Międzynarodowa Konferencja Transformatorowa
Transformator' 19
Toruń, 7-9 maja 2019 r.

BADANIA WYSOKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWE TRANSFORMATORÓW

Marek Florkowski, Koproracyjne Centrum Badawcze ABB
Jakub Furgał, Akademia Górniczo-Hutnicza
Maciej Kuniewski – Autor prezentujący (AGH)

Toruń, 8 Maja, 2019

Agenda

- Eksploatacja i narażenia transformatorów
- Procedury diagnostyczne transformatorów
- Metoda FRA
- Zjawiska rezonansowe w uzwojeniach
- Cel Pracy
- Wyniki pomiarów wybranych charakterystyk częstotliwościowych
- Podsumowanie

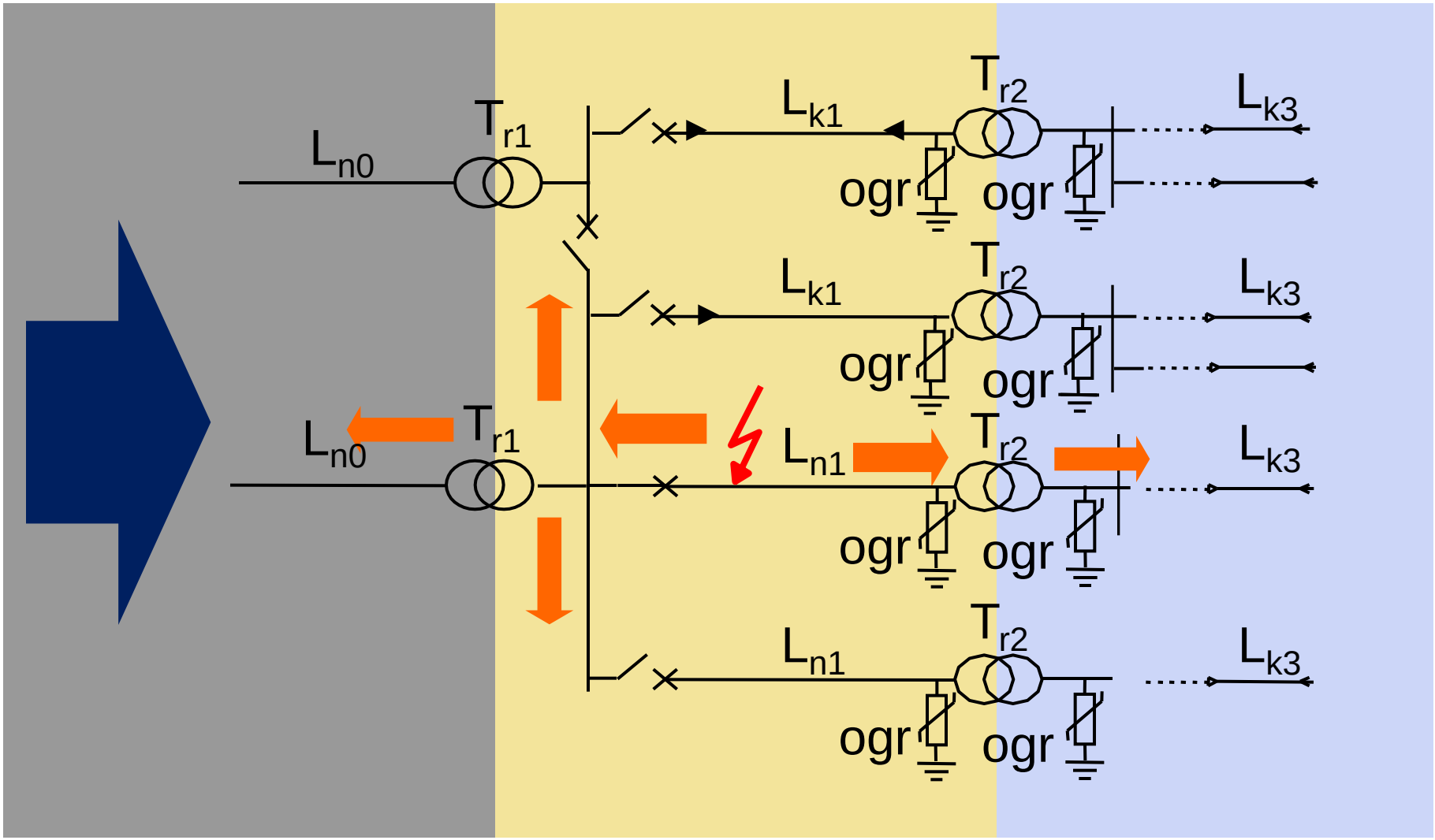
Przepięcia w sieciach elektroenergetyczncyh

