

Poprawa niezawodności pracy maszyn wirnikowych poprzez wykorzystanie diagnostyki WNZ



Michał Słodkiewicz

Regional Sales Manager

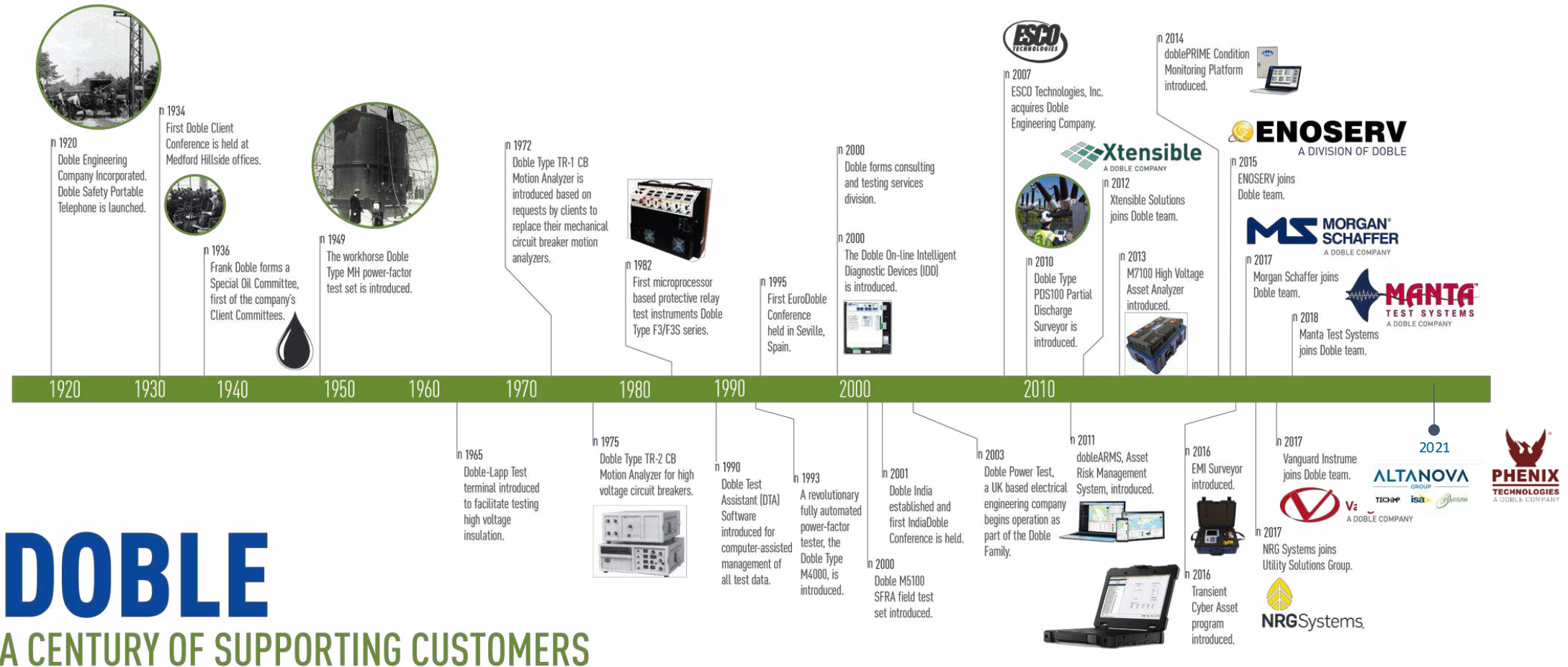
mslodkiewicz@doble.com



Doble Engineering



Historia



DOBLE

A CENTURY OF SUPPORTING CUSTOMERS



Rozwiązania

- Aparatura do pomiarów off-line & on-line
- Zawansowane systemy monitoringu
- Usługi



Doble Engineering



Aparatura do pomiarów off-line & on-line



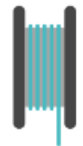
Transformatory



Wyłączniki



Rozdzielnice WN izolowane SF6



Kable ŚN/WN



Rozdzielnice ŚN/WN



Przekładniki prądowe/napięciowe



Przekaźniki zabezpieczeniowe



Baterie



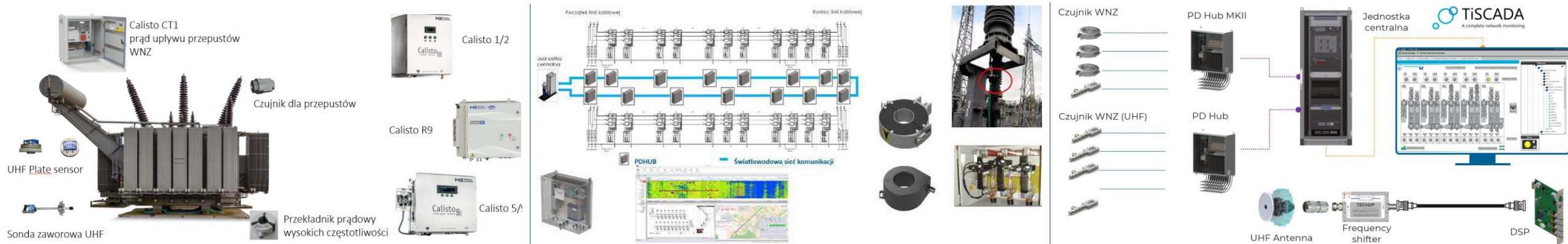
Maszyny wirnikowe



Linie napowietrzne WN



- Transformatory (DGA, przepusty, WNZ)
- Kable WN (WNZ, prądy żył powrotnych, DTS/DAS/RTTR*)
- Maszyny wirnikowe (WNZ)
- Rozdzielnice izolowane SF6 (WNZ)
- Rozdzielnice/ kable ŚN (WNZ)



Doble Engineering

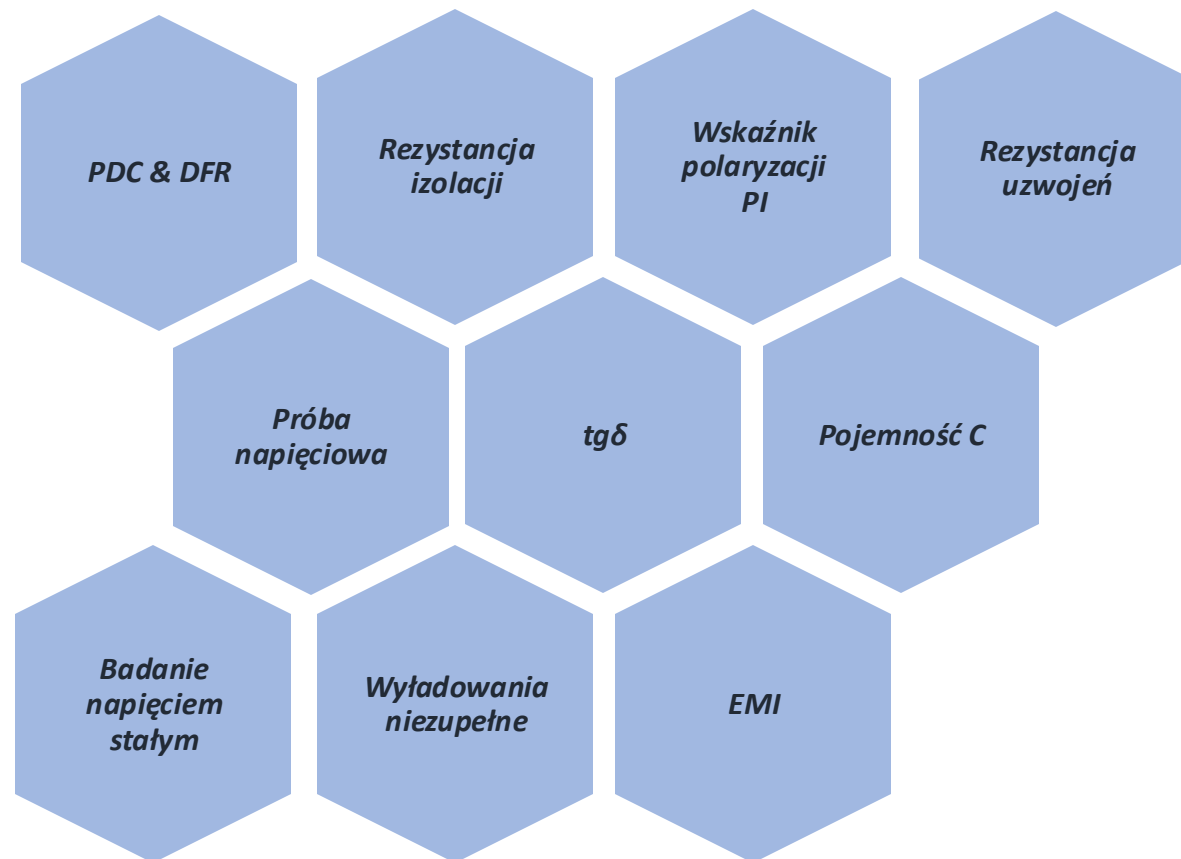


Usługi

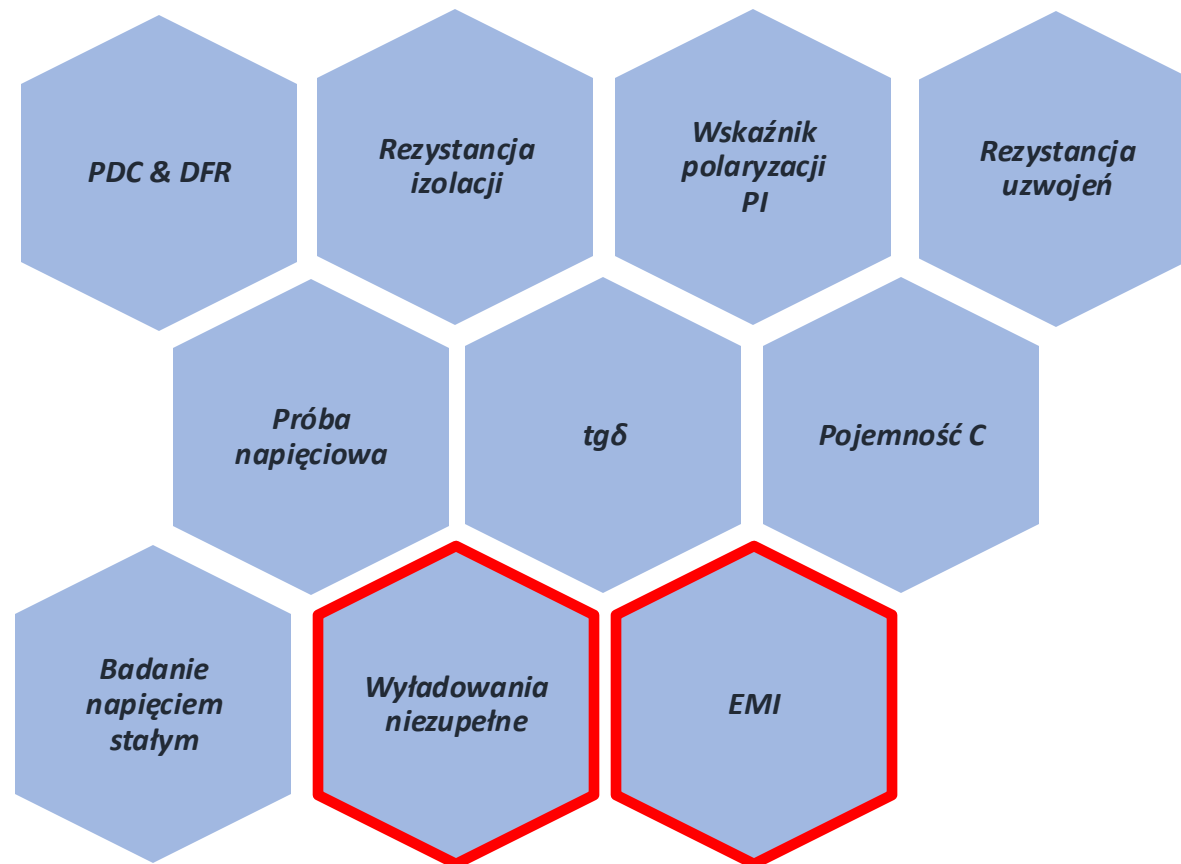
- Transformatory
(konsulting, świadkowanie FAT/SAT, badania & ocena stanu, badania pouszkodzeniowe)
- Kable
(konsulting, badania & uruchomienie, badania pouszkodzeniowe)
- Maszyny wirnikowe
(pomiar WNZ off-line/on-line, EMI, ocena stanu)
- Rozdzielnice WN izolowane SF6
(pomiar WNZ on-line, uruchomienie)
- Badania laboratoryjne
(materiał izolacyjny/właściwości dielektryczne cieczy)



Przykładowe metody pomiarowe stosowane
do diagnostyki maszyn wirnikowych



Przykładowe metody pomiarowe stosowane
do diagnostyki maszyn wirnikowych



Diagnostyka maszyn wirnikowych

Diagnostyka WNZ – normy/rekomendacje



IEC 60270:2000/AMD1 2015 (PN-EN 60270:2003)

High-voltage test techniques – Partial discharge measurements.

IEC 60034-27-2

Rotating electrical machines – Part 27-2: On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines.

TS 60034-27

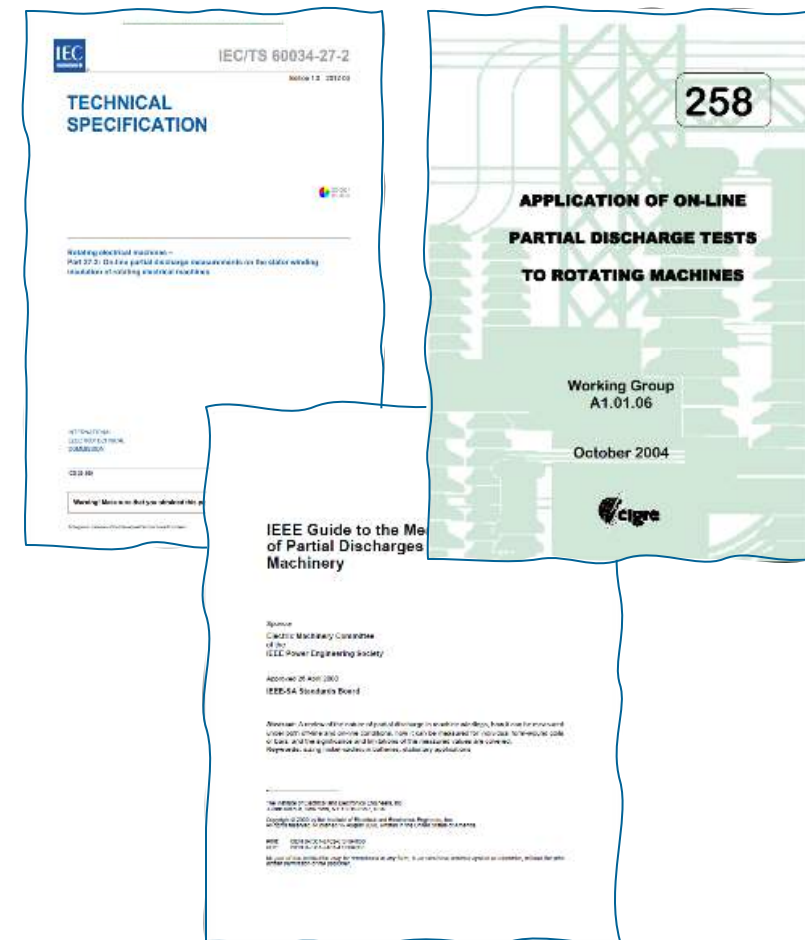
Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines.

IEEE 1434

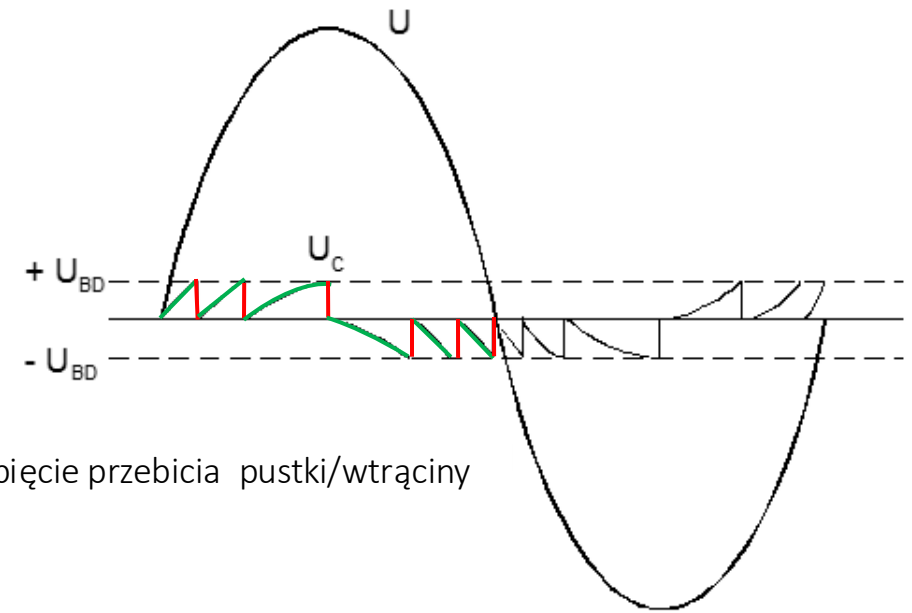
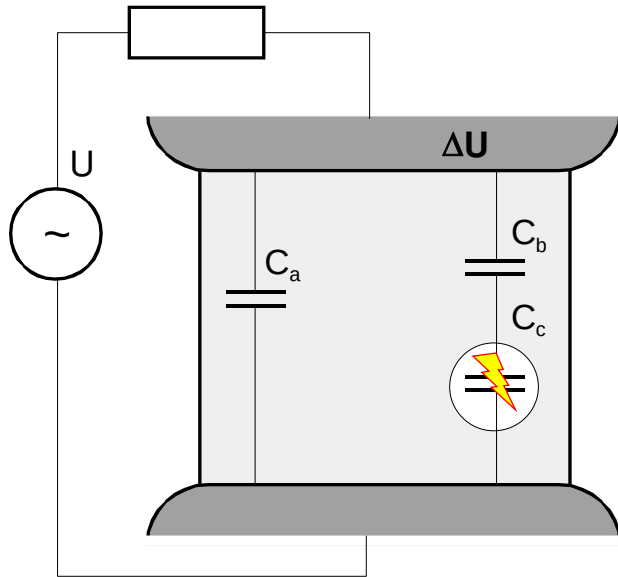
Guide for the Measurement of Partial Discharges in AC Electric Machinery.

CIGRE 258

Application of on-line partial discharge tests to rotating machines.



