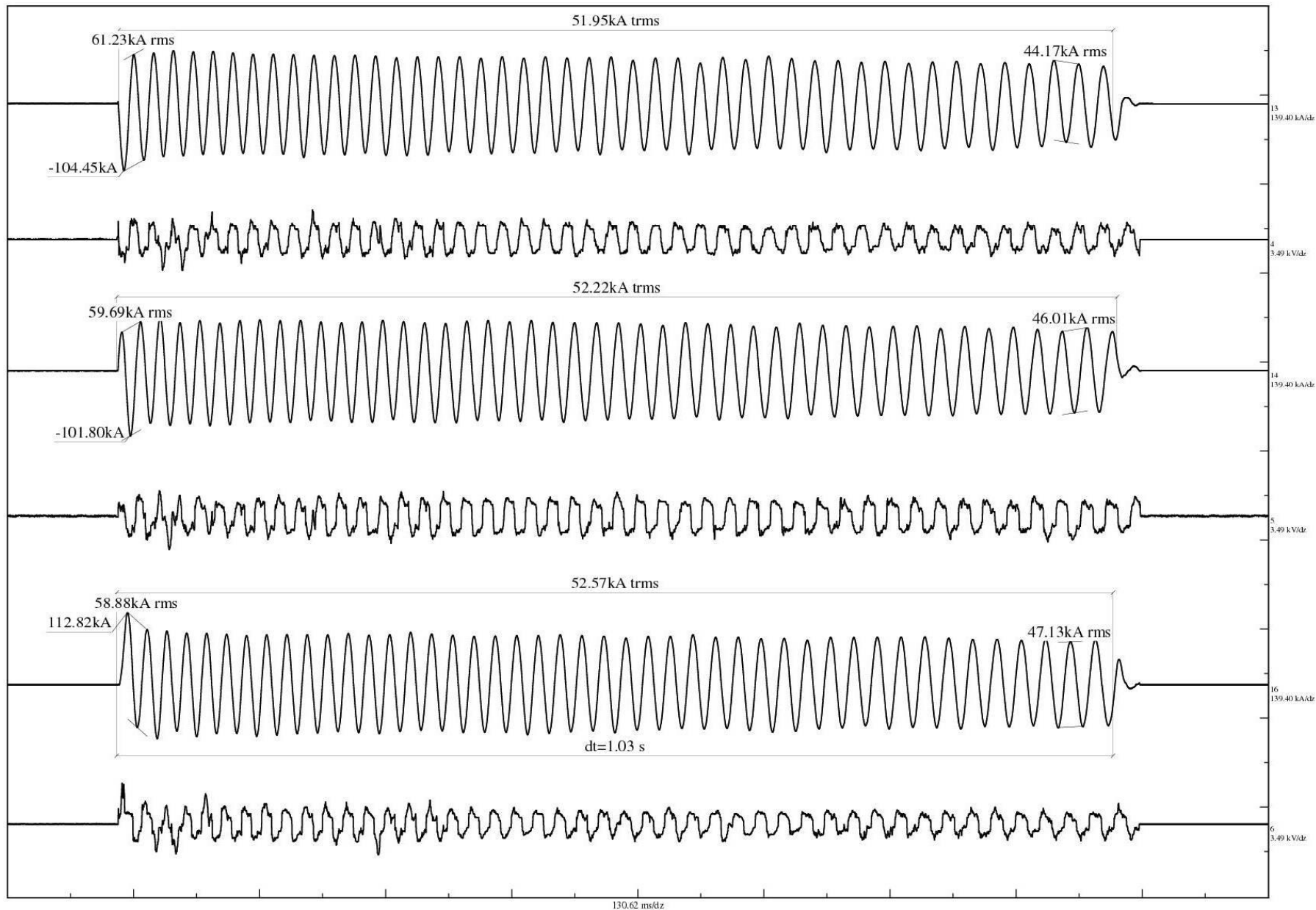


Zestawienie wybranych wyników pomiarów

Stała czasowa obwodu $T = 145 \text{ ms}$.