Przyczyny powstawania przepięć

- Wyładowania atmosferyczne

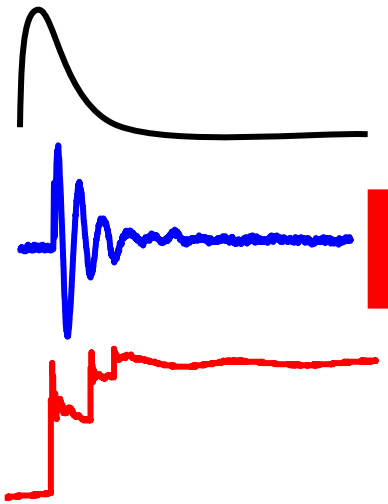
- Operacje łączeniowe
- Niektóre stany awaryjne i ich eliminacja
- Zjawiska rezonansu i ferrorezonansu

Propagacja przepięć w układach elektroenergetycznych

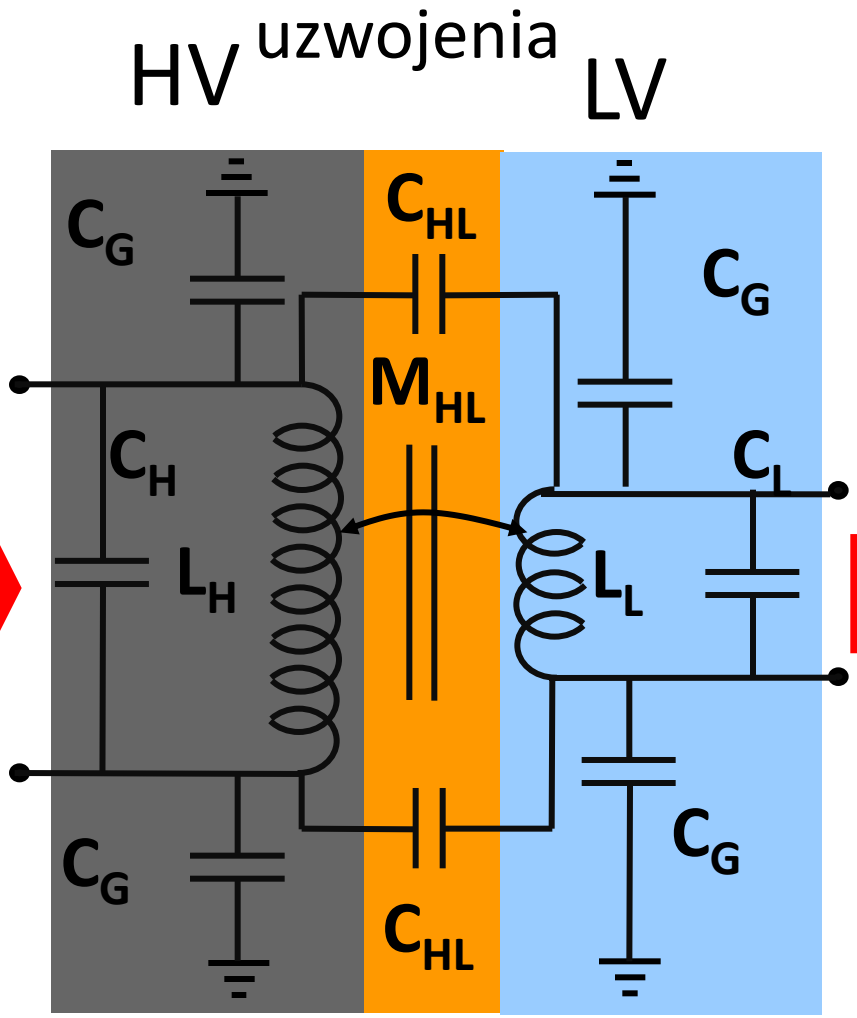


Oddziaływanie przepięć na uzwojenia transformatorów

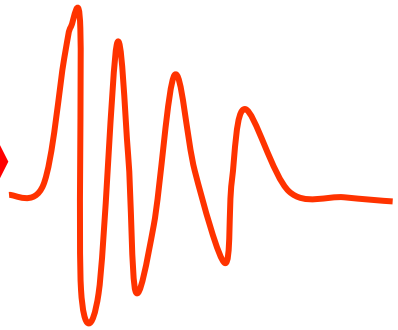
Przykładowe udary wymuszające



$u_1(t)$



Przepięcie przenoszone oraz wewnątrz uzwojeń



$u_2(t)$