Wprowadzenie



U_{BD} - Napięcie przebicia pustki/wtrąciny

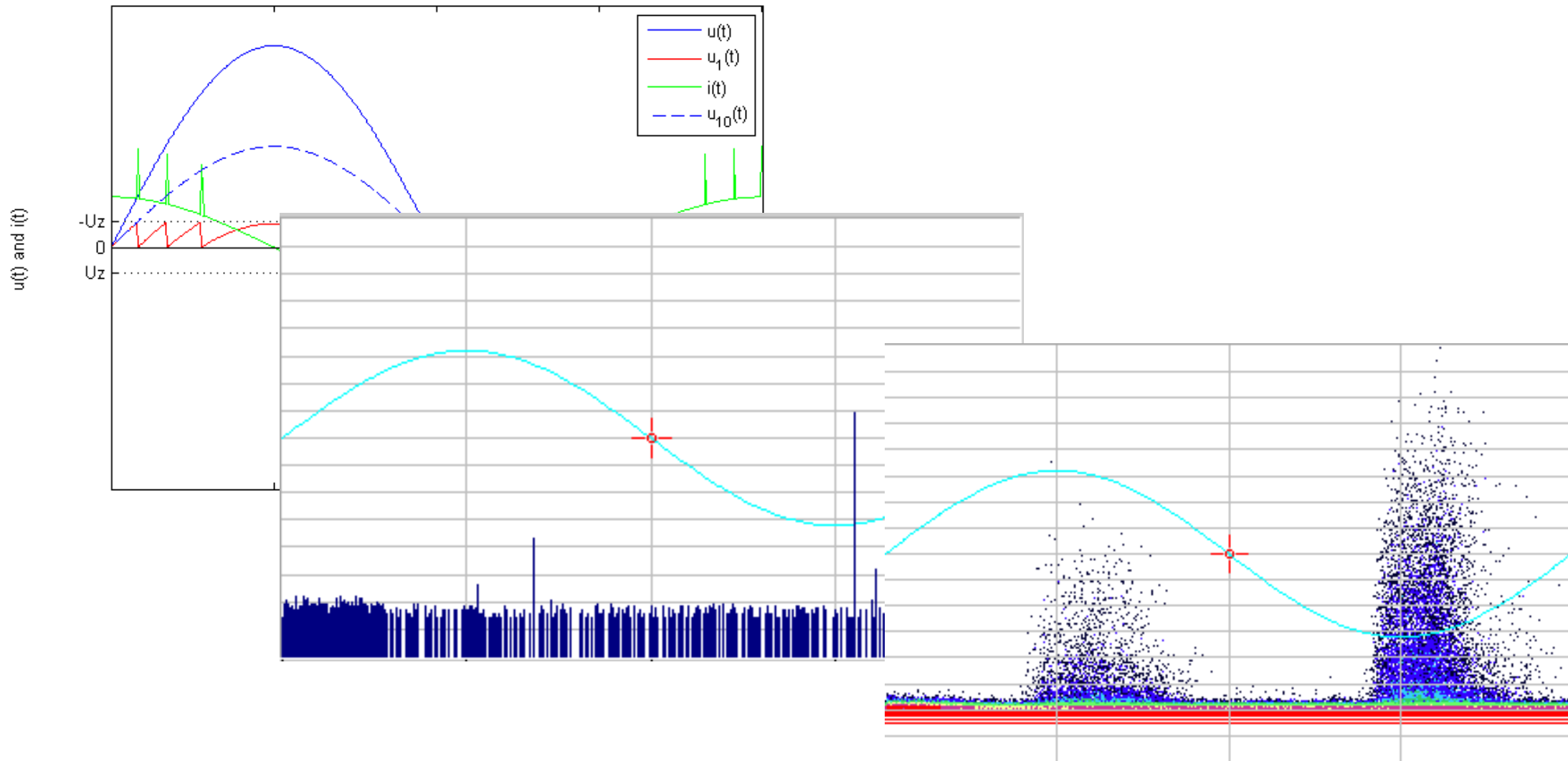
C_a - Pojemność izolacji stałej

C_b - Pojemność izolacji stałej szeregowej z pojemnością pustki/wtrąciny

C_c - Pojemność pustki/wtrąciny

U : Źródło napięcia

Wprowadzenie

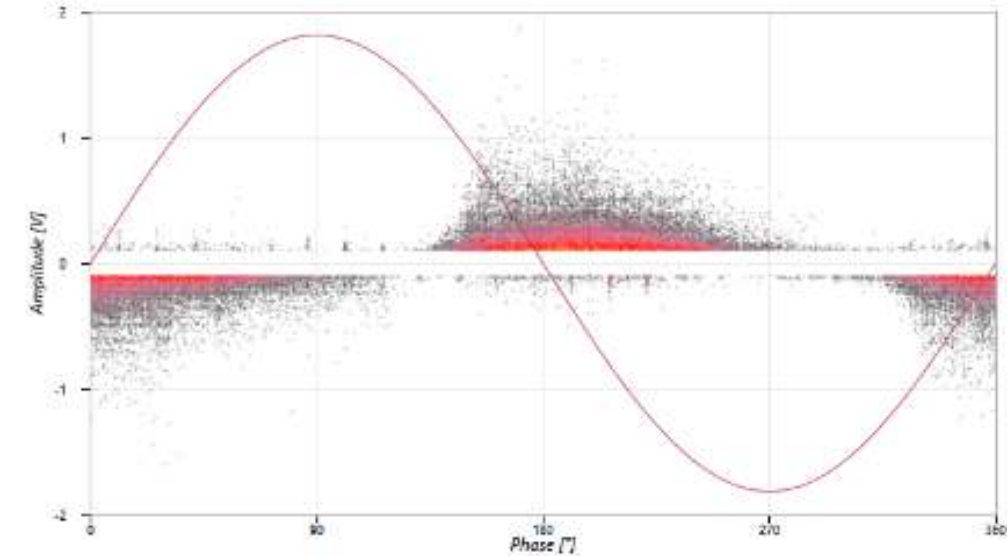
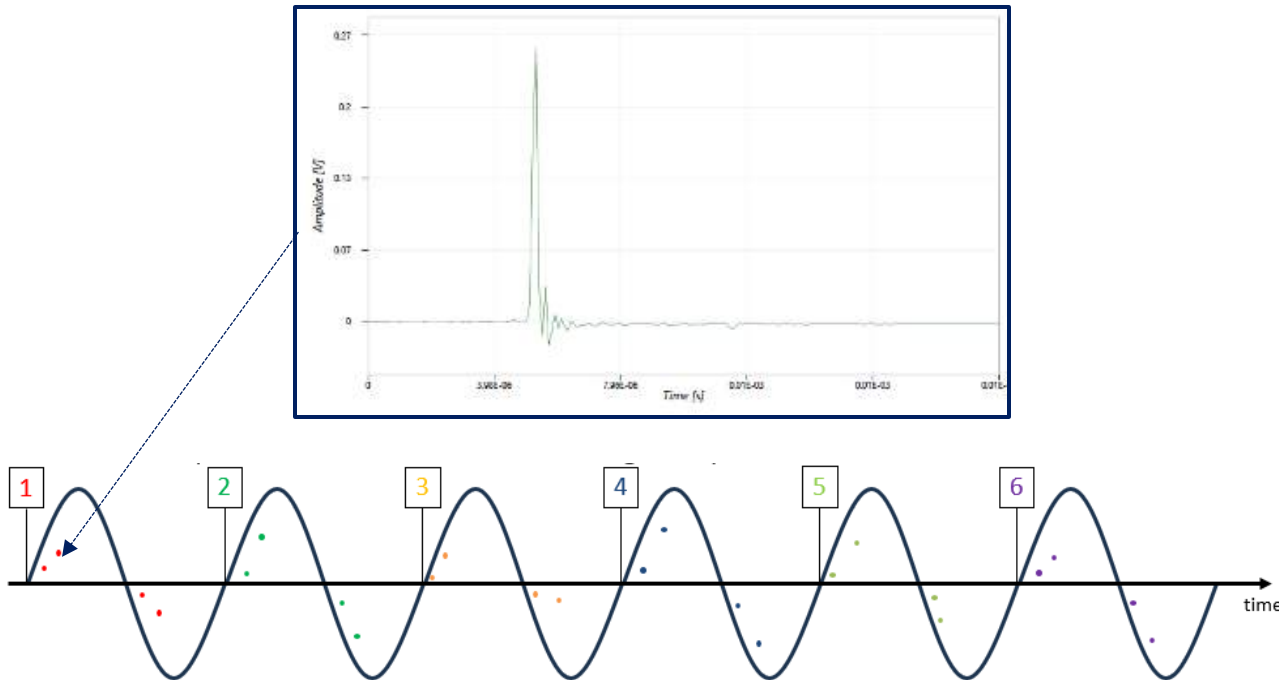


Diagnostyka WNZ - analiza



Sygnatura rozkładu fazowego zjawisk WNZ

- Amplituda impulsu
- Biegunowość zjawisk
- Kąt fazowy
- Intensywność



Phase Resolved Partial Discharge (PRPD) Pattern

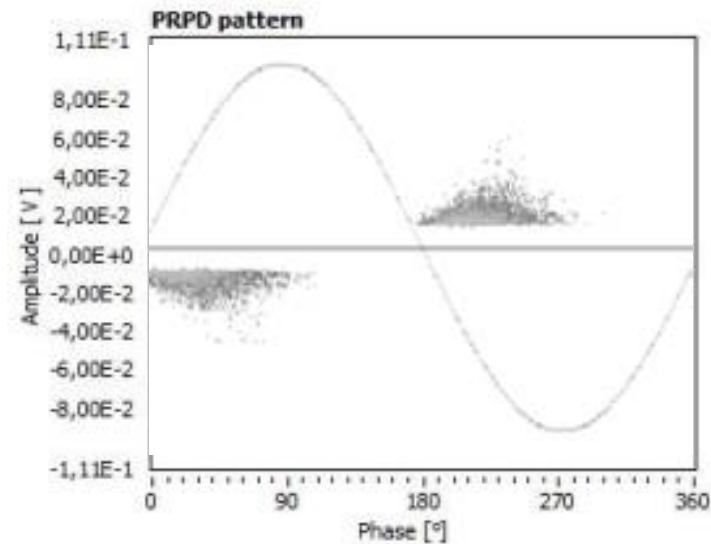
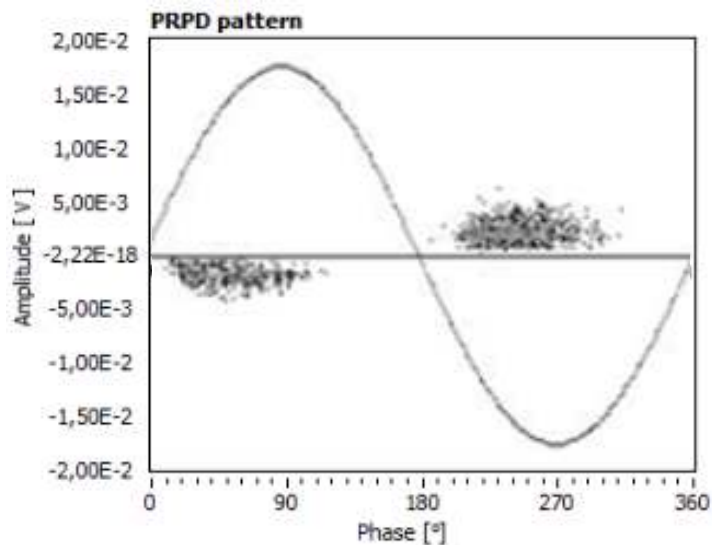
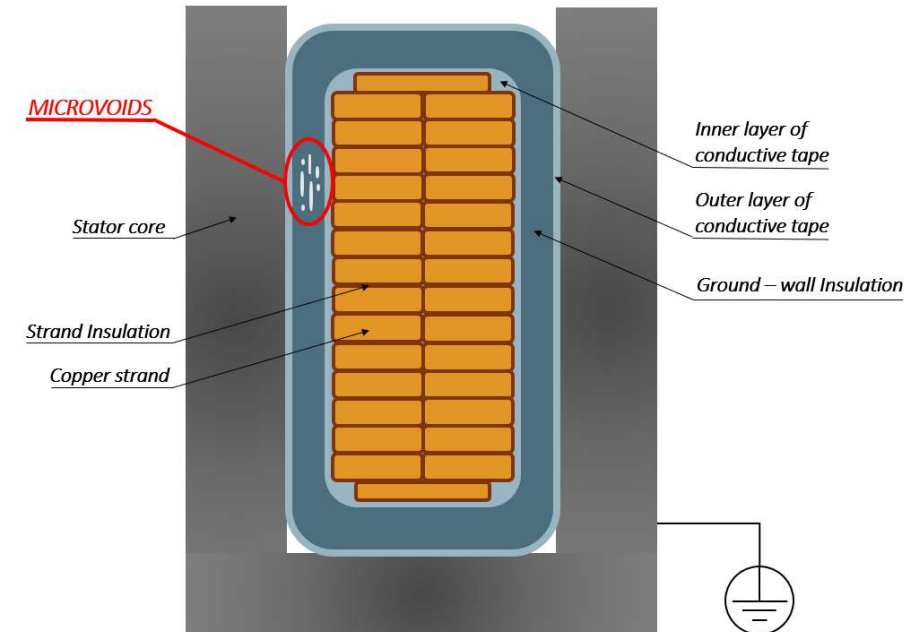
Analiza sygnatur PRPD

Wyładowania w pustkach izolacji stałej



Cechy charakterystyczne:

- Symetria sygnatur $WNZ+ = WNZ-$
- Rozpiętość kąta fazowego skupisk zjawisk $WNZ-$ standard
- Relatywnie niska amplituda
- Kształt owalny/trójkątny



Source: HVS, PD Tech

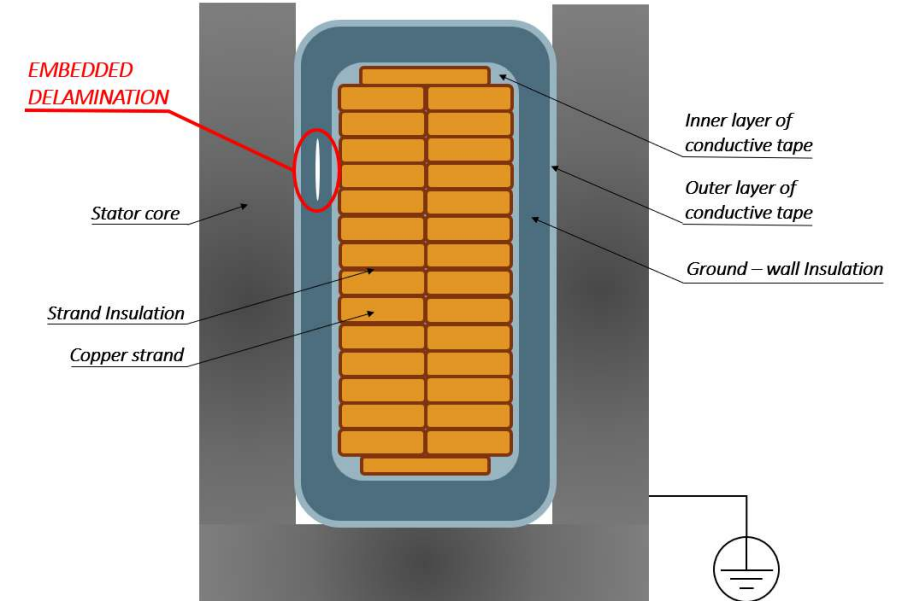
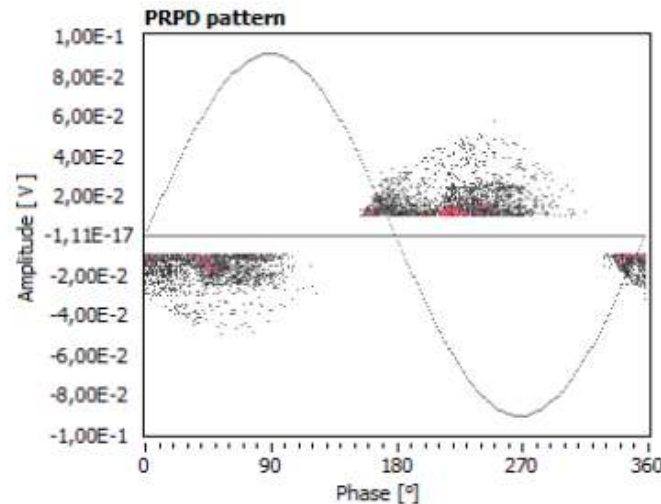
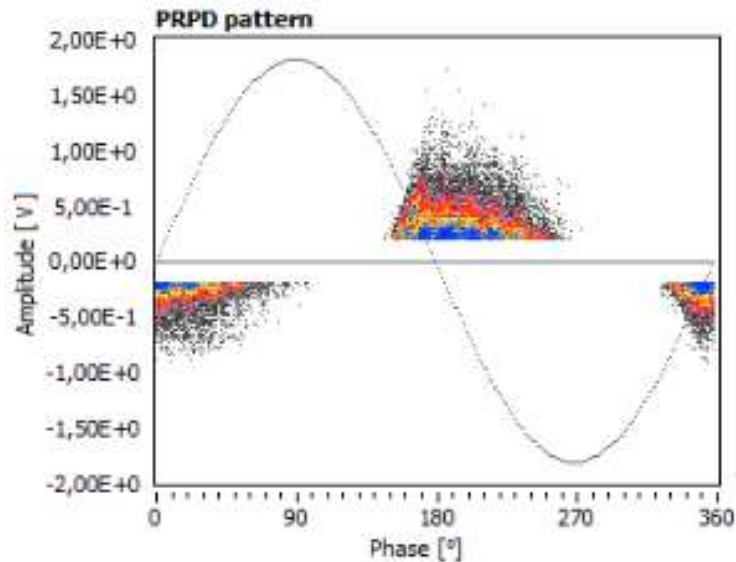
Analiza sygnatur PRPD



Wyładowania wewnątrz rozwarstwień w izolacji stałej

Cechy charakterystyczne:

- Symetria sygnatur WNZ+ vs WNZ-
- Rozpiętość kąta fazowego skupisk zjawisk WNZ- poszerzony
- Kształt trójkątny
- Rozpoczęcie przed przejściem napięcia przez zero



Source: HVS, PD Tech

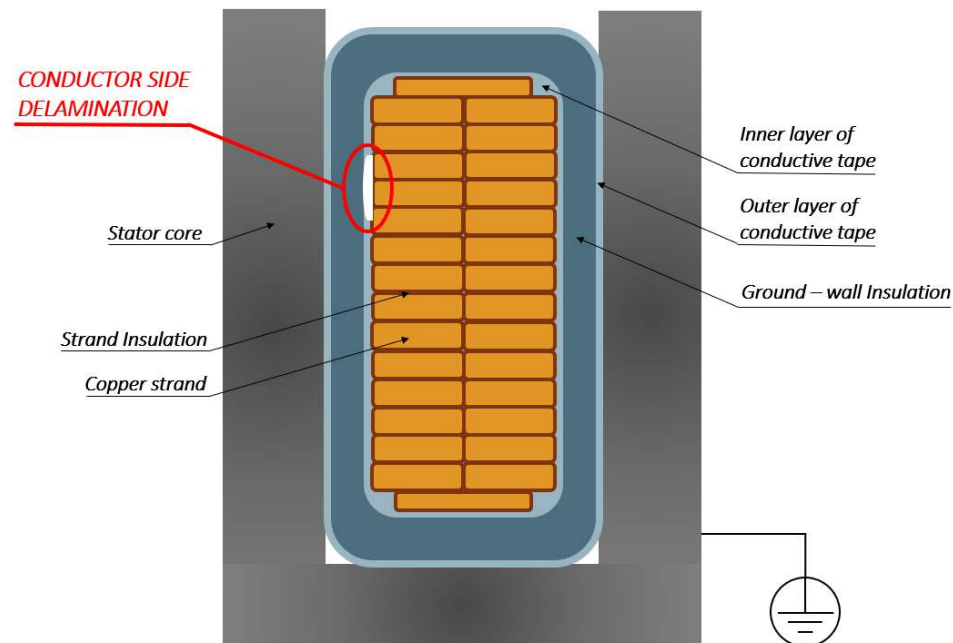
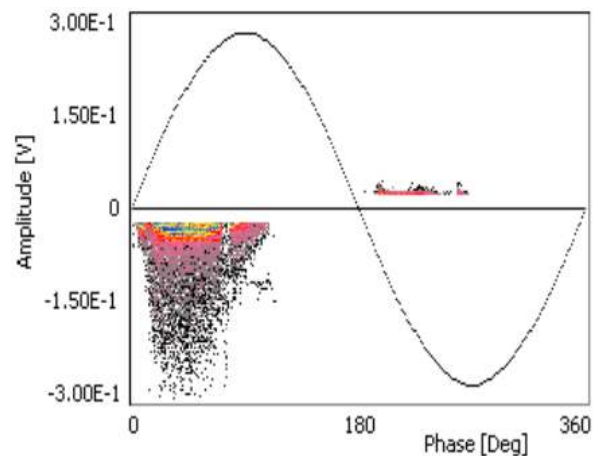
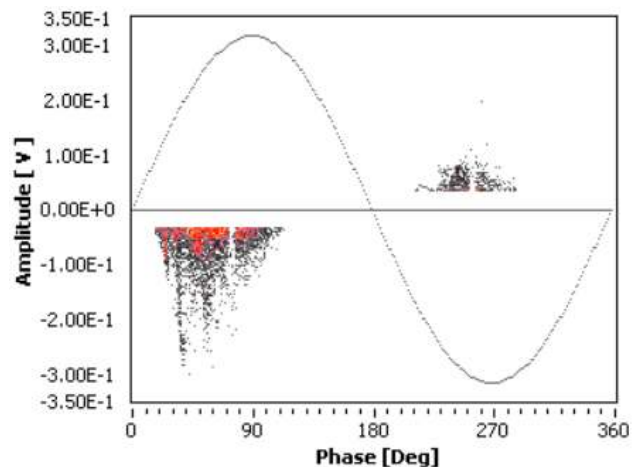
Analiza sygnatur PRPD



Wyładowania spowodowane rozwarstwieniem izolacji stałej po stronie uzwojeń

Cechy charakterystyczne:

- Asymetria WNZ - $\gg$ WNZ +
- Rozpiętość kąta fazowego skupisk zjawisk WNZ- standard
- Rozpoczęcie przed przejściem napięcia przez zero



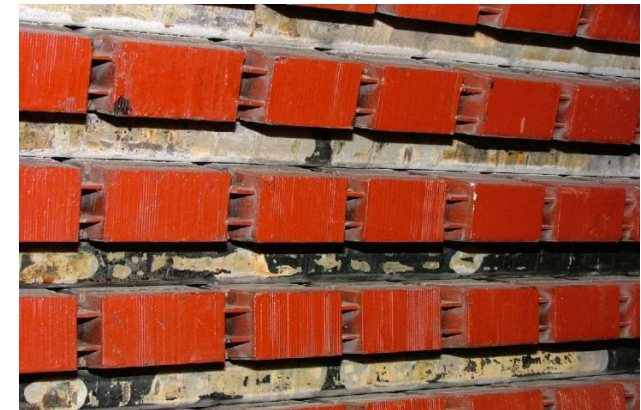
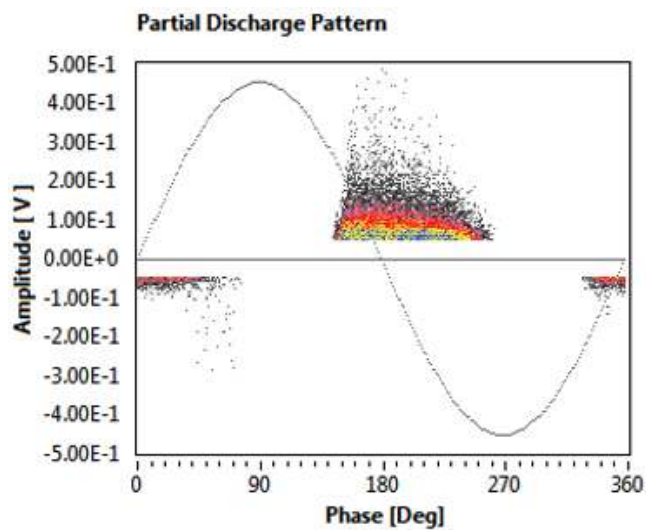
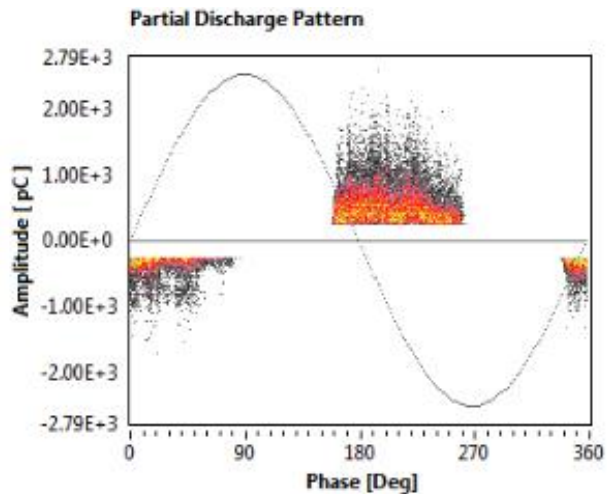
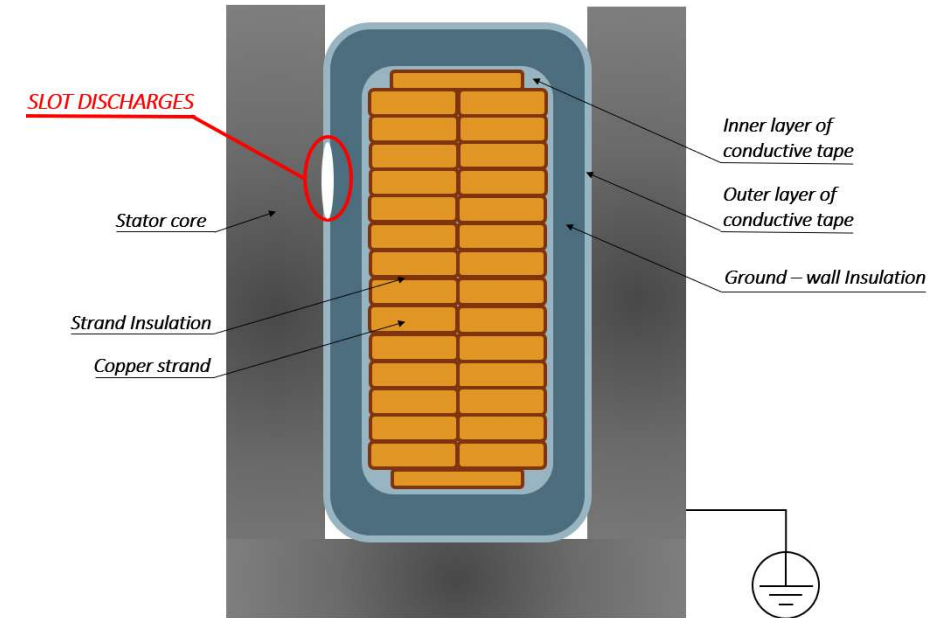
Source: HVS, PD Tech