Przekładnik **PL –30/E-1**

<i>Mierzona wielkość</i>	Zakres 500 A		
	Oscylogram nr 96261		
	Przekładnik	Bocznik	Błąd [%]
Wartość szczytowa I_p	3,44 kA	3,45kA	0,29
Wartość skuteczna i_1	1,23 kA	1,21 kA	1,65
Współczynnik udaru k	2,797	2,851	1,93
Wartość i^2t	752,77 kA ² s	761,08 kA ² s	1,10
Wartość początkowa składowej nieokresowej I_{d0}	1,81 kA	1,84 kA	1,65



LABORATORIUM BADAWCZE
APARATURY ROZDZIELCZEJ
WARSZAWA

Data: 2019-04-15 14:09:51

Oscylogram Nr: 96537

Oscylogram z realnej próby łukowej - pomiar prądu przekładnikami

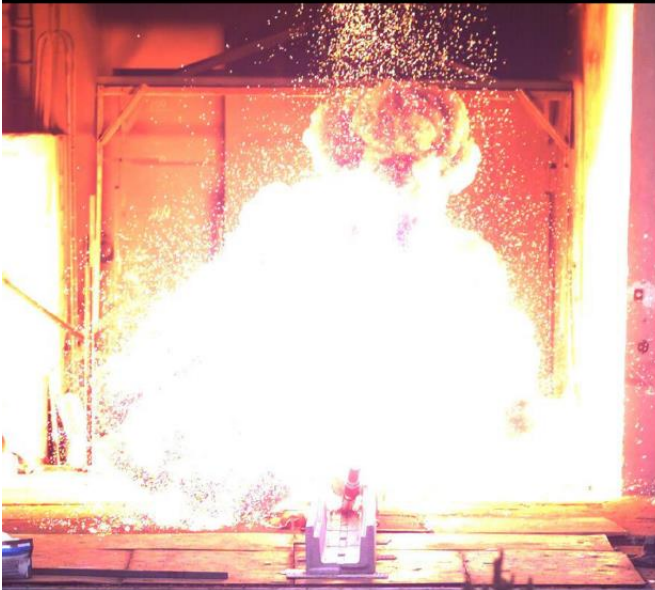
Photron FASTCAM SA-X2 typ...
2000 fps 1/2001 sec 896 x 896
Start frame : 716 +00:00:00.3580
Date : 2015/1/22 Time : 00-1 Kabel 2 OSC 90051 22
KA



Photron FASTCAM SA-X2 typ...
2000 fps 1/2001 sec 896 x 896
Start frame : 1006 +00:00:00.5480
Date : 2015/1/22 Time : 00-1 Kabel 2 OSC 90051 22
KA



Photron FASTCAM SA-X2 typ...
2000 fps 1/2001 sec 896 x 896
Start frame : 1696 +00:00:00.8480
Date : 2015/1/22 Time : 00-1 Kabel 2 OSC 90051 22
KA



Photron FASTCAM SA-X2 typ...
2000 fps 1/2001 sec 896 x 896
Start frame : 2696 +00:00:01.3480
Date : 2015/1/22 Time : 00-1 Kabel 2 OSC 90051 22
KA



Rozwój zwarcia łukowego na kablu 132 kV - *ciekawostka ?*

WNIOSKI KOŃCOWE

- Przeprowadzane badania i pomiary prądu zwarcowego w laboratorium zwarcowym IEL, za pomocą wielozakresowych przekładników prądowych, potwierdziły poprawność rejestracji przebiegów w granicach założonych parametrów.
- Układ pomiarowy został wdrożony i jest eksploatowany.
- Poprawiły się parametry eksploatacyjne Zwarciowni Instytutu Elektrotechniki, wzrosła jakość wykonywanych pomiarów, zdecydowanie skrócił się czas przygotowania układów probierczych do badań

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

Kontakt

Michał BABIUCH Instytut Elektrotechniki, ul. Pożaryskiego 28, 04-703 Warszawa
tel.: 604 579 722 e-mail: m.babiuch@iel.waw.pl

Jan OLAK Transformex sp. z o.o. ul. Jachtowa 5, 04-965 Warszawa
tel.: 502 360 346 e-mail: janolak@transformex.pl



LABORATORIUM BADAWCZE
APARATURY ROZDZIELCZEJ

TRANSFORMEX