C_G, C_{HL}, C_H, C_L – pojemności uzwojeń

transformator

M_{HL}, L_H, L_L – inductances

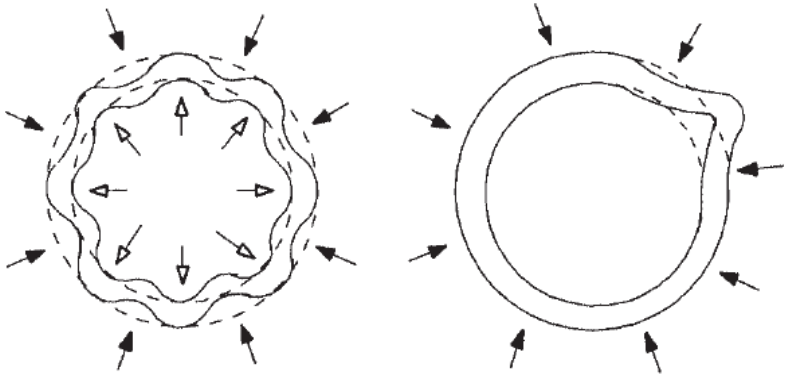
Skutki oddziaływania przepięć na uzwojenia transformatorów

- Narażanie izolacji wewnętrznej,
- Przyśpieszenie starzenia się izolacji,
- Ryzyko uszkodzenia transformatorów,
- Obniżenie niezawodności transformatorów,

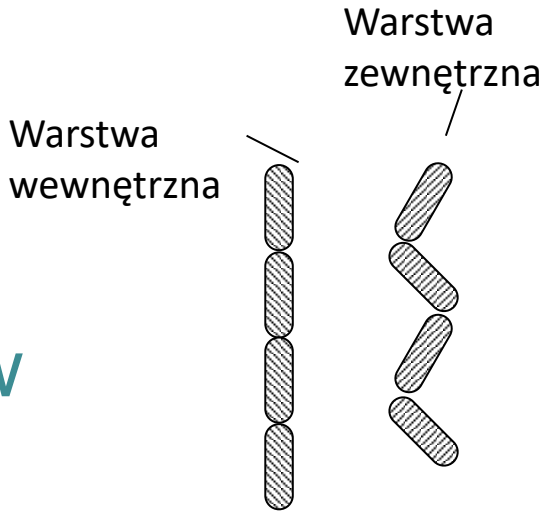
- Narażanie układów izolacyjnych urządzeń podłączonych do zacisków transformatorów,
- Zjawiska rezonansowe w transformatorach,