Analiza sygnatur PRPD

Wyładowania w żłobkach

Cechy charakterystyczne:

- Asymetria $WNZ^+ \gg WNZ^-$
- Rozpiętość kąta fazowego skupisk zjawisk WNZ^- standard
- Rozpoczęcie przed przejściem napięcia przez zero
- WNZ^+ wartość max = przejście przez zero



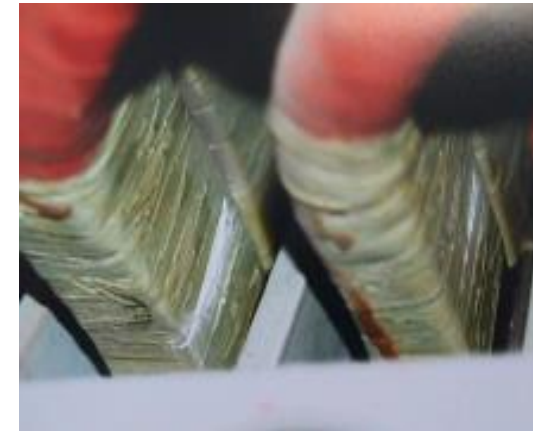
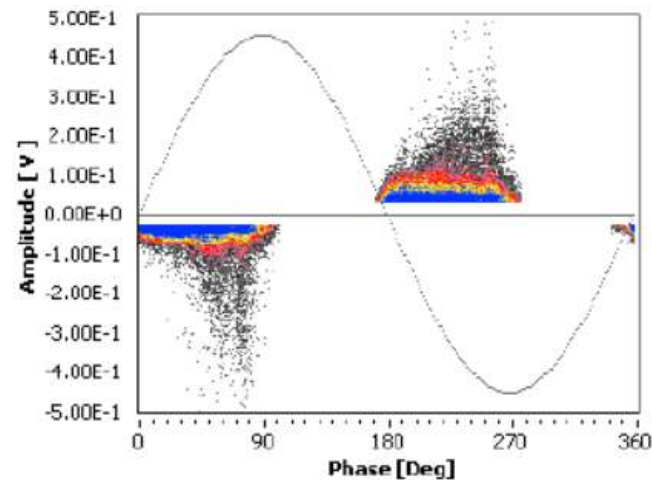
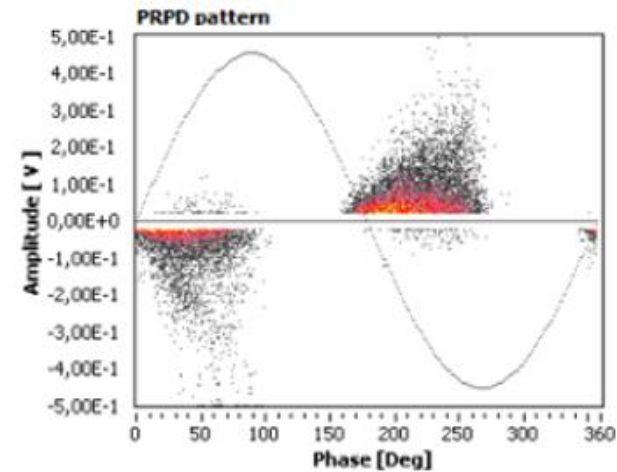
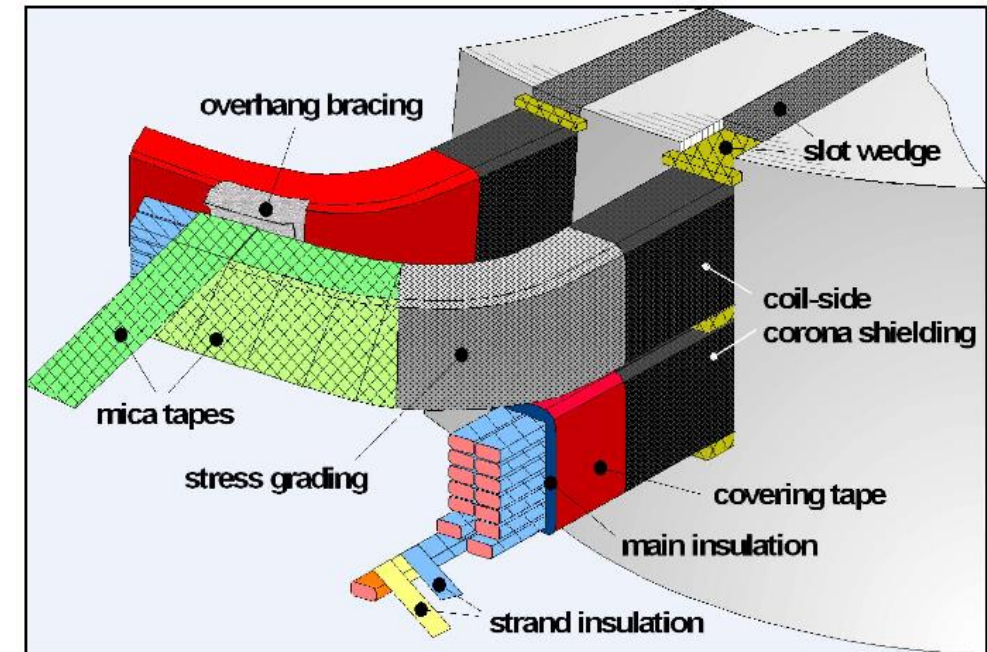
Analiza sygnatur PRPD



Wyładowania przy wyprowadzeniu uzwojeń ze żłobków

Cechy charakterystyczne:

- Asymetria $WNZ^+ > WNZ^-$
- Rozpiętość kąta fazowego skupisk zjawisk WNZ^- standard
- Kształt owalny



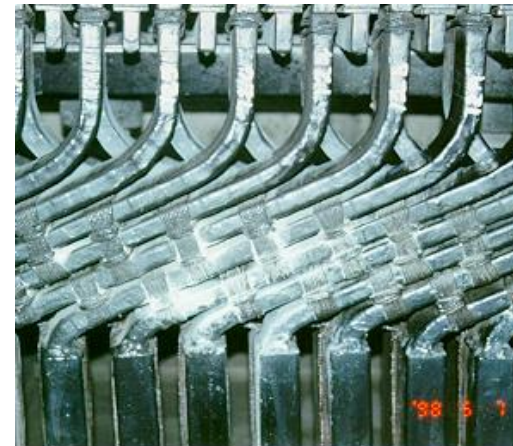
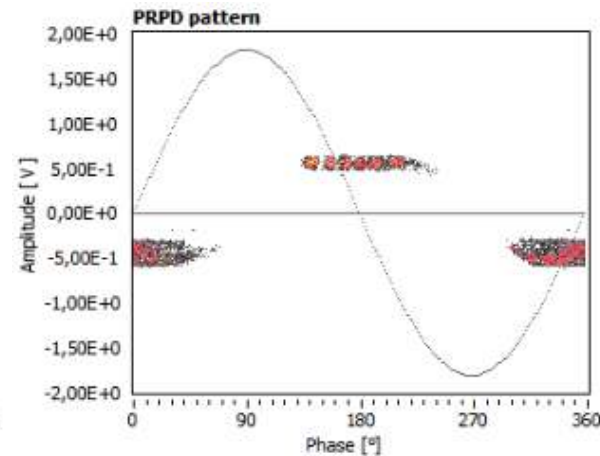
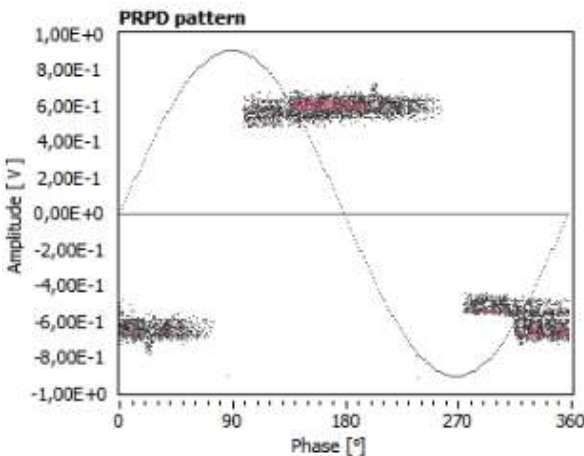
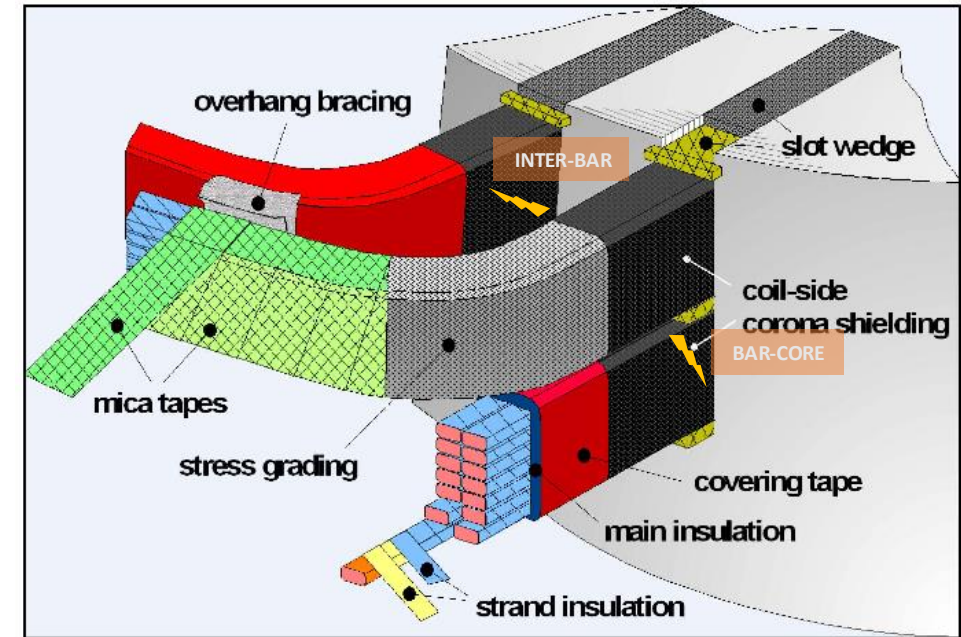
Analiza sygnatur PRPD



Wyładowania pręt-pręt lub pręt - element uziemiony

Cechy charakterystyczne:

- Symetria $WNZ^+ = WNZ^-$
- Wysoka intensywność WNZ
- Kształt poziome, podłużne skupiska zjawisk WNZ
- Występowanie przy przejściu napięcia przez zero
- Niepowiązane z poziomem wyzwalania



Diagnostyka WNZ

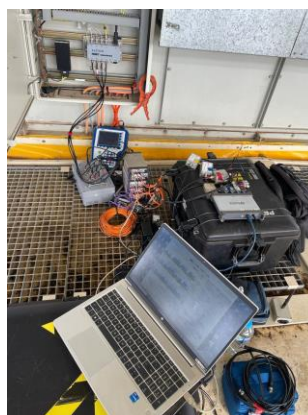
Maszyny wirnikowe



Pomiar wyładowań niezupełnych
off-line



Pomiar wyładowań niezupełnych
on-line
Pomiar okresowy



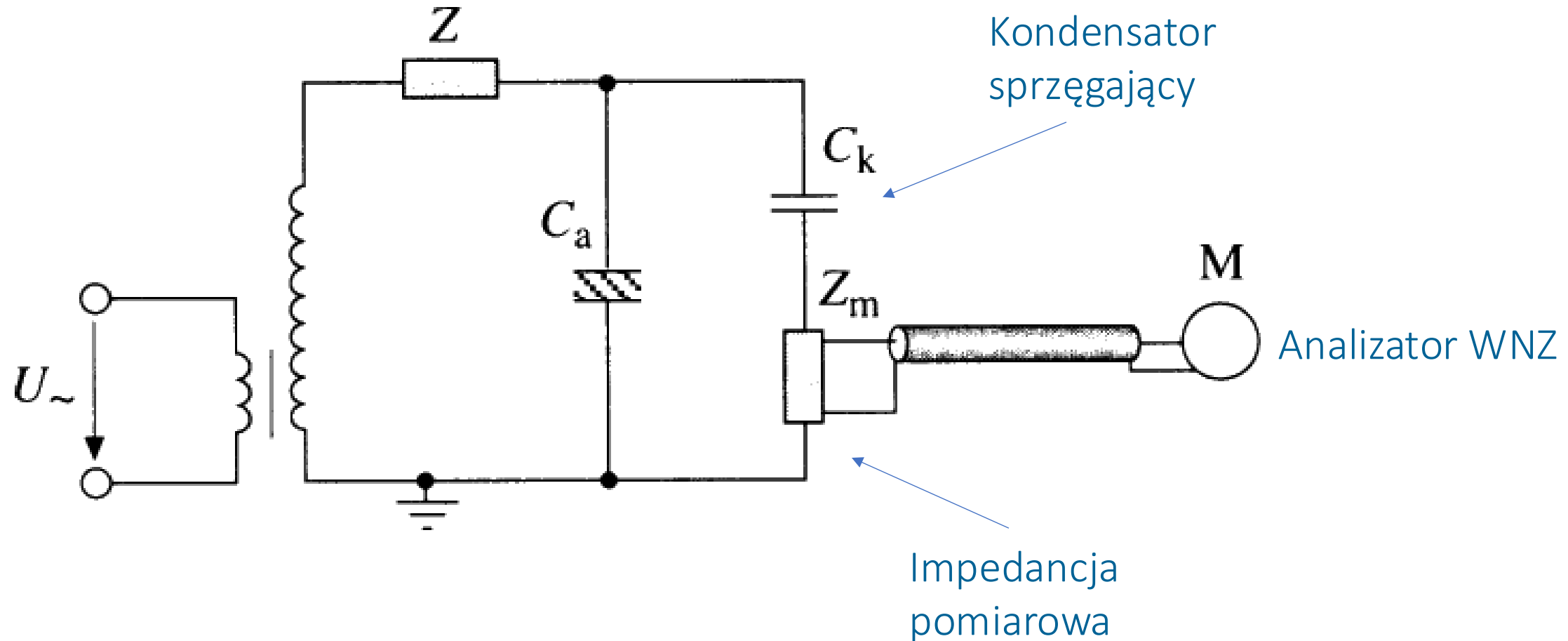
Monitoring wyładowań niezupełnych
Okresowy / stały



Pomiar WNZ metodą elektryczną



Pomiar zgodny z IEC 60270



Pomiar WNZ metodą elektryczną



Kondensatory sprzęgające

Kondensator sprzęgający 7,2kV 1000pF



- Rozwiązanie dla silników
- ergonomiczny nie wymaga dużej przestrzeni instalacyjnej

Kondensator sprzęgający 12/17/24 kV 1000pF/1200pF/2000pF



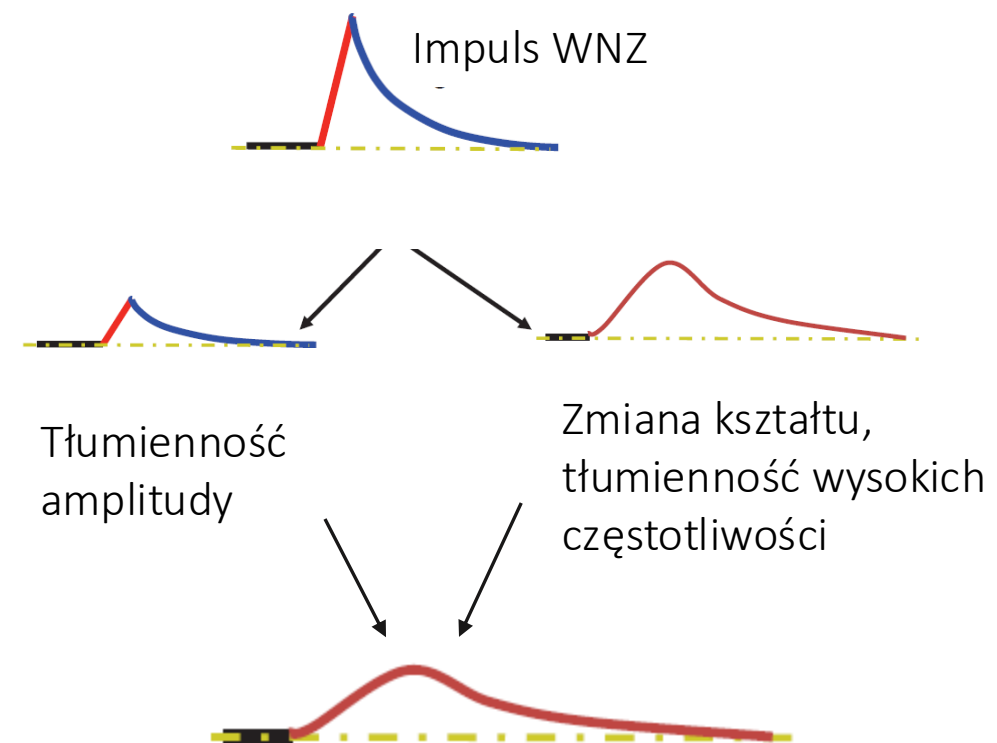
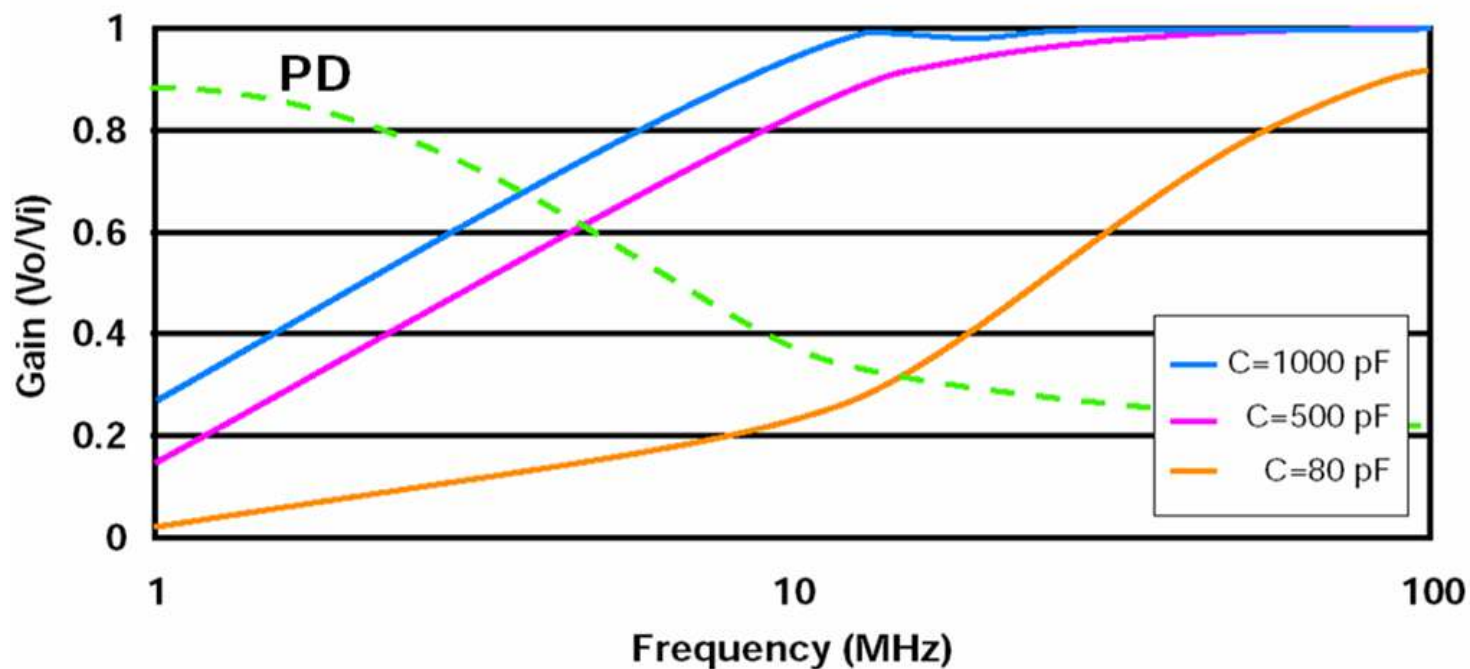
- 3 rodzaje w zależności od napięcia zasilania 12kV, 17,5 kV and 24kV.
- Pojemność pozwalająca na detekcje WNZ w uzwojeniach

Pomiar WNZ metodą elektryczną

Kondensatory sprzęgające



Widmo częstotliwościowe kondensatorów sprzęgających o różnej pojemnościach

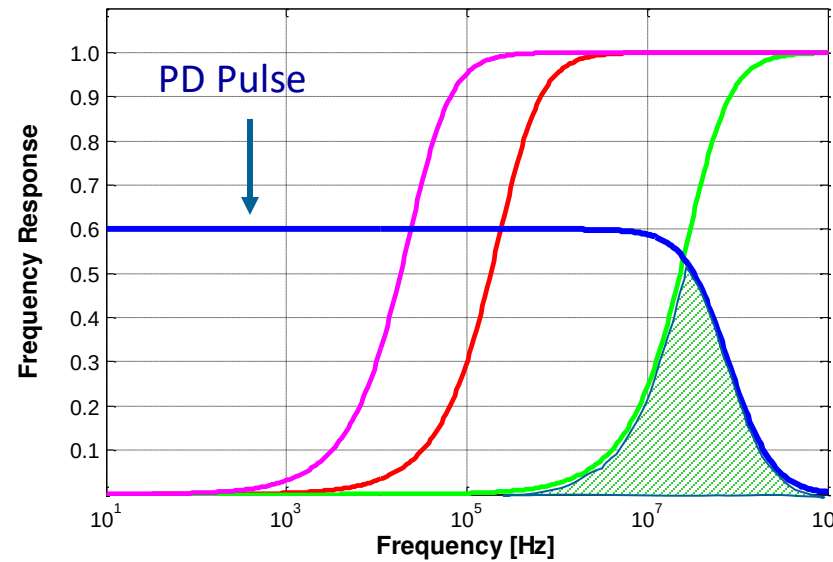
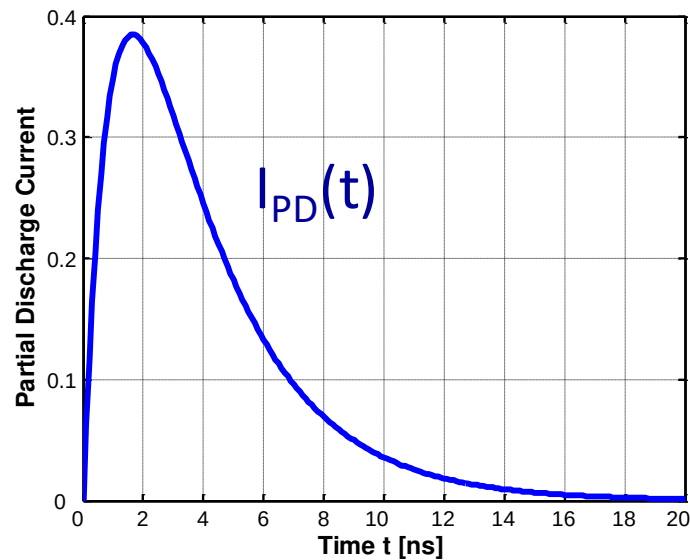


Pomiar WNZ metodą elektryczną

Kondensatory sprzęgające



Widmo częstotliwościowe kondensatorów sprzęgających o różnej pojemnościach



$C_{\text{coupler}} = 80 \text{ pF}$: $f_{-3\text{dB}} = 40 \text{ MHz}$

$C_{\text{coupler}} = 10 \text{ nF}$: $f_{-3\text{dB}} = 320 \text{ kHz}$

$C_{\text{coupler}} = 100 \text{ nF}$: $f_{-3\text{dB}} = 32 \text{ kHz}$

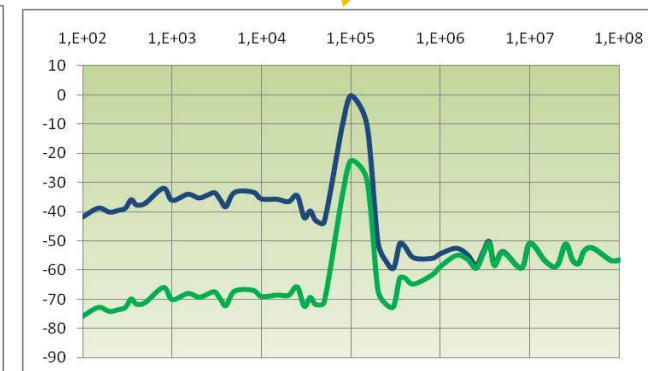
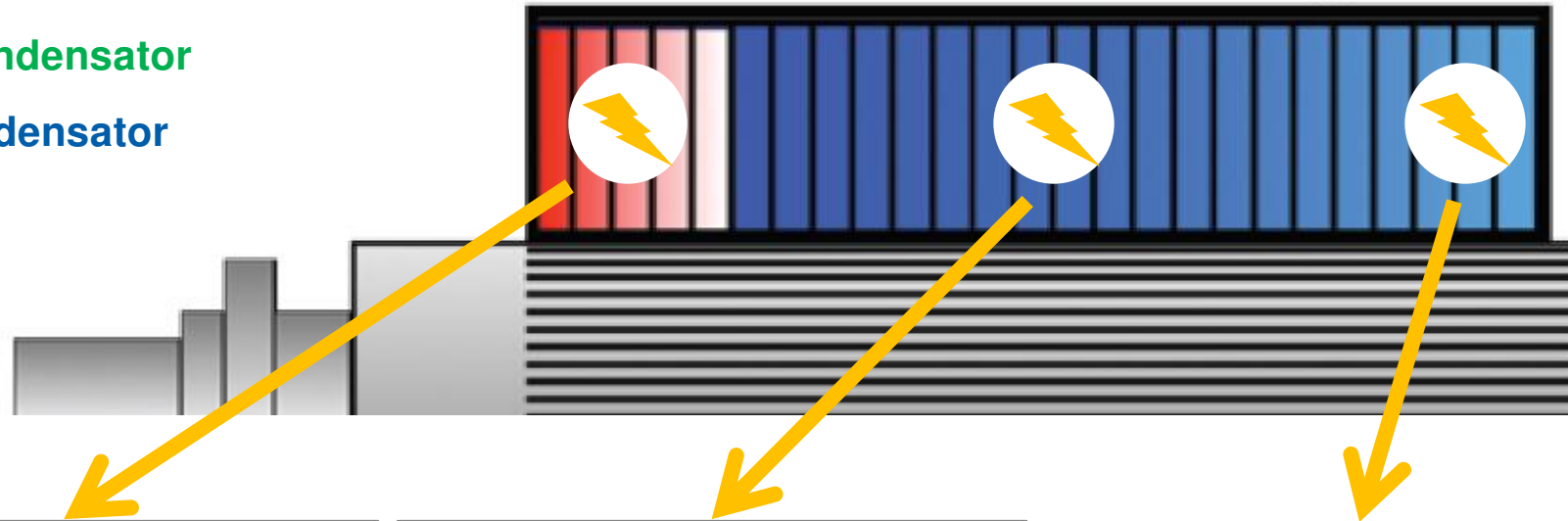
Monitoring WNZ maszyn wirnikowych



Kondensatory sprzęgające

80 pF Kondensator

2 nF Kondensator



Pomiar WNZ metodą elektryczną

Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)



IEC 60270:2000

$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz}$

$f_2 \leq 500 \text{ kHz}$

$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 400 \text{ kHz}$

IEC 60270:2000/AMD20215

$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz}$

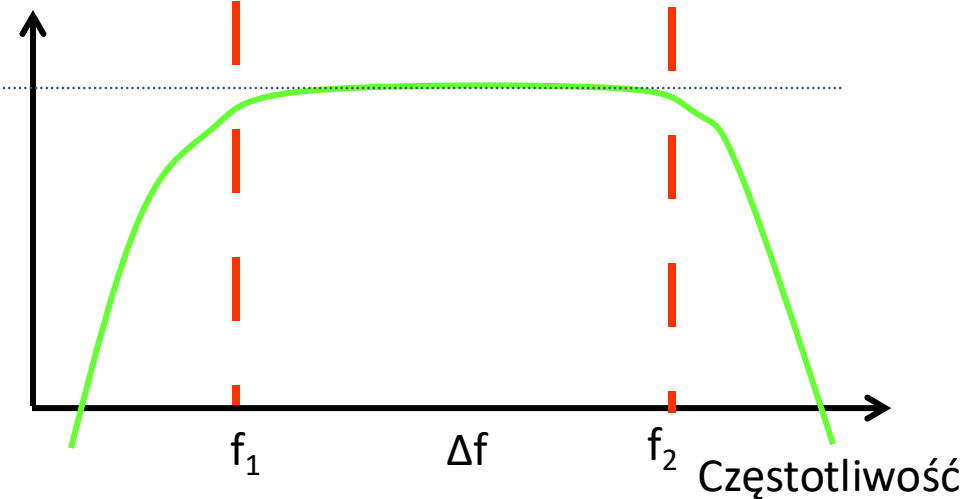
$f_2 \leq 1000 \text{ kHz}$

$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 900 \text{ kHz}$

Zakres pomiarowy

Wzmocnienie

~ 1



Pomiar WNZ off-line



Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)

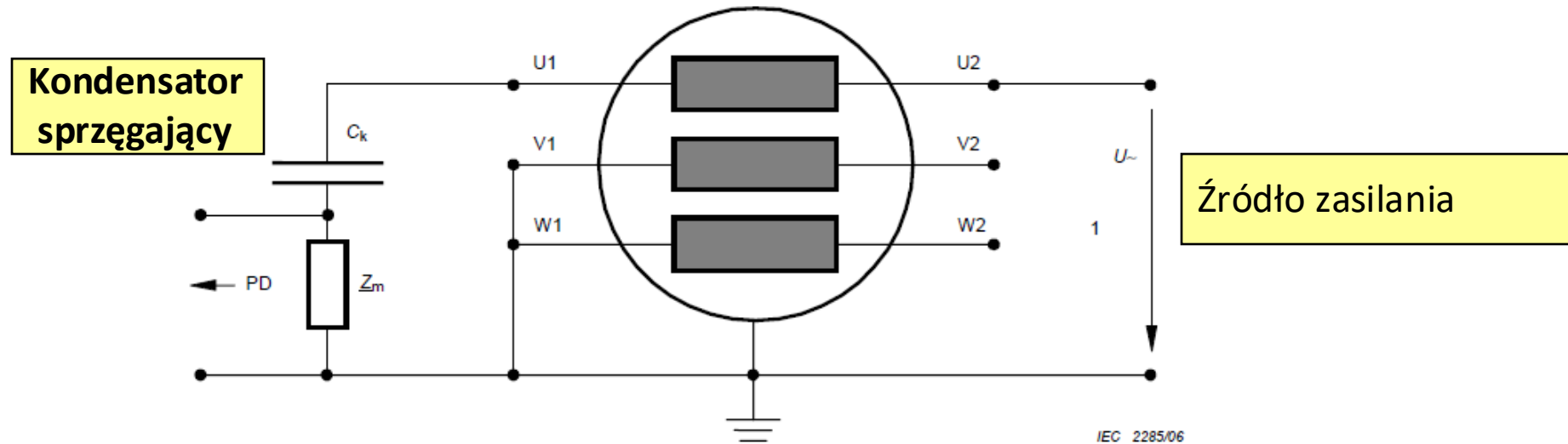


Table 1 – Connection diagram S1 for open star point

ID number	HV	Ground	C_k
S1.1	U2	V1W1	U1
S1.2	V2	U1W1	V1
S1.3	W2	U1V1	W1
S1.4	U2V2W2	-	U1V1W1

Table 2 – Connection diagram S2 for closed star point

ID number	HV	Ground	C_k
Accessible star point			
S2.1	U2V2W2	-	U1V1W1
Inaccessible star point			
S2.2	U1V1W1	-	U1V1W1

Pomiar WNZ off-line



Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)

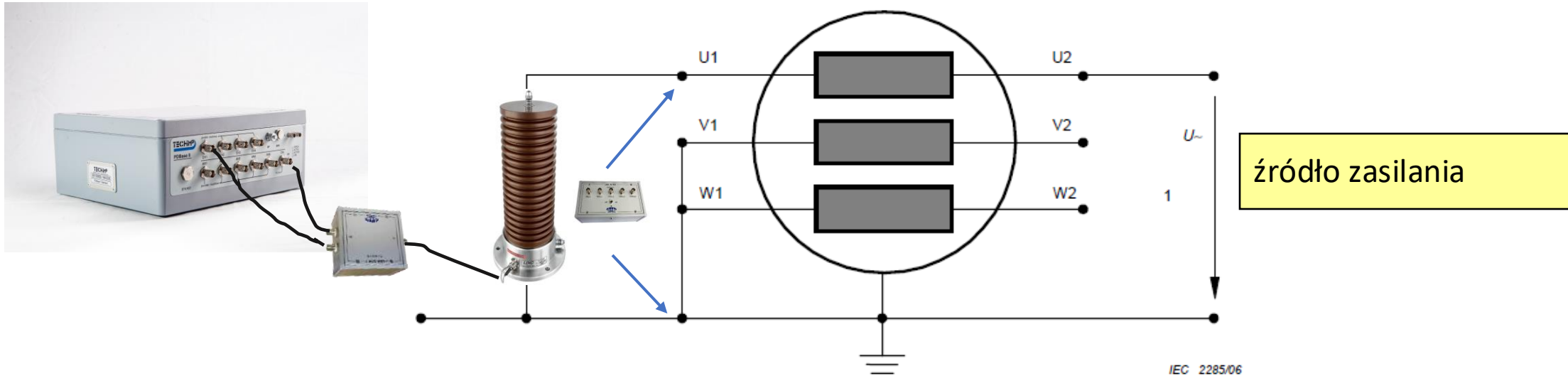


Table 1 – Connection diagram S1 for open star point

ID number	HV	Ground	C_K
S1.1	U2	V1W1	U1
S1.2	V2	U1W1	V1
S1.3	W2	U1V1	W1
S1.4	U2V2W2	-	U1V1W1

Table 2 – Connection diagram S2 for closed star point

ID number	HV	Ground	C_K
Accessible star point			
S2.1	U2V2W2	-	U1V1W1
Inaccessible star point			
S2.2	U1V1W1	-	U1V1W1

Pomiar WNZ off-line



Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)

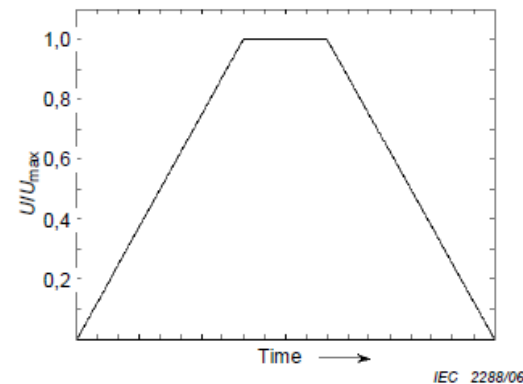
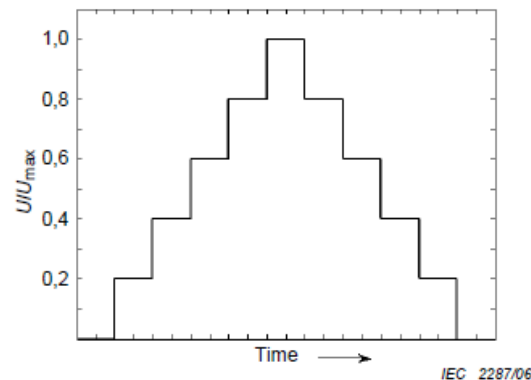
$U_1 = U_N / \sqrt{3}$, or operating (line-to-ground) voltage of the insulation system;

$U_2 = 1,2 U_N / \sqrt{3}$, or 120 % of operating (line-to-ground) voltage of the insulation system;

$U_3 = U_N$, or rated line to line voltage of the insulation system.

Higher test voltages may provide additional information.

NOTE For used windings, the ramping rate and maximum test voltage should be agreed between tester and purchaser.



Zapisujemy napięcie zapłonu oraz gaśnięcia zjawisk WNZ

Pomiar WNZ off-line – Analiza wyników



Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)

Evaluation	PD (slot region) nC IEC LF values	PD (endwinding) nC IEC LF values
Excellent	<2	<2
Good	<4 to 5	<4 to 5
Average	4 to 10	4 to 10
Acceptable	~10	~10
Inspection recommended	>15	>20
Potential problem	>20	>50

Table 3: Guideline PD Levels vs Insulation Condition for Rotating HV Machines

Insulation Condition Assessment*	Colour Code	PD in Slot Section	PD in End Windings
New/Excellent		< 2000 pC	< 2000 pC
Good		2000 to 4000 pC	2000 – 4000 pC
Average		4000 – 10000 pC	4000 – 10000 pC
Still Acceptable		10000 – 15000 pC	10000 – 15000 pC
Probable Inspection		15000 – 20000 pC	15000 – 30000 pC
Problem/Unreliability		>20000 pC	>30000 pC

To jest tylko przybliżony przewodnik. Ostrzeżenie o uszkodzeniu izolacji w oparciu o bezwzględną wielkość WNZ nie jest wiarygodne. Należy wziąć pod uwagę wszystkie inne czynniki, w szczególności sygnaturę WNZ.

Pomiar WNZ off-line

Pomiar zgodny z IEC 60034-27 (IEC 60270)



TOGETHER WE POWER THE WORLD®



TOGETHER WE POWER THE WORLD®



TOGETHER WE POWER THE WORLD®

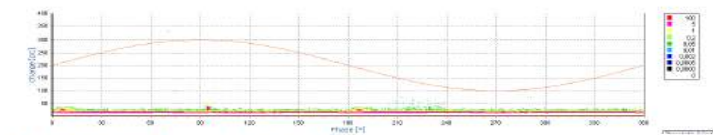


Figure 11: U-VW - PRPD pattern @ 0.8 kV

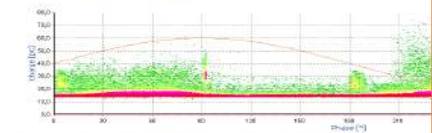


Figure 12: U-VW - PRPD pattern @ 1.6 kV

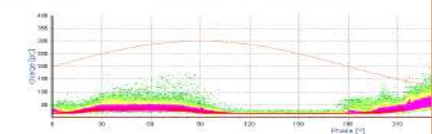


Figure 13: U-VW - PRPD pattern @ 2.4 kV

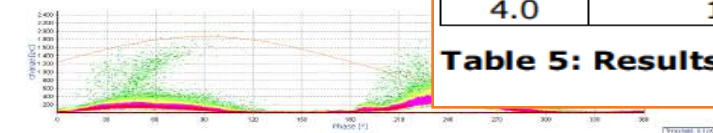


Figure 14: U-VW - PRPD pattern @ 3.2 kV

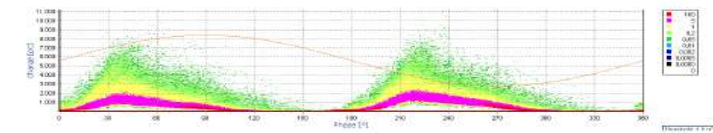


Figure 15: U-VW - PRPD pattern @ 4.0 kV

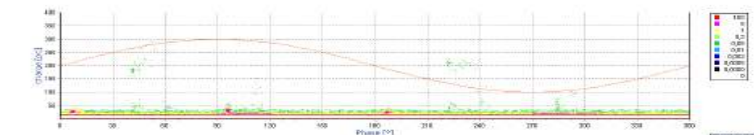


Figure 16: V-UW - PRPD pattern @ 0.8 kV

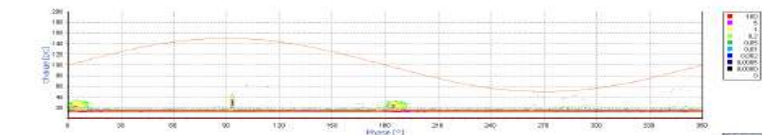
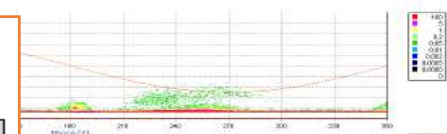
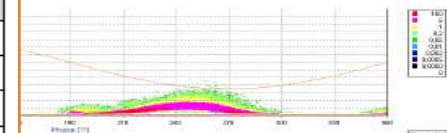


Figure 21: W-UV - PRPD pattern @ 0.8 kV



1.6 kV



2.4 kV

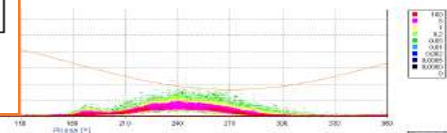


Figure 24: W-UV - PRPD pattern @ 3.2 kV

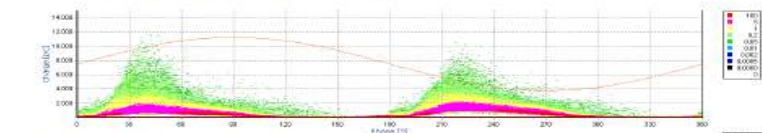


Figure 25: W-UV - PRPD pattern @ 4.0 kV

Recorded background noise level at each terminal / meas. configuration: 30 pC

The following table shows the recorded Qiec-values each voltage level:

U [kV]	UVW	U-VW	V-UW	W-UV
	Qiec-Values [pC]	Qiec-Values [pC]	Qiec-Values [pC]	Qiec-Values [pC]
0.8	30 (BGN)	30 (BGN)	30 (BGN)	30 (BGN)
1.6	130	60	50	30
2.4	400	200	150	50
3.2	1800	1500	2000	900
4.0	19500	7000	8000	8000

Table 5: Results of recorded Qiec-values, tabularly

Pomiar WNZ off-line



Pomiar zgodny z TS 60034-27 (IEC 60270)

Analiza wyników pomiarów WNZ off-line

Wartość ładunku pozornego Q_{IEC} pC/nC

Analiza sygnatur rozkładu fazowego zjawisk WNZ (PRPD pattern)

Napięcie zapłony i gaśnięcia zjawisk WNZ

Metoda porównawcza pomiędzy fazami

Pomiar WNZ off-line

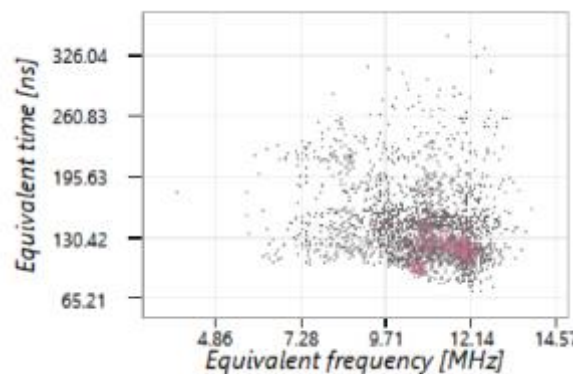
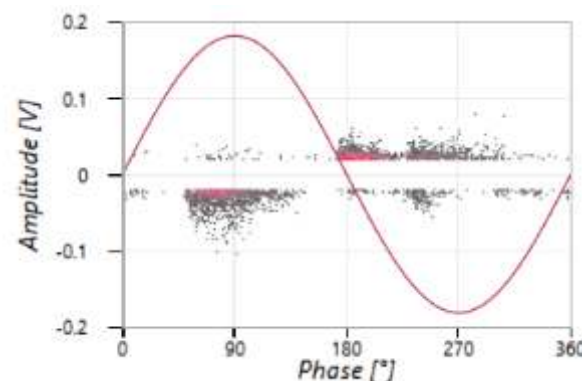
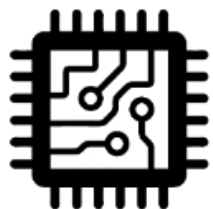
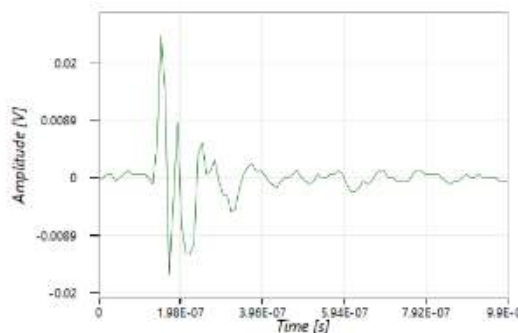
+	-
Pomiar ładunku pozornego Q_{IEC} (pC/nC - referencja)	Odstawienie maszyny z eksploatacji
Niski poziom szumów, ograniczone zakłócenia	Potrzeba zewnętrznego źródła napięcia (PD free)
Pomiar przy różnych poziomach napięcia $Q_{IEC}=f(U)$	Czasochłonne
Pomiar napięcia zapłonu oraz gaśnięcia zjawisk WNZ	Pomiar faza – uziemienie lub 3 fazy połączone – uziemienie (przy braku dostępu do punktu zerowego)
Możliwość zastosowanie innych metod pomiarowych	Pomiar statyczny, nierzeczywiste warunki pracy
Możliwość lokalizacji źródła WNZ	Dodatkowe źródła WNZ nieaktywne po odstawieniu maszyny
Możliwość inspekcji, prac naprawczych	