Eksploatacja transformatorów
Narażenia eksploatacyjne transformatorów

Siły elektromagnetyczne
zgniatanie i
przemieszczanie uzwojeń



Temperatura
starzenie układów
izolacyjnych



Przełącznik zaczepów
awaria przełącznika zaczepów

Wypadki w transporcie
przemieszczanie części aktywnych

Zarządzanie ryzykiem
Monitorowanie stanu obiektu

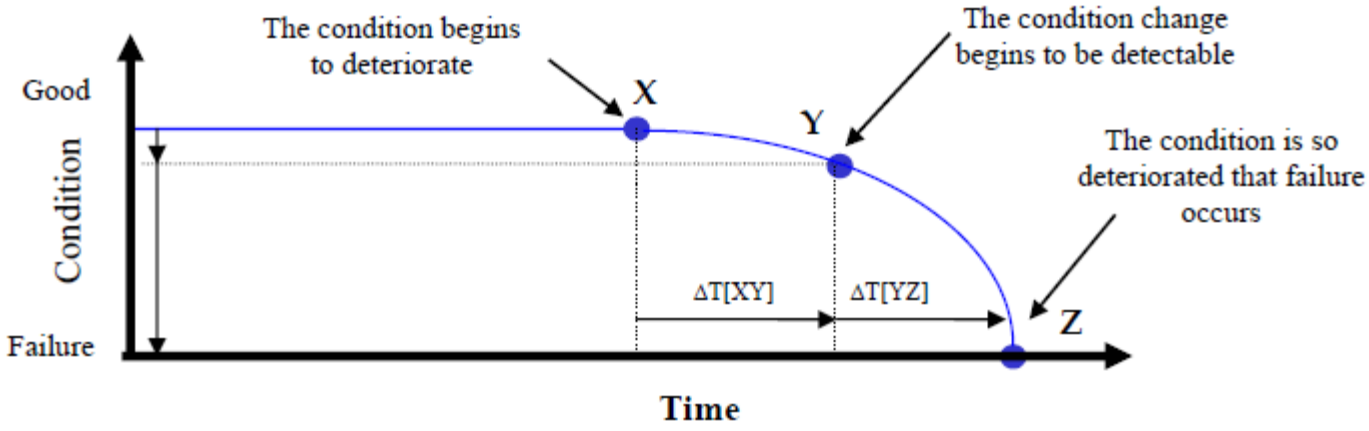
Time Based Maintenance (TBM)

Time Based Condition Monitoring (TBCM)

Condition Based Maintenance (CBM)

On-line Condition Monitoring (OLCM)