Diagnostyka WNZ – on-line/monitoring



Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ

Mapa T-F



Amplituda impulsu vs kąt fazowy

➔ Sygnatura rozkładu fazowego
(wzorzec PRPD)

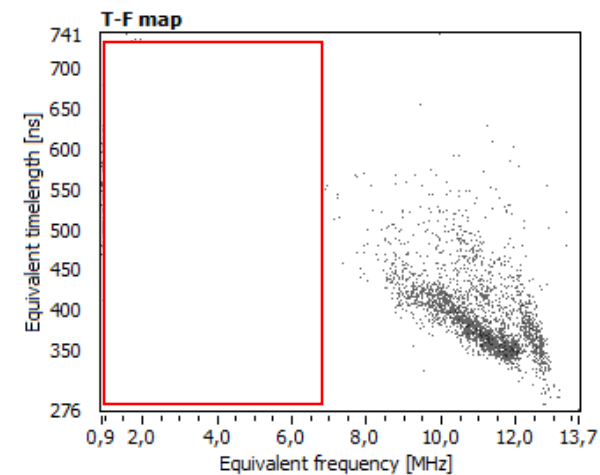
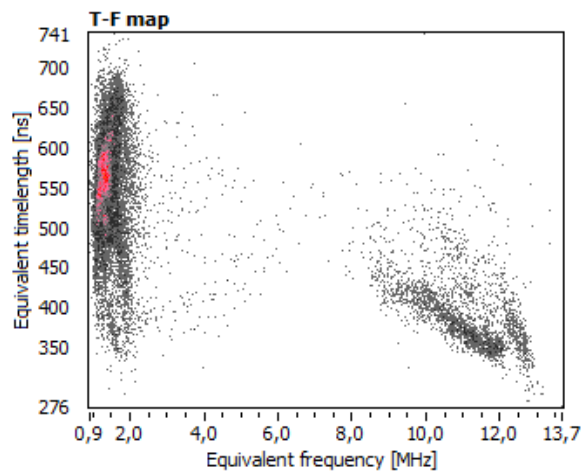
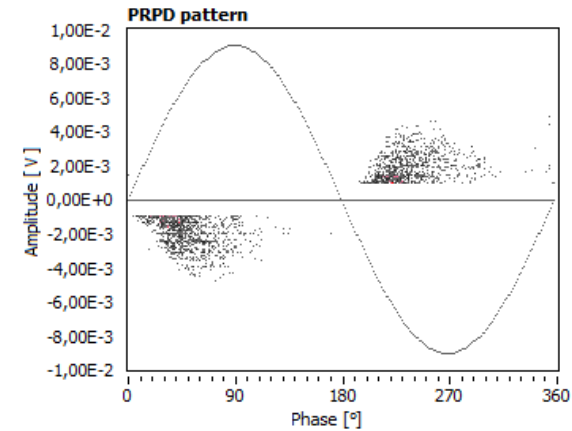
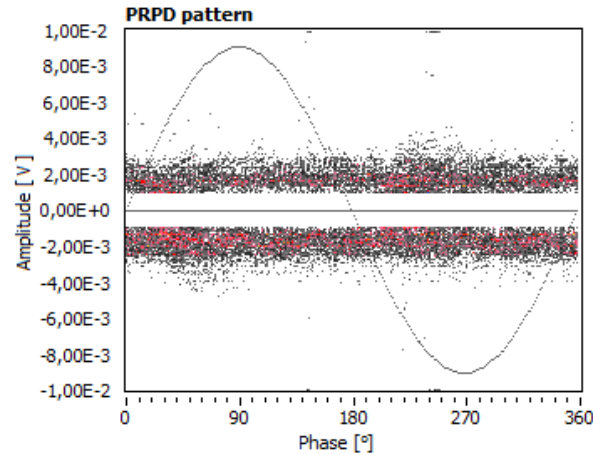
Ekwiwalentny czas trwania impulsu vs
ekwiwalentne pasmo częstotliwości
impulsu

➔ Możliwość separacji zjawisk
poprzez wyodrębnienie skupisk
rejestrowanych zjawisk

Mapa T-F zasada działania

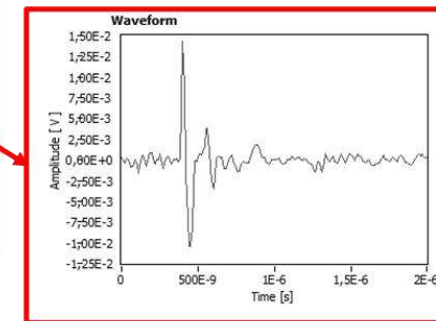
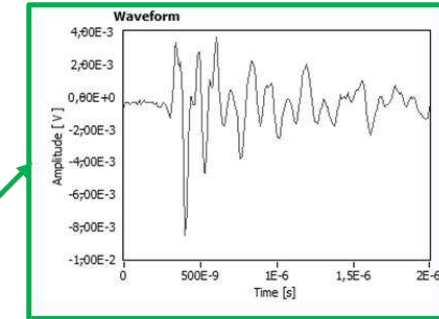
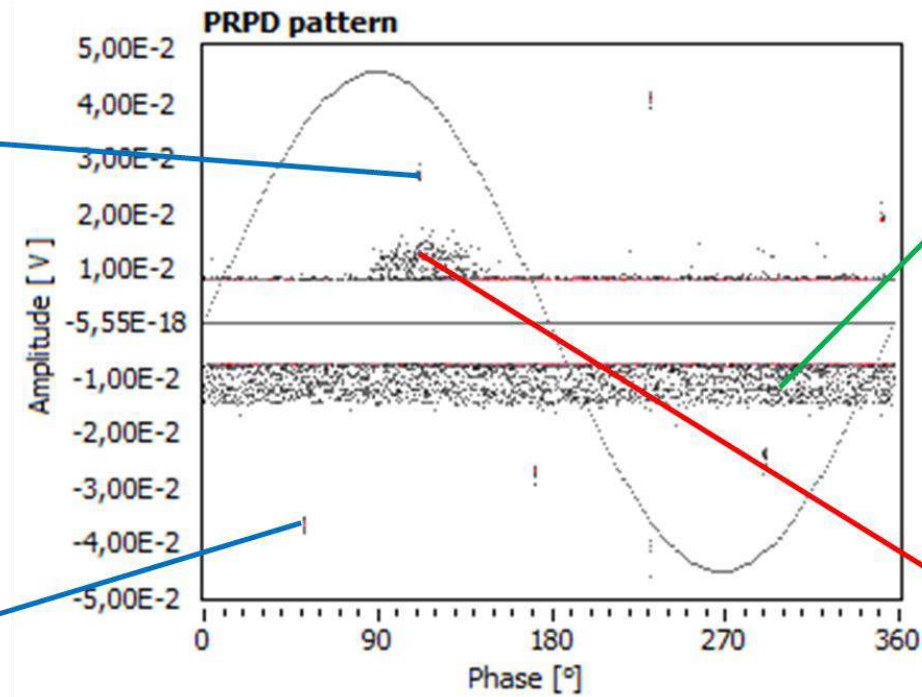
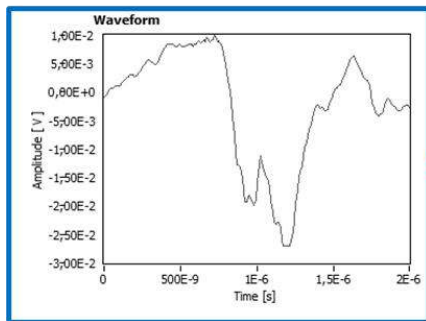
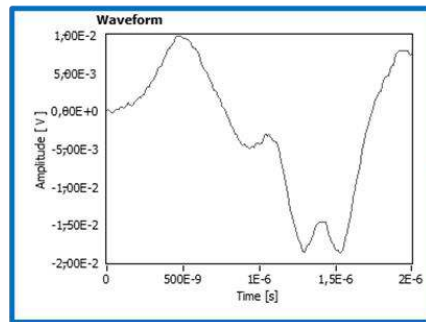


Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ



Mapa T-F zasada działania

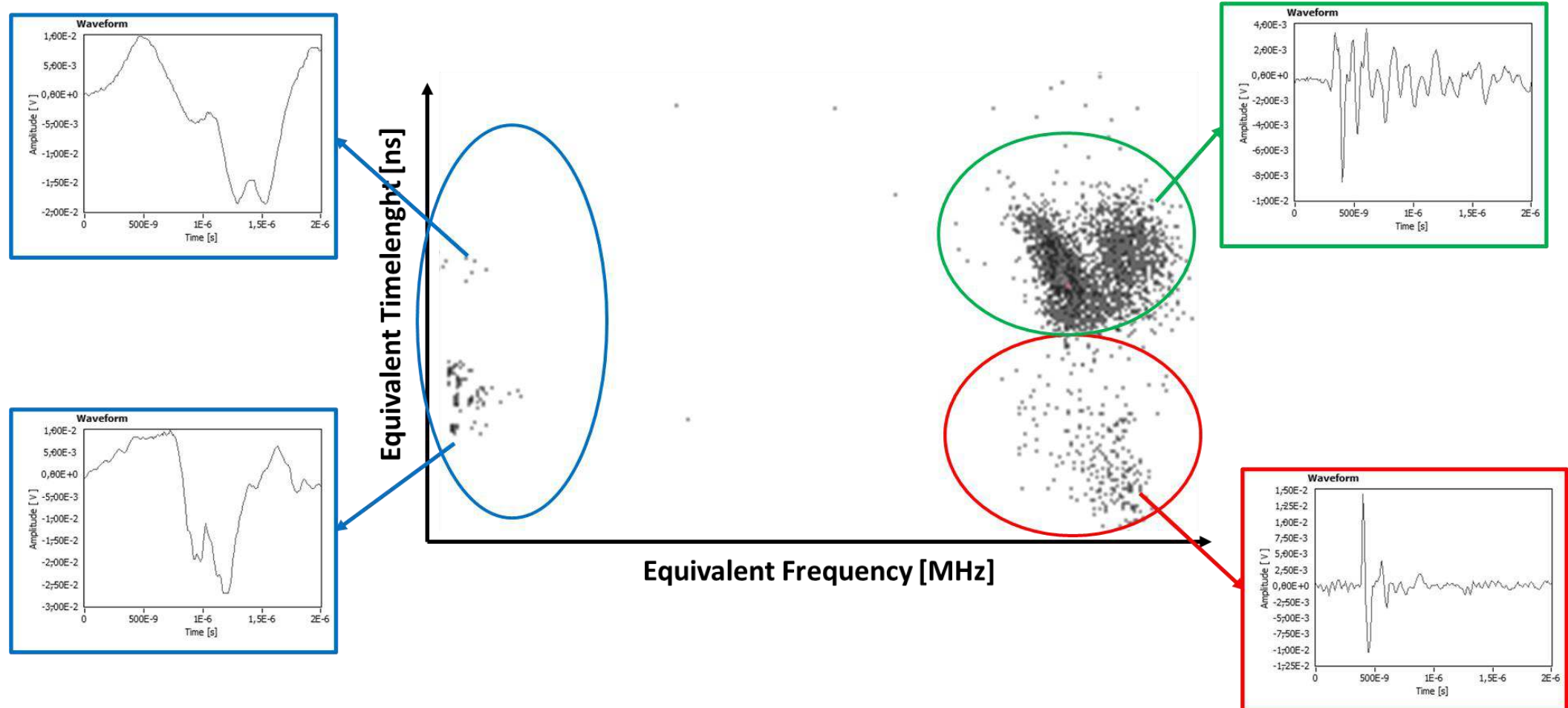
Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ



Mapa T-F zasada działania

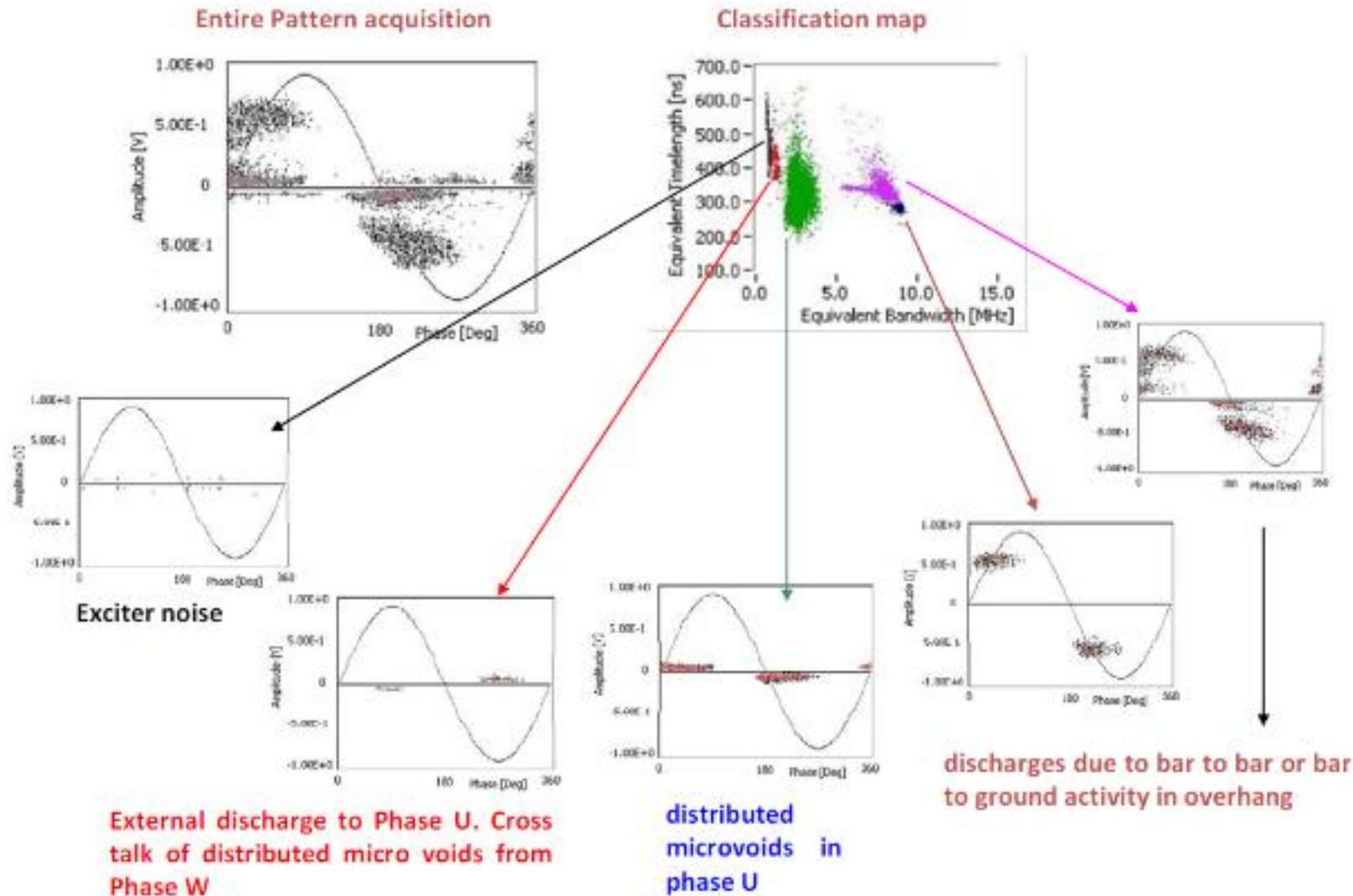


Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ



Mapa T-F zasada działania

Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ



Mapa T-F zasada działania

Metoda separacji rejestrowanych zjawisk WNZ



IEC 60034-27-2:2012

IEEE 1434

5.5 Combination of frequency and time domain separation

Time and frequency domain characteristics can also be combined to separate disturbance pulses from stator winding PD. Time and frequency domain separation can be developed through a pulse shape analysis to produce a so-called "TF" map that plots the equivalent time length of the pulses versus their equivalent frequency content. The frequency content is normally calculated by a fast Fourier transform.

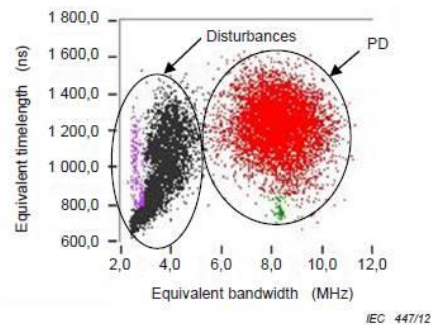


Figure 2 – Combined time and frequency domain disturbance separation (TF-map)

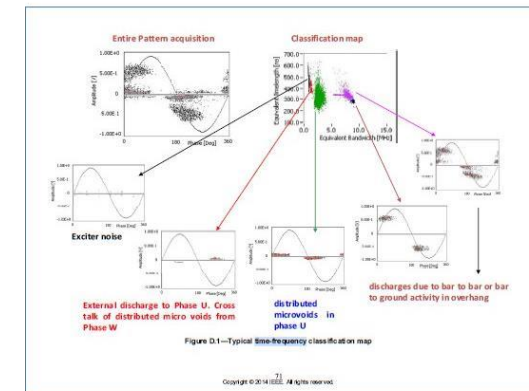
In a plot of the time domain versus frequency domain characteristics according to Figure 2 disturbances will often appear as a cluster of pulses that is in a position, which is distinctly different from stator winding PD, and can thus be identified and suppressed from the PD pattern.

7.7 Time-frequency classification map analyzers

Time-frequency classification map analyzers digitize each pulse shape. The data are displayed in terms of pulse width and bandwidth for the purpose of separating different PD sources from the insulation system and discriminate from external noise sources (see Annex D, Borghetto et al. [B77], Cavallini et al. [B78], Contin et al. [B79]).

11.7 Time-frequency classification map

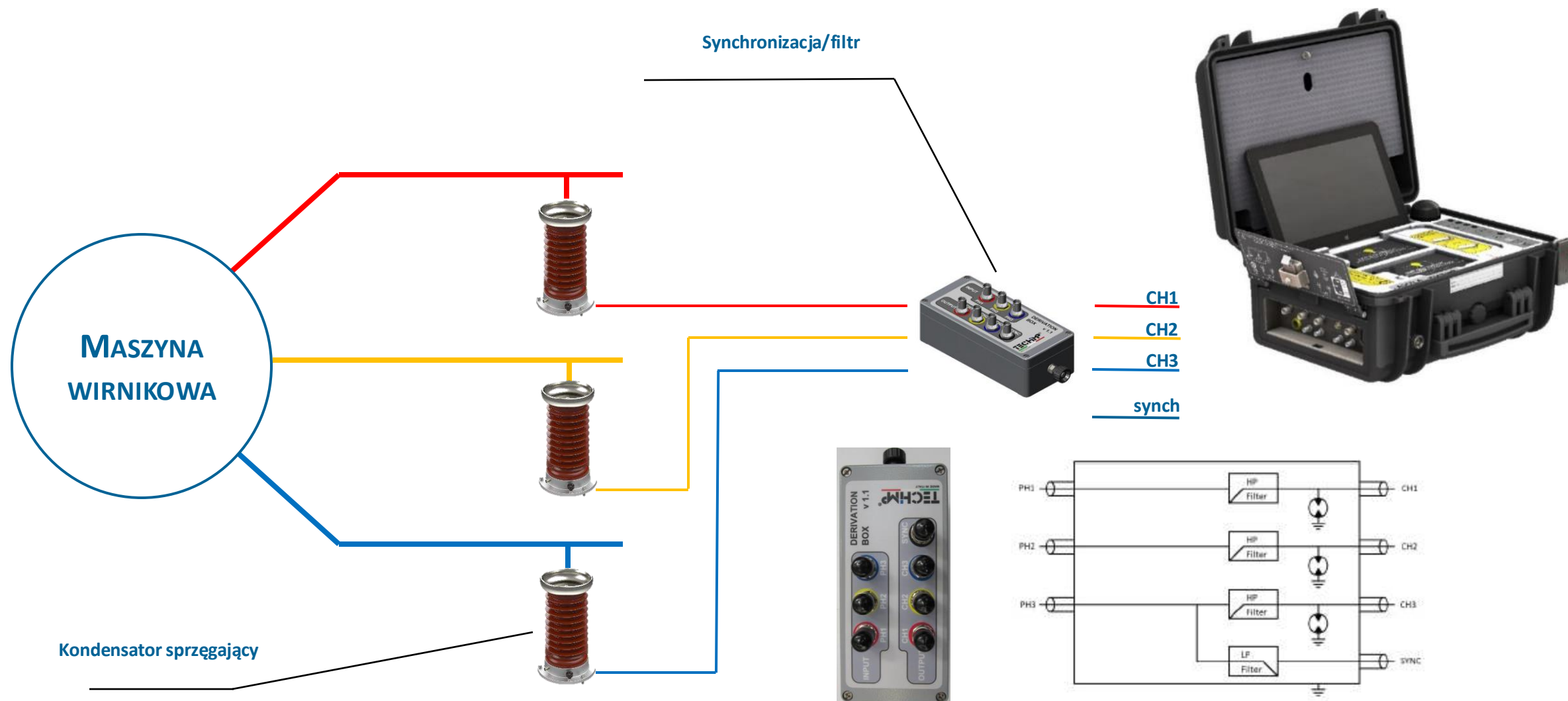
Digitized pulses can be classified according to pulse width and bandwidth. Noise signals usually have different characteristics than PD pulses. Examples of the time-frequency classification map will be found in Annex D.



Pomiar WNZ on-line / monitoring tymczasowy

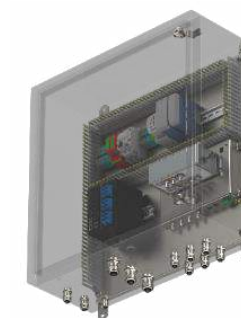
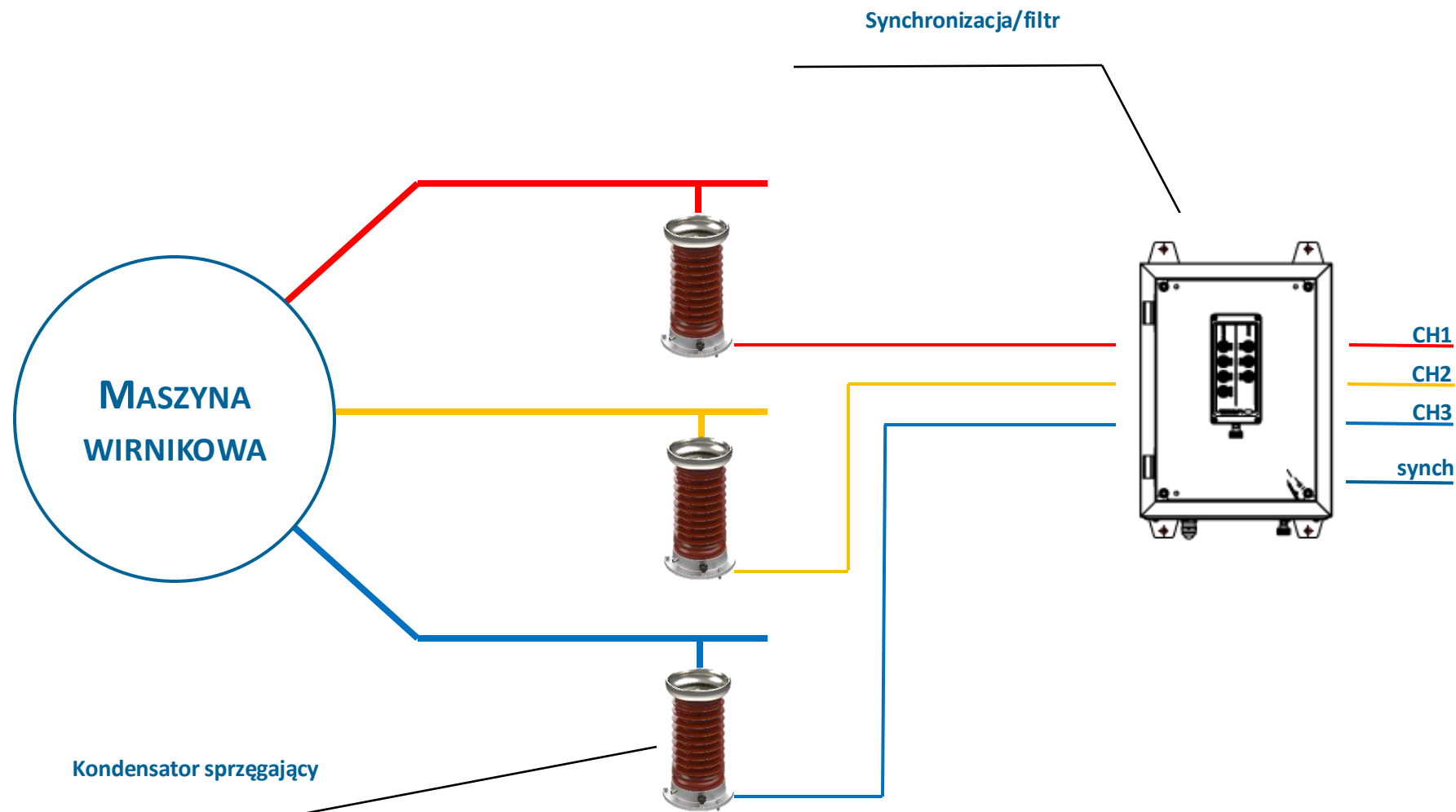


Pomiar okresowy



Pomiar WNZ on-line / monitoring tymczasowy

Pomiar okresowy

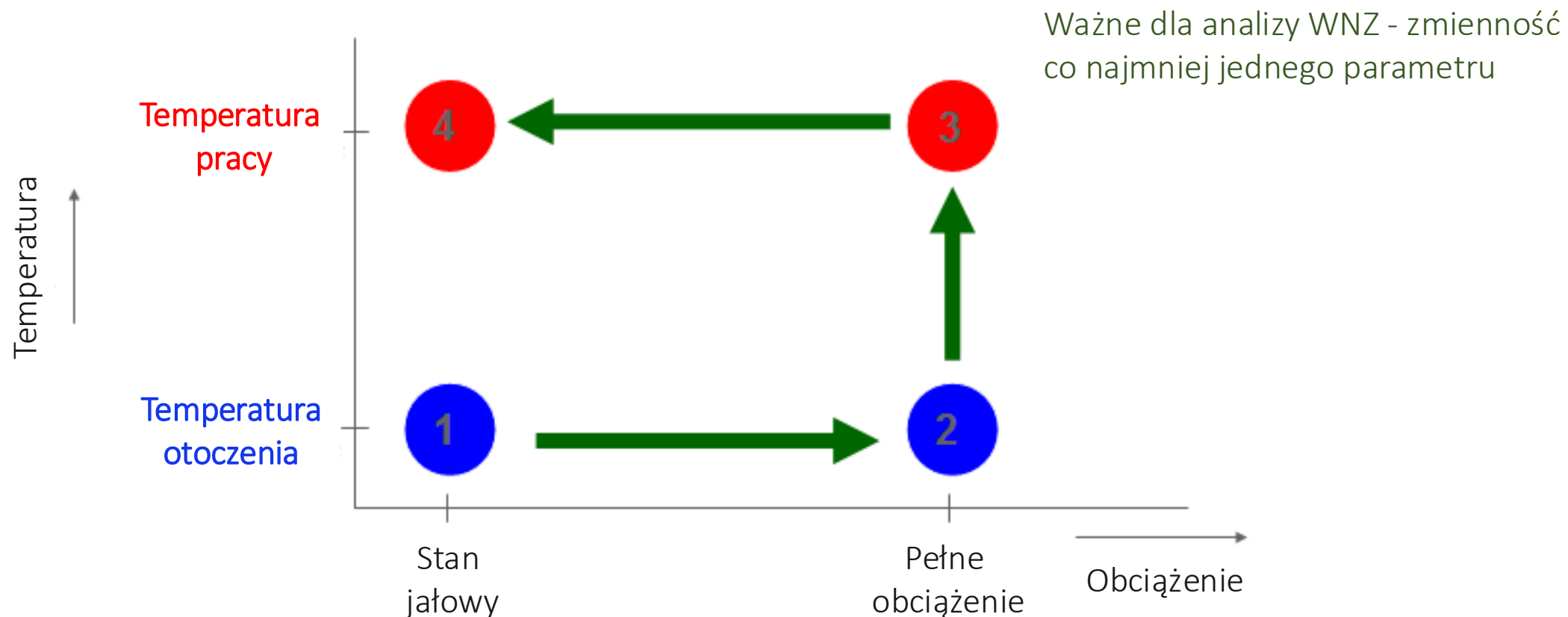


Przenośna jednostka
akwizycji danych

Pomiar WNZ on-line / monitoring tymczasowy



Pomiar okresowy – procedura pomiarowa

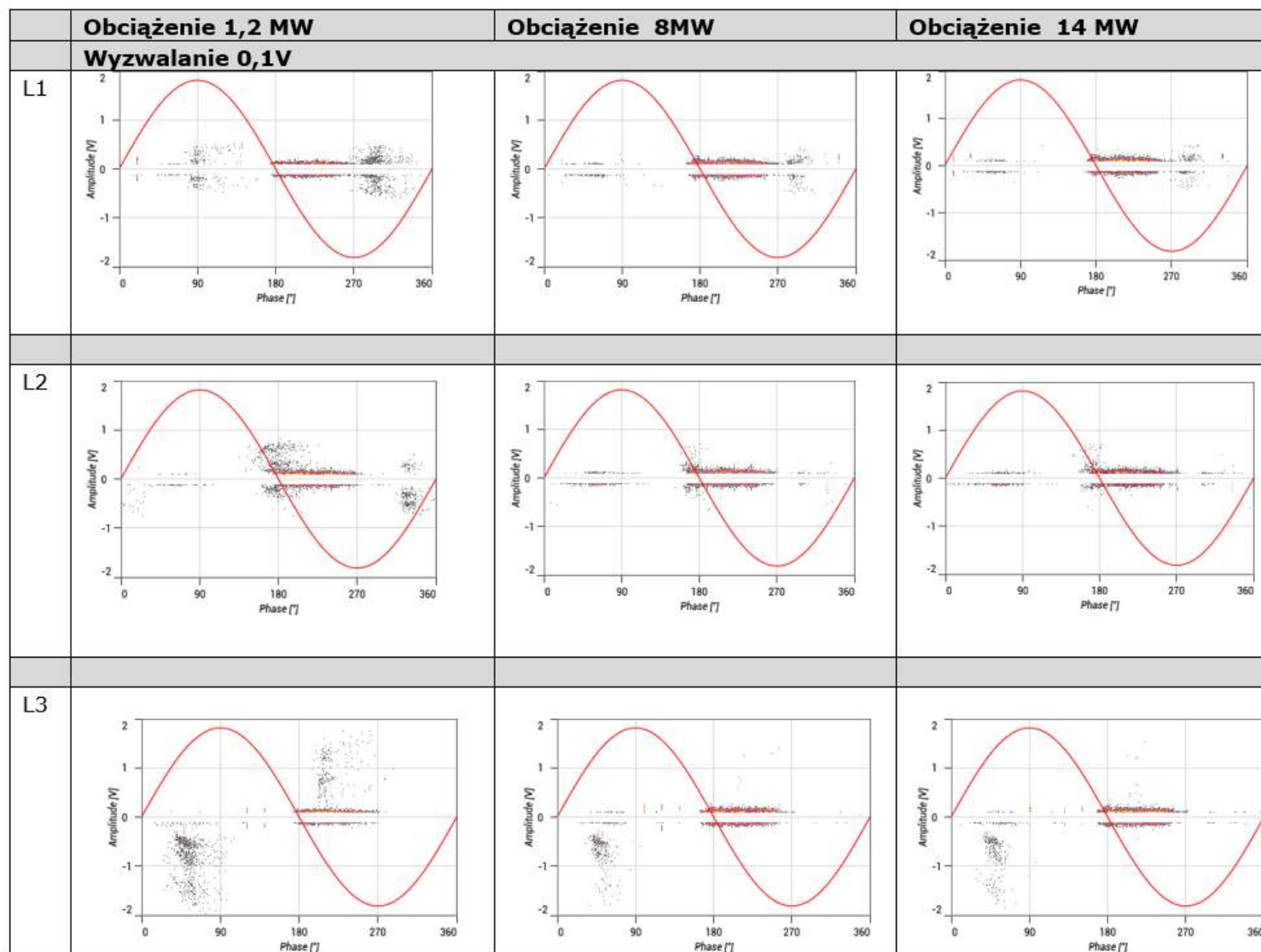


Zjawiska występowania WNZ w maszynach wirnikowych jest uzależnione od obciążenia oraz temperatury.

Pomiar WNZ on-line / monitoring tymczasowy



Pomiar okresowy – procedura pomiarowa



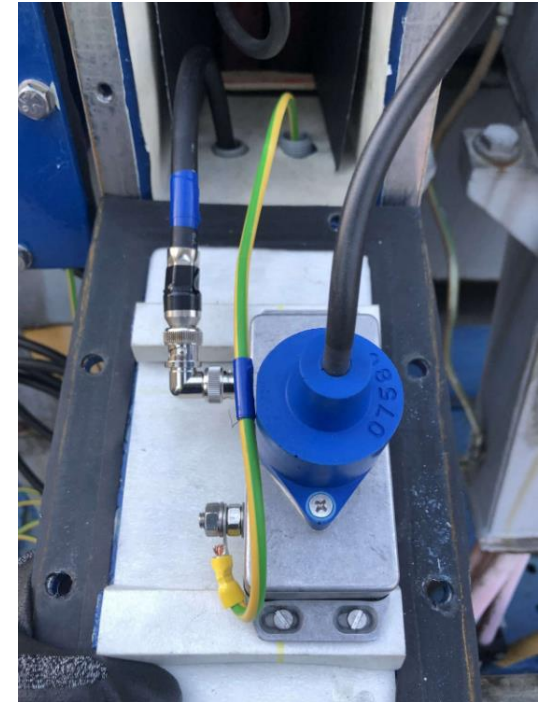
Diagnostyka WNZ

Kondensatory sprzęgające – instalacja na stałe



Diagnostyka WNZ

Kondensatory sprzęgające – instalacja na stałe



Pomiar WNZ on-line / monitoring tymczasowy

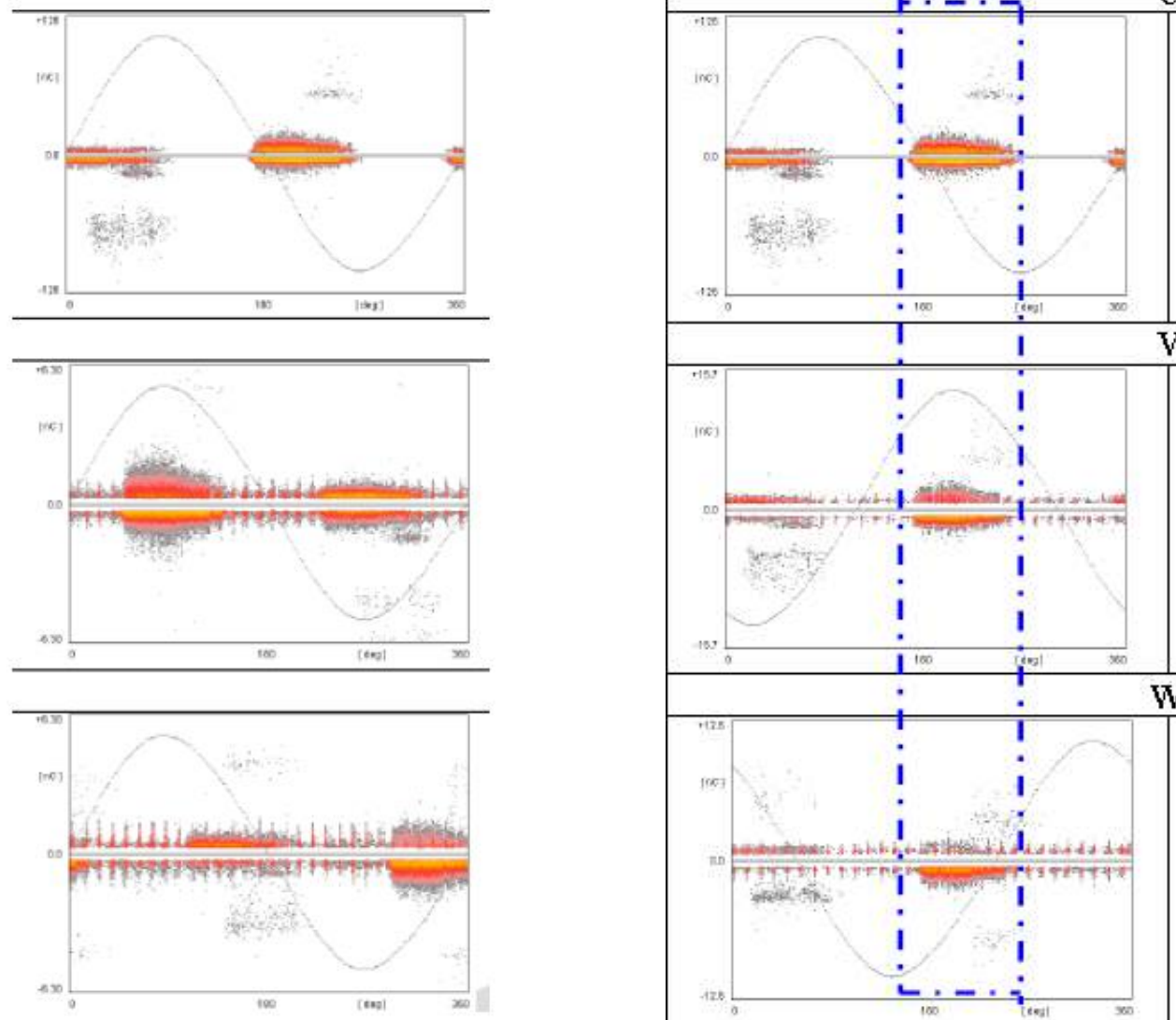
Kondensatory sprzęgające – instalacja tymczasowa



Pomiar WNZ on-line / zakłócenia



Zjawisko sprzężenia sygnału z jednej fazy z pozostałymi fazami



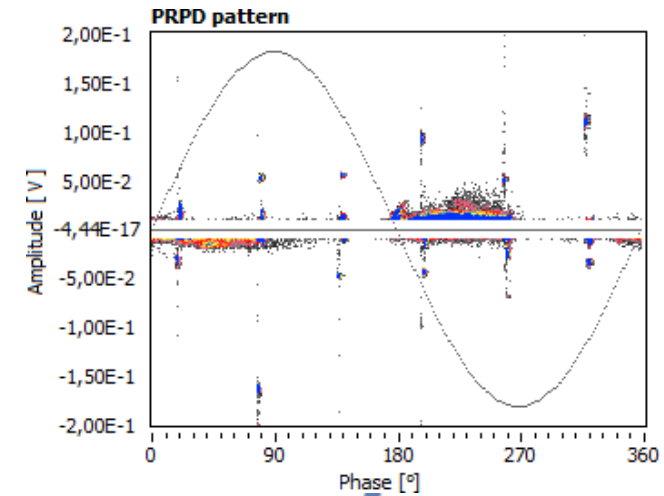
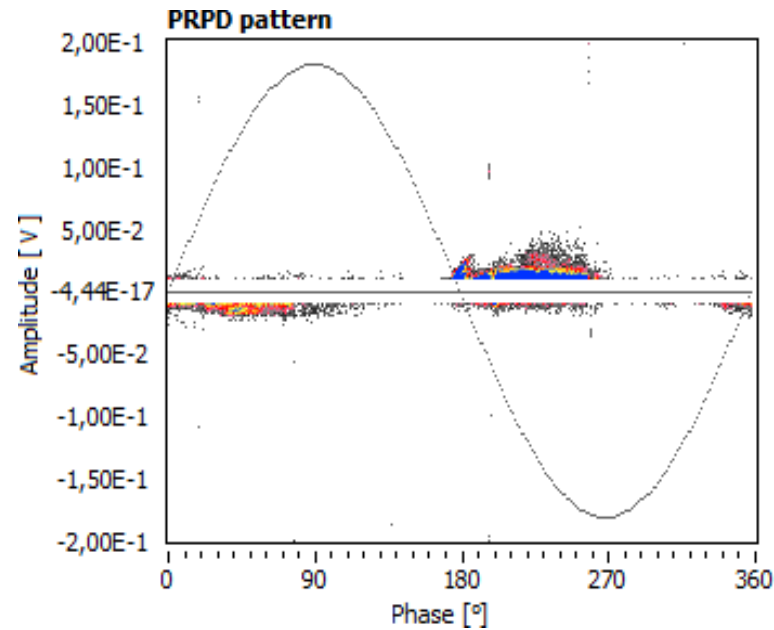
Pomiar WNZ on-line / zakłócenia



Zastosowanie zewnętrznych filtrów/tłumików

Instalacja dodatkowego filtra na wyjściu czujnika WNZ:

- Eliminacja zakłóceń o niskiej częstotliwości
- Eliminacja zakłóceń o wysokiej częstotliwości
- Eliminacja zakłóceń za pomocą filtra środkowoprzepustowego
- Zastosowanie tłumików



Pomiar WNZ on-line



Pomiar zgodny z IEC 60034-27 (IEC 60270)

Analiza wyników pomiarów WNZ on-line

Analiza sygnatur rozkładu fazowego zjawisk WNZ (PRPD pattern)

Trend amplitudy zjawisk WNZ (intensywność)

Analiza wyników dla różnych warunków pracy maszyny

Metoda porównawcza pomiędzy fazami

Pomiar WNZ On-line

+

Rzeczywiste warunki pracy
(pole elektryczne, prąd, siły elektrodynamiczne, wibracja, temperatura)

Badanie podczas eksploatacji/ brak potrzeby odstawienia maszyny

Dogodna obserwacja trendów aktywności zjawisk WNZ

Wczesna detekcja rozwijającego się uszkodzenia

Brak potrzeby zewnętrznego źródła napięcia

Możliwość pomiaru przy różnym obciążeniu maszyny

-

Wysoki poziom szumów i zakłóceń

Szum może pokryć rozwijające się uszkodzenie

Potrzebne doświadczenie do analizy wyników pomiaru

Utrudniona, wstępna lokalizacja uszkodzenia

Superpozycja kilku źródeł WNZ (T-F map – rozwiązanie)