Procedury diagnostyczne



Zarządzanie ryzykiem
Procedury diagnostyczne

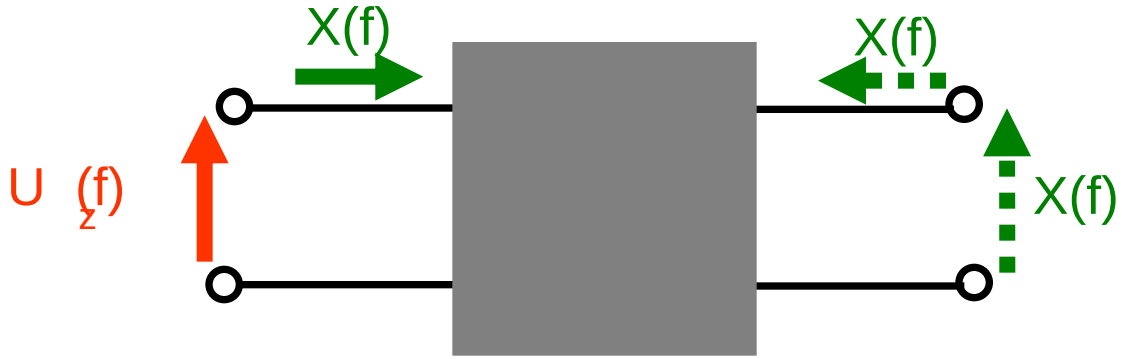
Pomiar wyładowań niezupełnych

Pomiar rezystancji izolacji
współczynnik absorbcji R_{60}/R_{15}, R_{300}/R_{15}

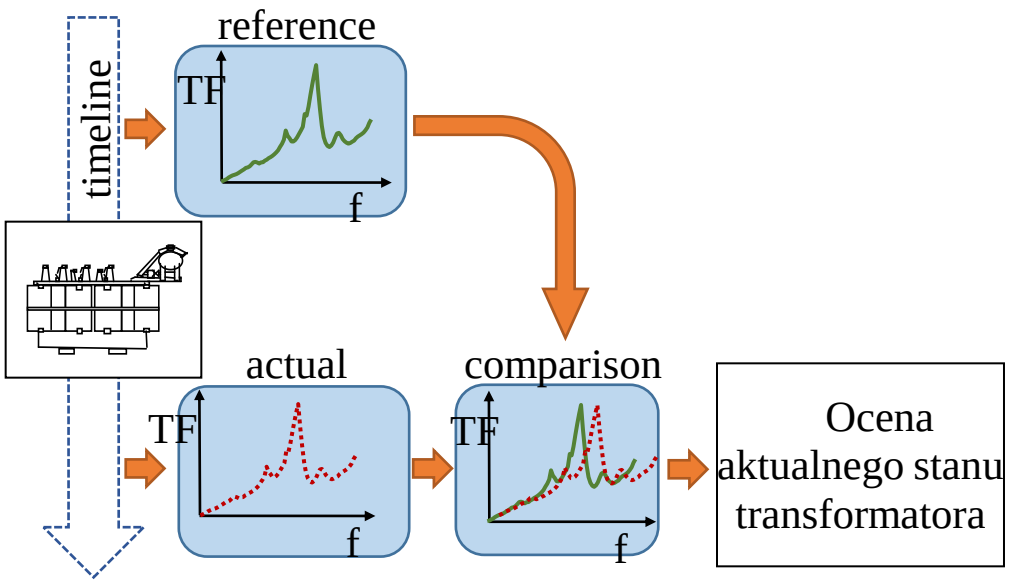
Analiza Gazów Rozpuszczonych(DGA)

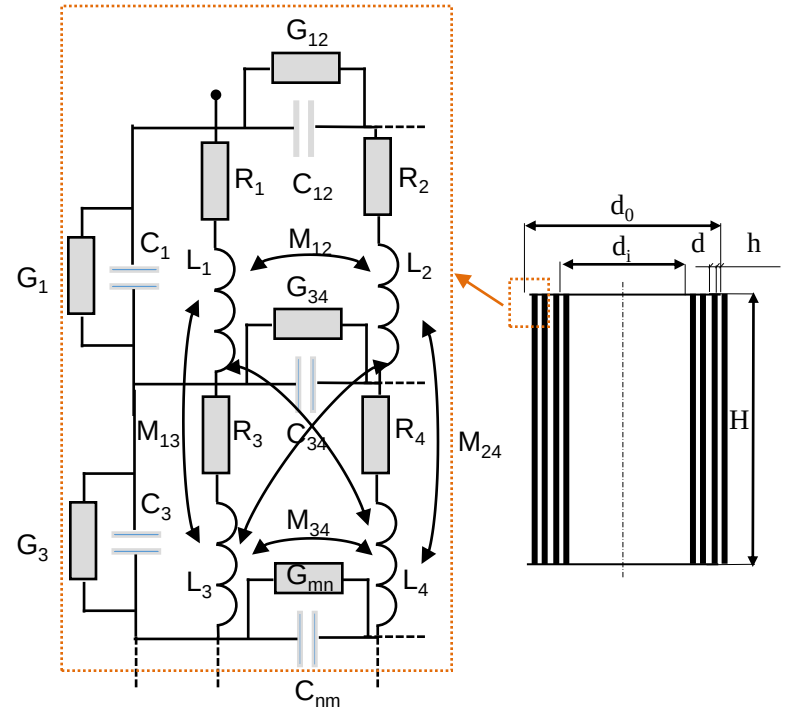
<u>Analiza odpowiedzi częstotliwościowej (FRA)</u>