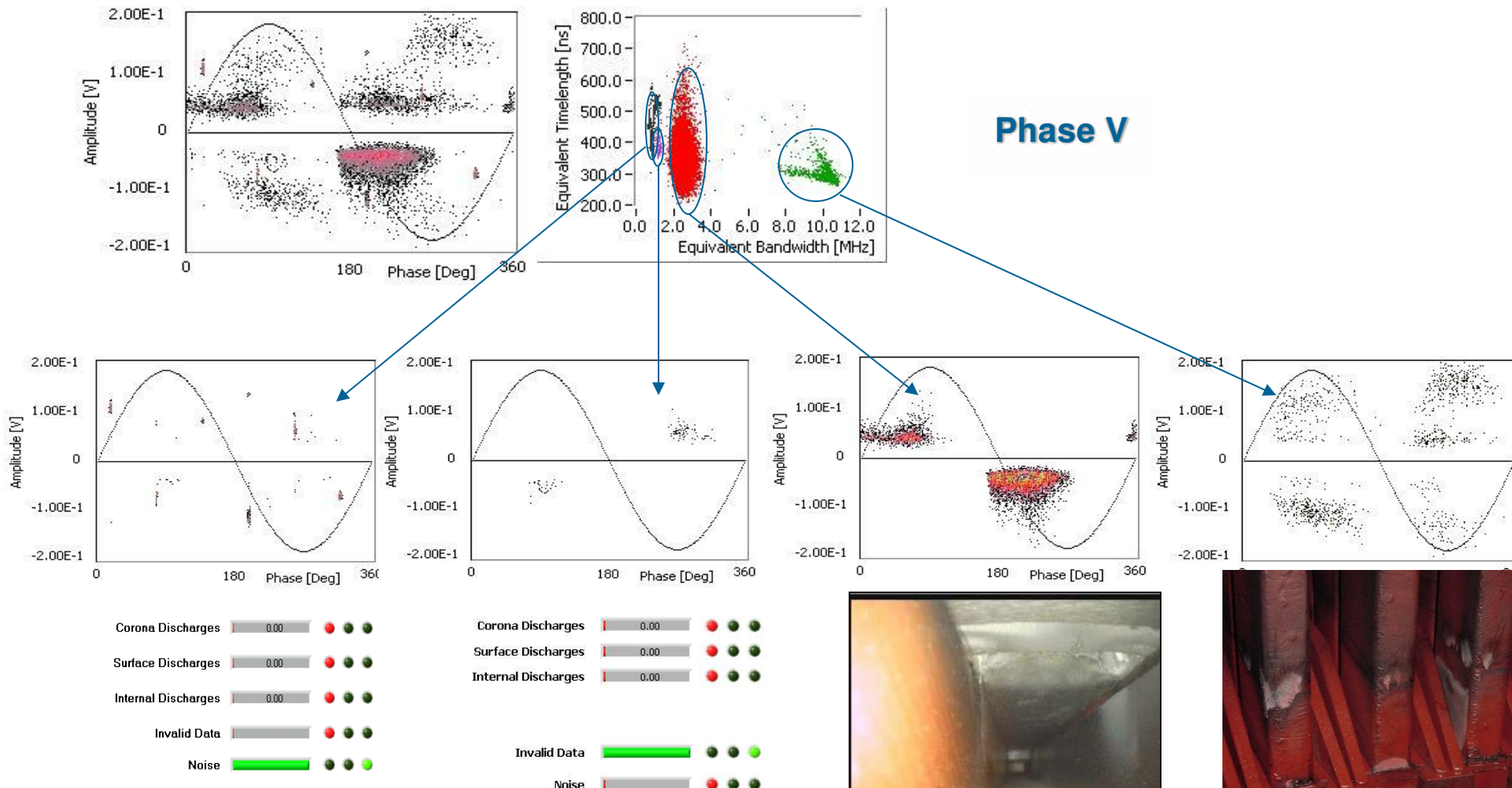
Diagnostyka WNZ maszyn wirnikowych

Studium przypadku 1 – pomiar WNZ on-line / generator



Entire Pattern acquisition

Classification map



Monitoring WNZ maszyn wirnikowych

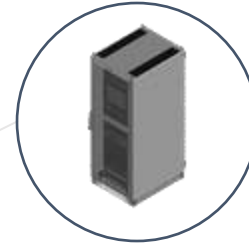
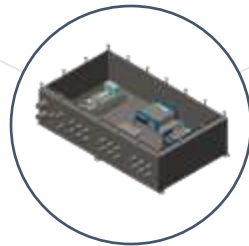


Komponenty systemu



Czujnik WNZ
Kondensator sprzęgający

Jednostka
akwizycji
danych



Jednostka centralna

Oprogramowanie

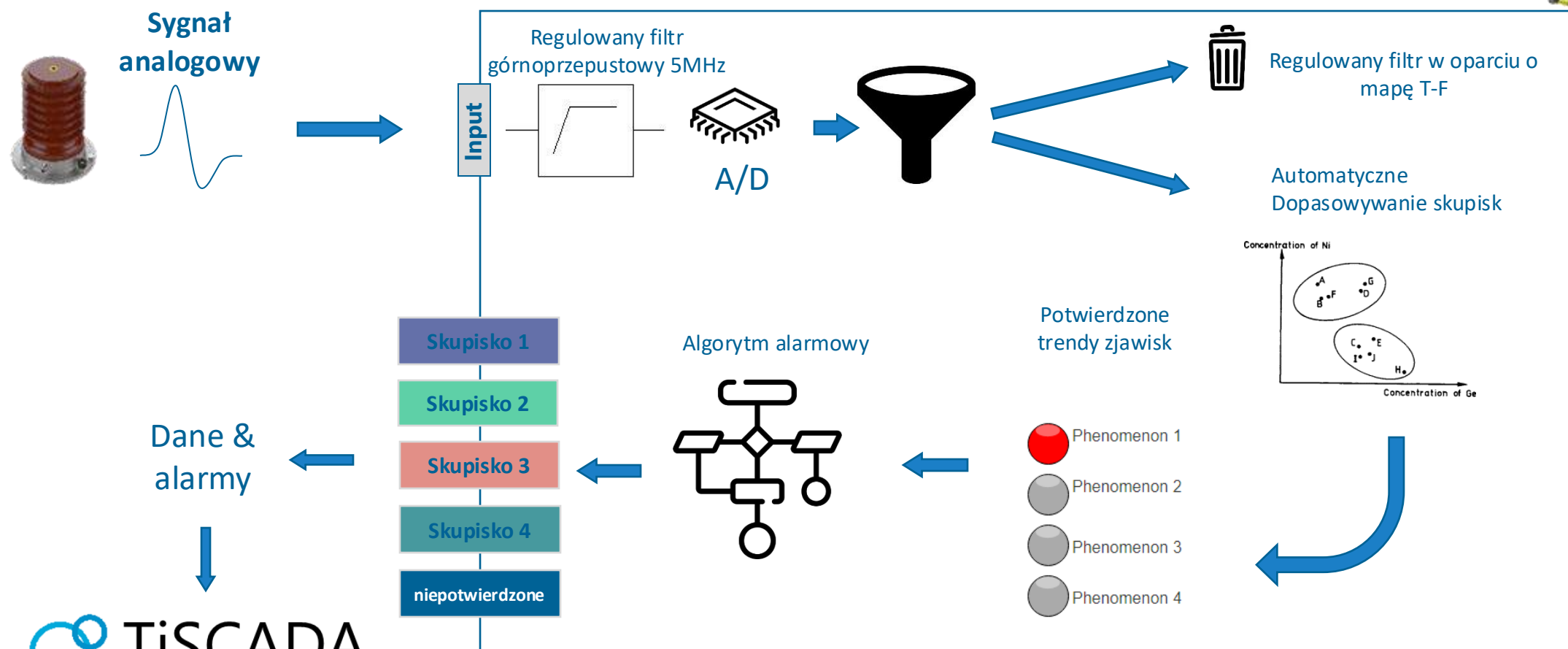


Monitoring WNZ

Przetwarzanie sygnału, zgłaszanie alarmów

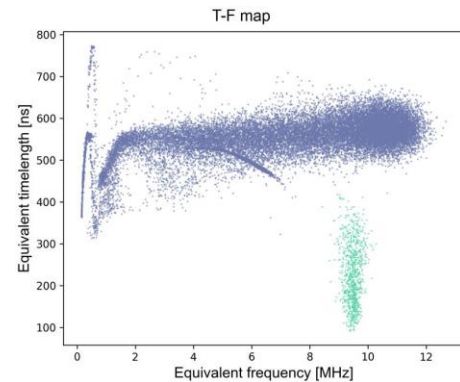
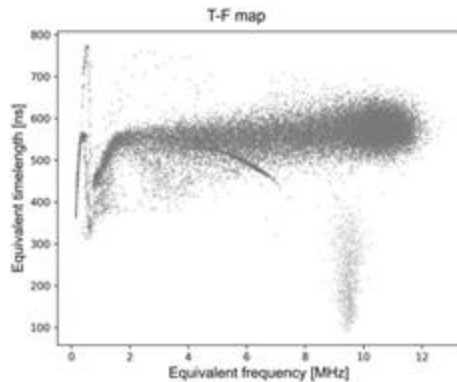
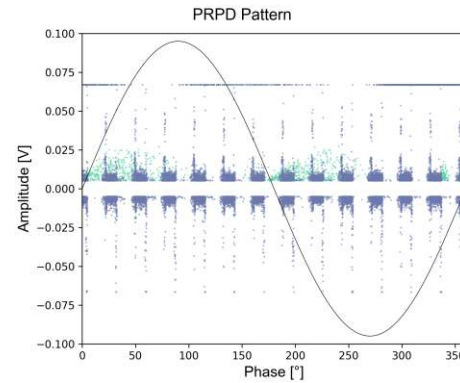
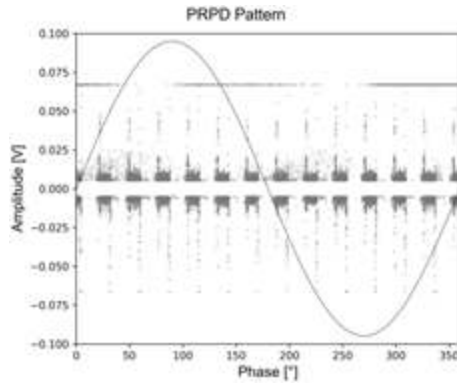


Jednostka akwizycji danych –Falcon4

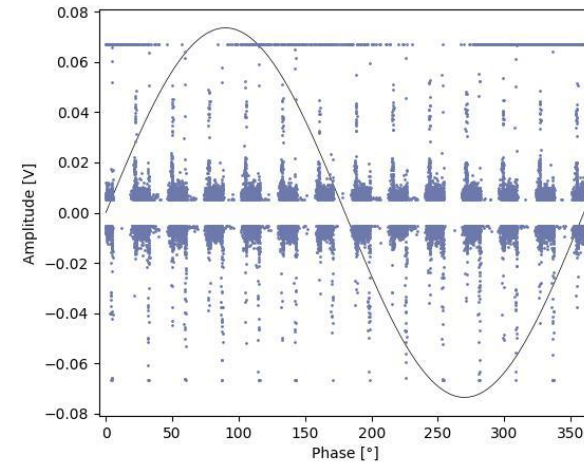


Monitoring WNZ

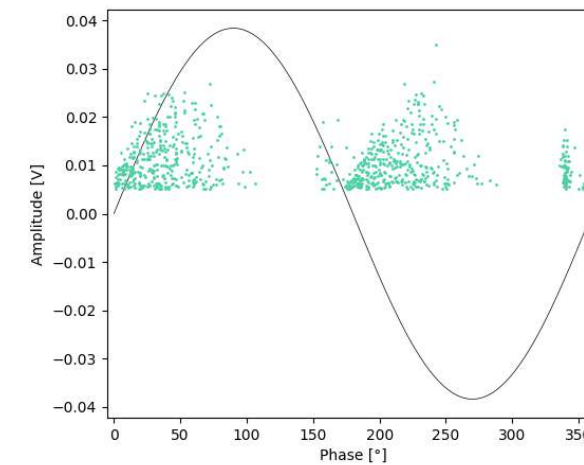
Przetwarzanie sygnału, zgłaszanie alarmów



Noise: True PD: False



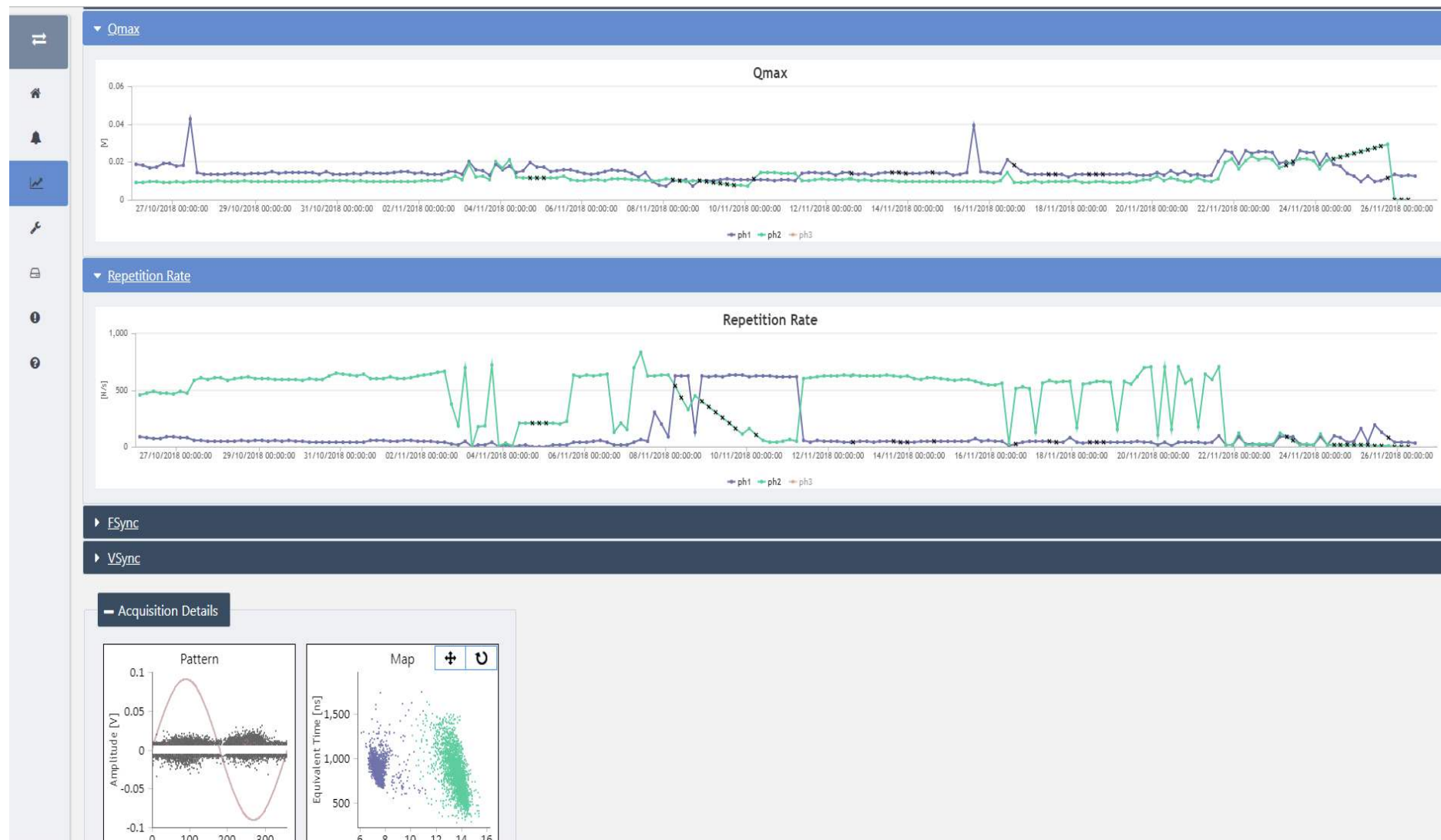
Noise: False PD: True



Monitoring WNZ



Przetwarzanie sygnału, zgłaszanie alarmów

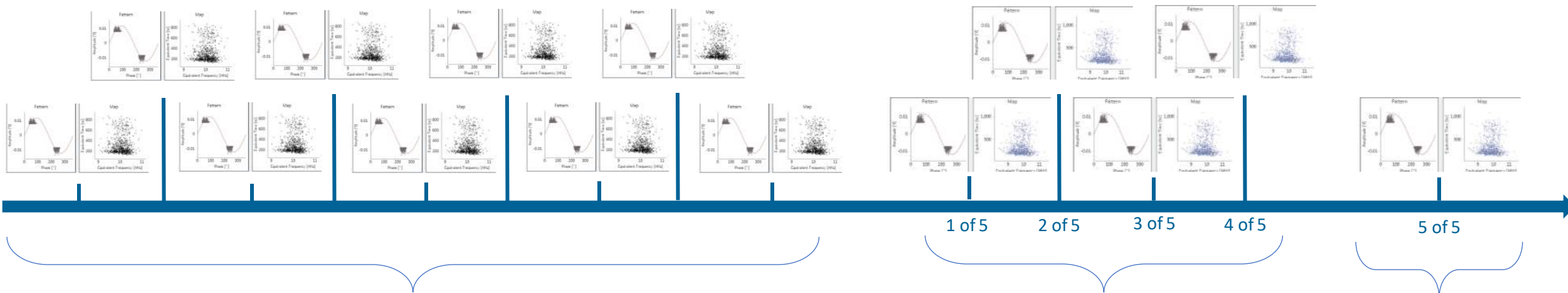


Monitoring WNZ

Przetwarzanie sygnału, zgłaszanie alarmów



Nastawa: okienka oceny = 5



ZIELONY: niepotwierdzone zjawiska

Jeśli to samo zjawisko występuje w kilku akwizycjach, system rozpoznaje je jako niesporadyczne i oznacza jako „zjawisko potwierdzone” (do 4 potwierdzonych zjawisk na jednym kanale).

ZIELONY : okienka oceny

Okna oceny:

Minimalna liczba akwizycji badanych przez algorytm.

Pewność identyfikacji: minimum % akwizycji uznanych za wnz w oknie oceny, aby wygenerować alarm

ŻÓŁTY/CZERWONY:
alarm!

Progi:

Względem wartości progowych, alarm będzie żółty lub czerwony

Monitoring WNZ

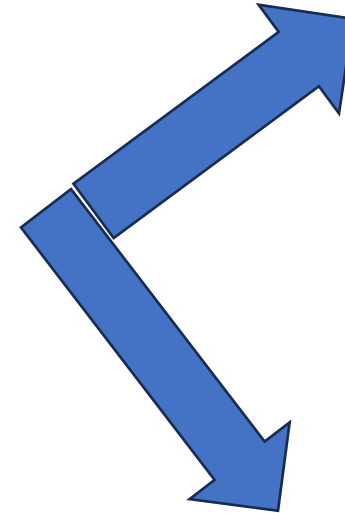
Jednostka centralna



Moduł jednostka
akwizycji danych



Szafa modułu jednostki
akwizycji danych



System autonomiczny

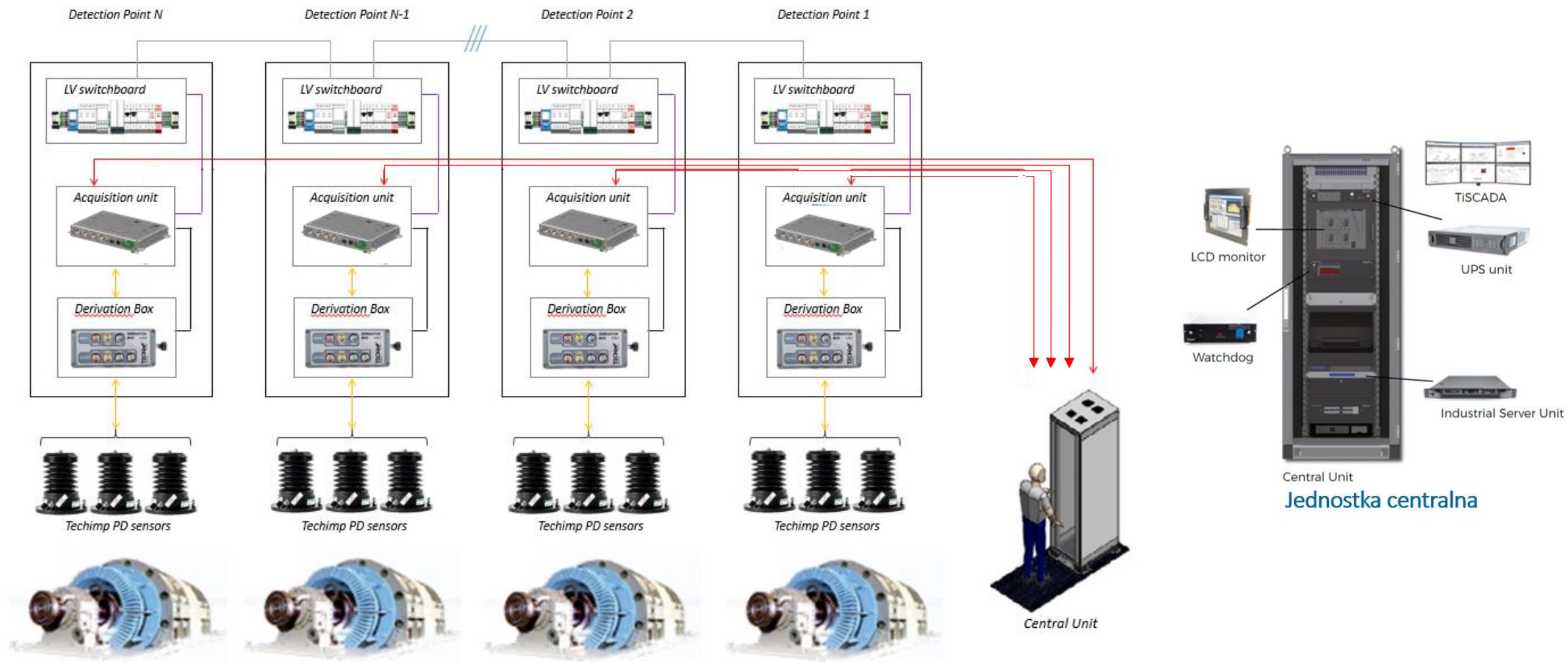


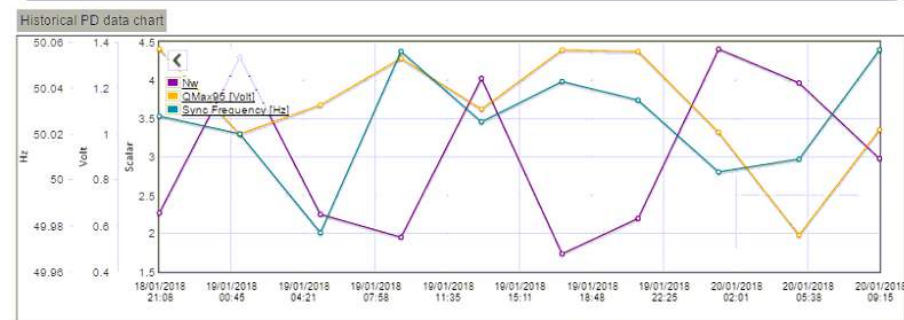
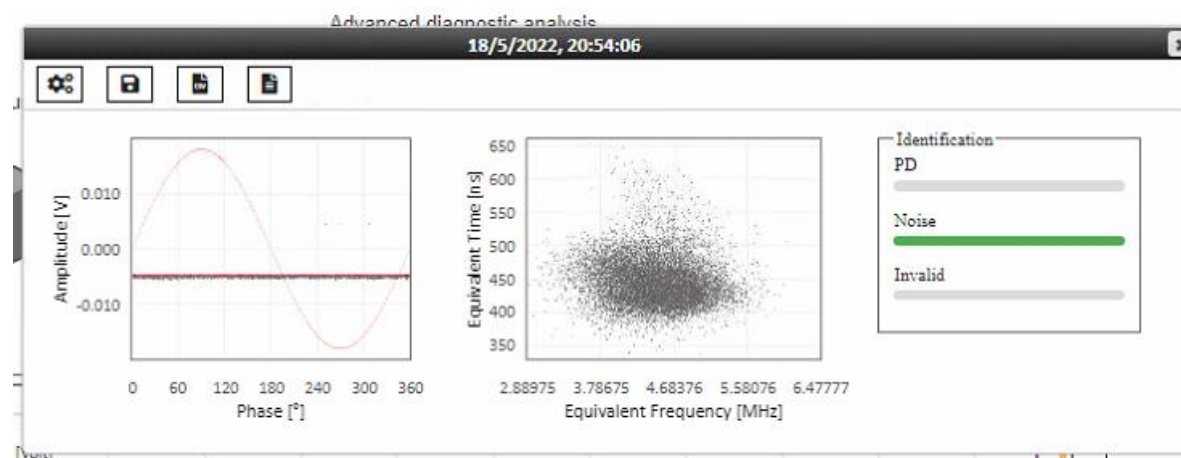
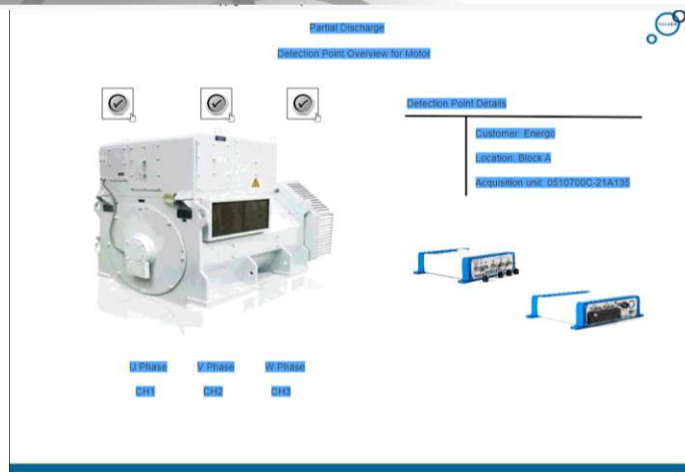
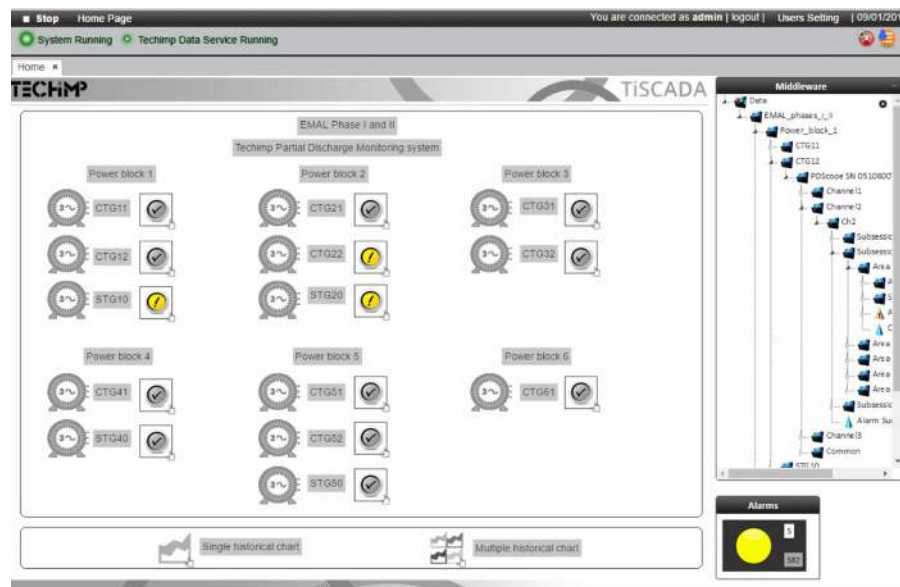
TiSCADA
A complete network monitoring

System zintegrowany z innymi
urządzeniami monitorowanymi

Monitoring WNZ

Jednostka centralna





Right click on historical trending to download data

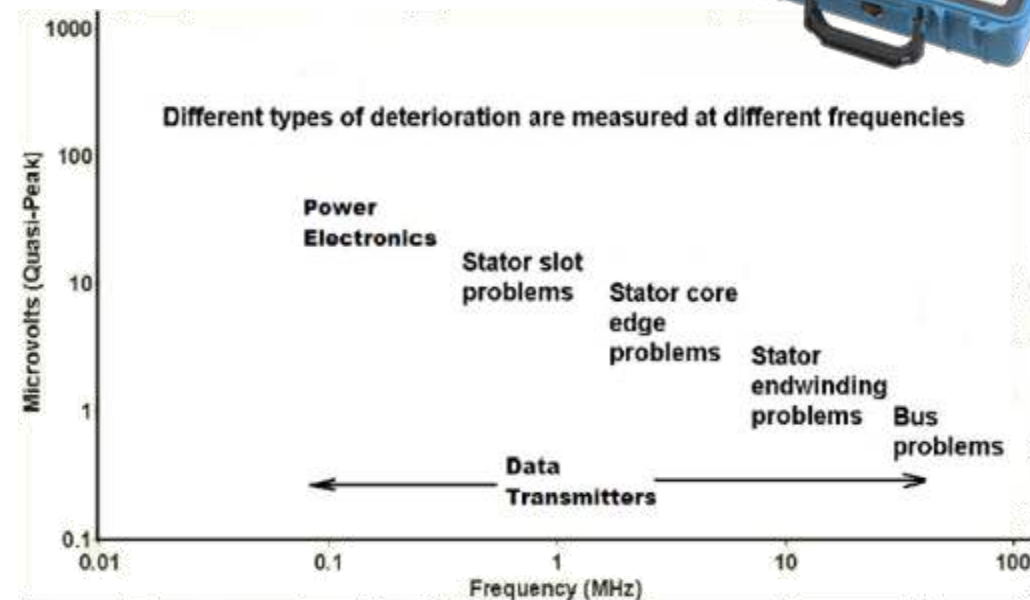
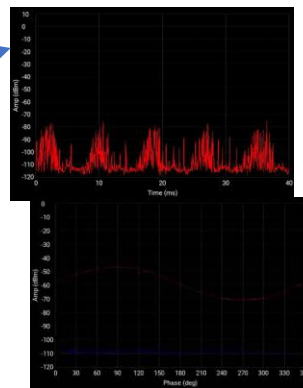
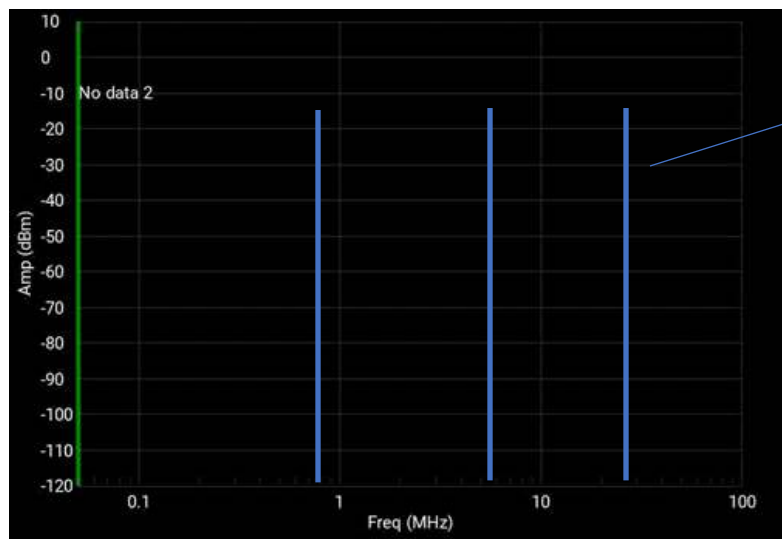


Diagnostyka maszyn wirnikowych on-line



Badanie EMI

- Badanie EMI (Electromagnetic interference) dla maszyn wirnikowych jest to analiza zarejestrowanego widma częstotliwości w zakresie od 50 kHz do 100 MHz.
- Badanie zgodne z normą CISPR 16.

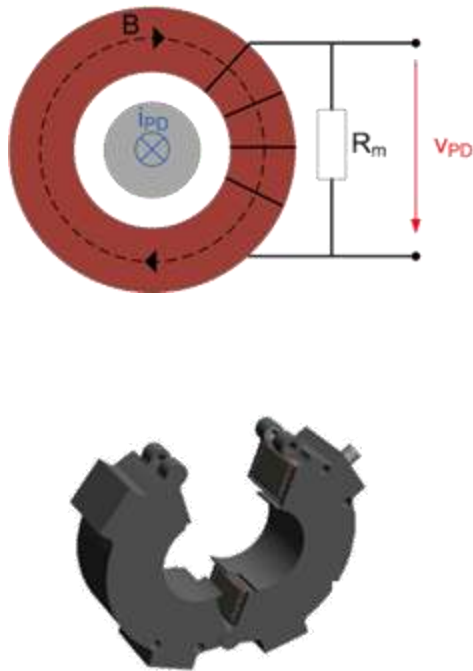


Diagnostyka maszyn wirnikowych on-line

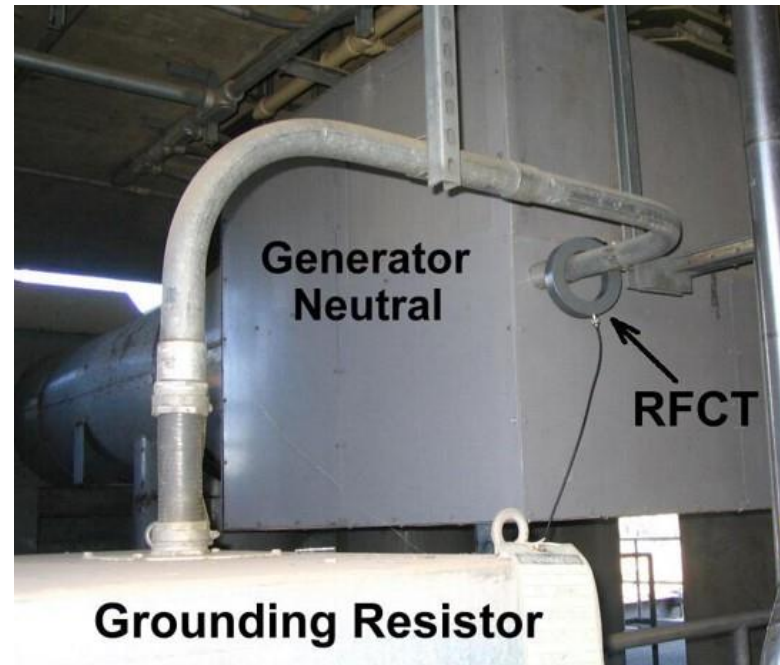


Badanie EMI

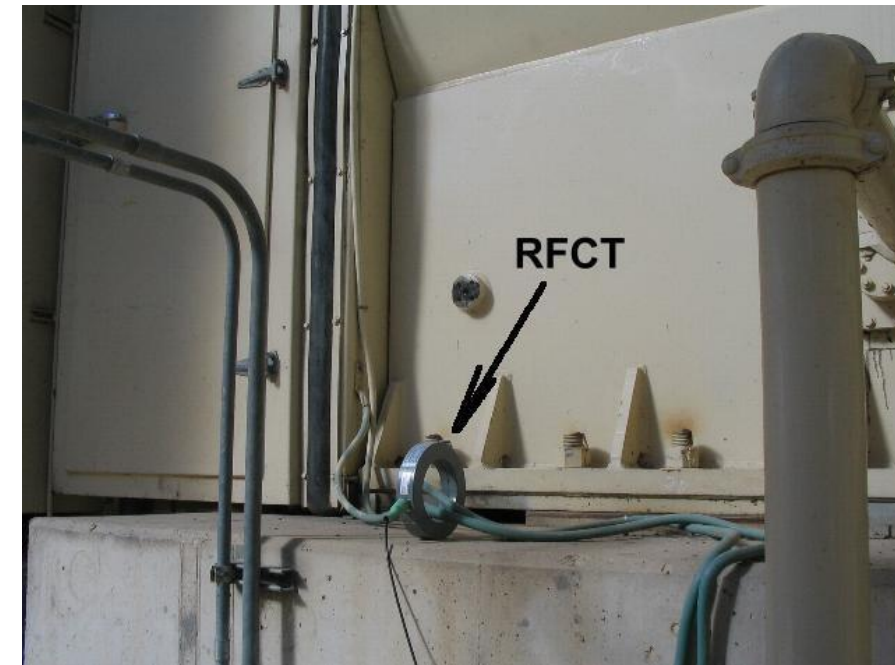
Czujnik WNZ – HFCT (High Frequency Current Transformer); toroidalny przekładnik prądowy wysokich częstotliwości z dzielonym rdzeniem.



HFCT - kabel punktu zerowego



HFCT – uziemienie generatora/silnika



Diagnostyka maszyn wirnikowych on-line



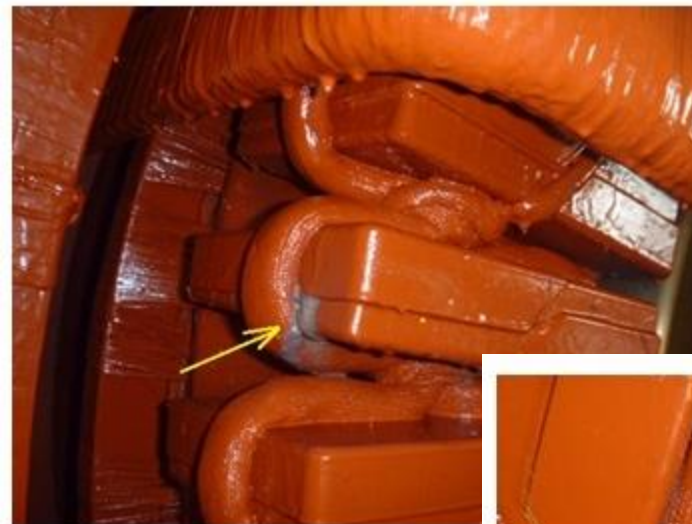
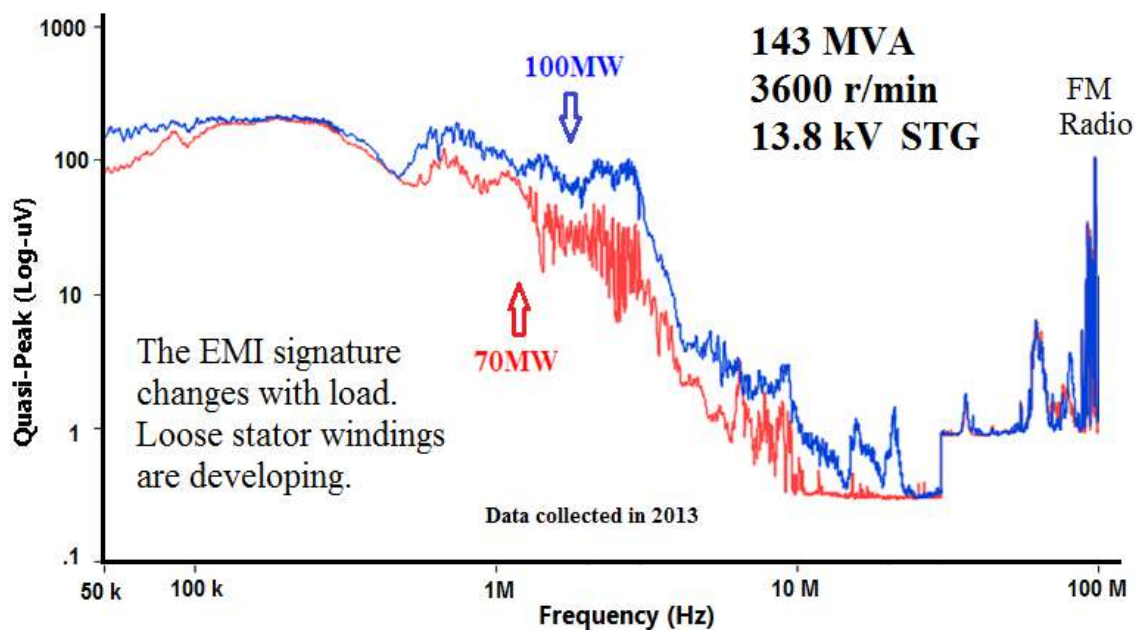
Badanie EMI – przykłady wykrywanych uszkodzeń

Generator	Silnik	Szynoprzewód
Wyładowania w żłobkach stojana	Wyładowania w żłobkach stojana	Poluzowany lub uszkodzony izolator wsporczy
Erozja bocznego uszczelnienia szczeliny żłobków stojana	Pogorszenie izolacji w żłobkach i na końcach uzwojeń	Poluzowane lub skorodowane zaciski łączeniowe
Pogorszenie się zakończeń półprzewodnikowych prętów	Uszkodzone połączenia na śrubach lub zaciskach przewodów stojana	Uszkodzenia izolacji
Luźne kliny w stojanie	Wycieranie się uszczelki olejowej wału	Prądy błędzące
Poluzowane wiązania końców uzwojeń	Uszkodzone pręty w wirniku silnika indukcyjnego	Pozostawiony przewodzący przedmiot w szynoprzewodzie
Opory na pierścieniach	Uszkodzenie łożysk	Uszkodzone połączenie szynoprzewód – przekładnik napięciowy
Zabrudzenia uzwojeń	Utrata współosiowości	Otwarty bezpiecznik w przekładniku napięciowym
Problemy obwodu wzbudnicy	Zabrudzenia uzwojeń	Zanieczyszczenia na izolatorach

Diagnostyka WNZ maszyn wirnikowych



Studium przypadku 1 - badanie EMI (USA)

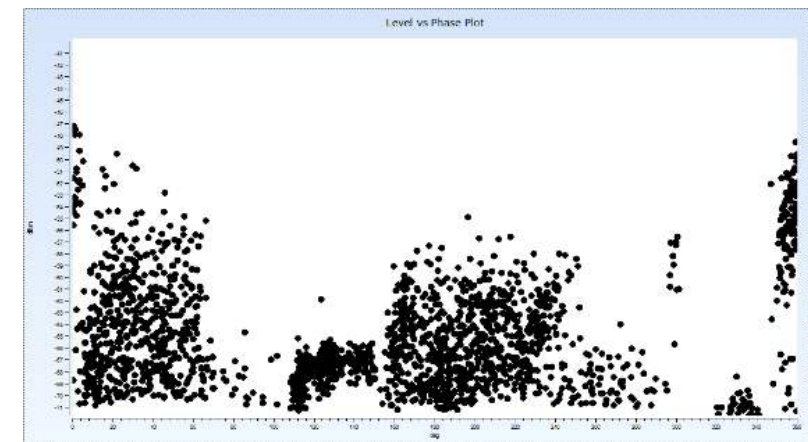
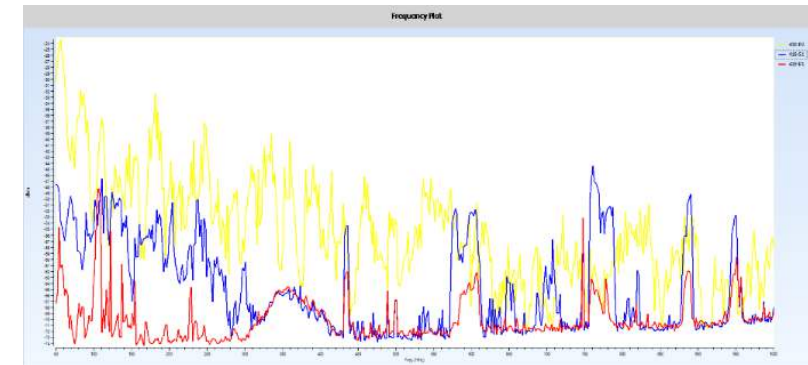
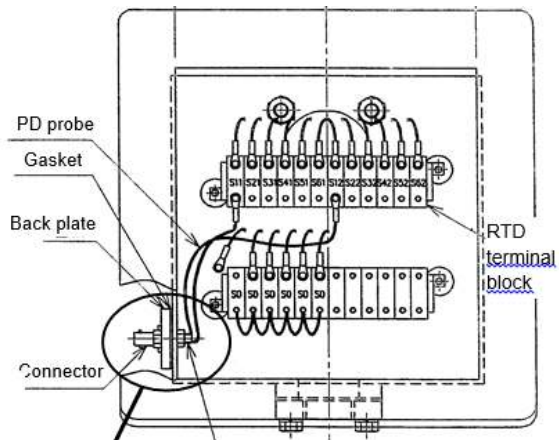


- Wykonano badanie EMI dla dwóch obciążeń generatora, czujnik HFCT.
- Na podstawie analizy widma częstotliwościowego stwierdzono możliwe problem poluzowanie się uzwojeń w żłobkach lub/i na końcach uzwojeń.
- Zalecono inspekcję.

- Wyniki inspekcji: Potwierdzono poluzowanie się uzwojeń.

Diagnostyka WNZ maszyn wirnikowych

Wykorzystanie czujnika RTD jako czujnik WNZ



- Diagnostyka WNZ jest rozpatrywana jako jedna z kluczowych metod detekcji uszkodzeń w izolacji stojana maszyn wirnikowych, zalecana jako rutynowa podczas badań okresowych.
- Analiza wyników oparta o analizę sygnatur rozkładu fazowego zjawisk WNZ wskazuje rodzaj uszkodzenia będącego źródłem WNZ.
- W przypadku zainstalowanych na stałe kondensatorów sprzęgających zalecany pomiar okresowy on-line częściej niż badania okresowe.
- Zastosowanie monitoringu WNZ w celu stałej kontroli izolacji oraz wczesnego ostrzeżenia o rozwijającym się uszkodzeniu.
- W przypadku braku kondensatorów sprzęgających istnieją alternatywne metody pomiarów WNZ on-line – EMI lub RTD jako czujnik WNZ.

Dziękuję za uwagę