Analiza odpowiedzi częstotliwościowej
Podstawy metody



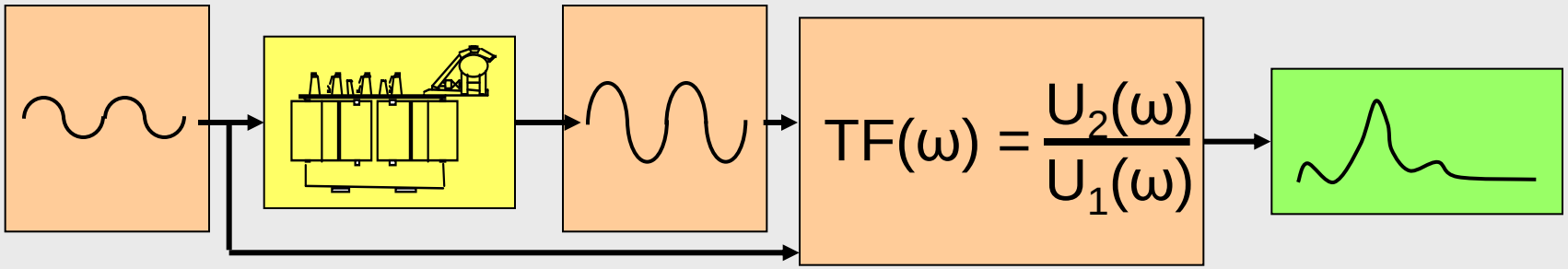
$$TF(f) = \frac{X(f)}{U_z(f)}$$



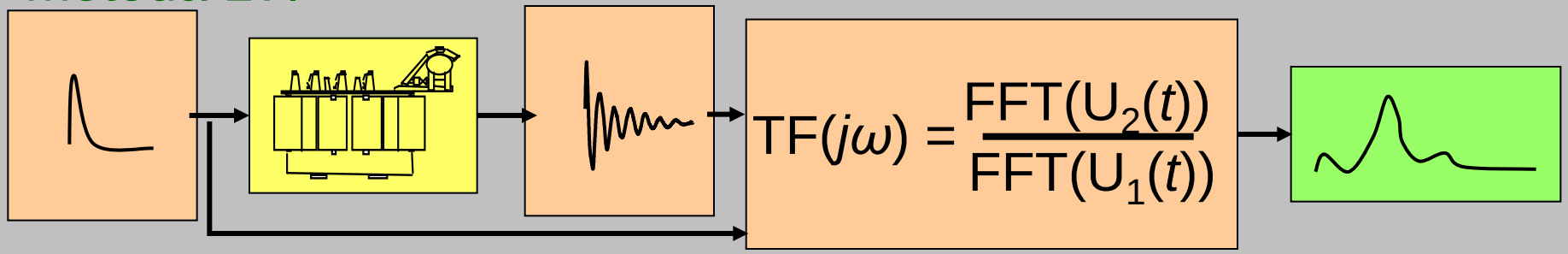


Analiza odpowiedzi częstotliwościowej
Metody pomiaru

metoda SFRA



metoda LVI



Cel Pracy

- Analiza możliwości oceny stanu technicznego transformatorów przy użyciu metody FRA
    - Napięcie sinusoidalne metoda SFRA,
    - Współczynnik TFD
    - Wybrane uszkodzenia uzwojeń,

- Wykorzystanie metody SFRA w celu oceny częstotliwości rezonansowych przepięć w uzwojeniach:
    - Przepięcia własne w uzwojeniach,
    - Przepięcia przenoszone do innych faz,

Zakres wykonanych pomiarów

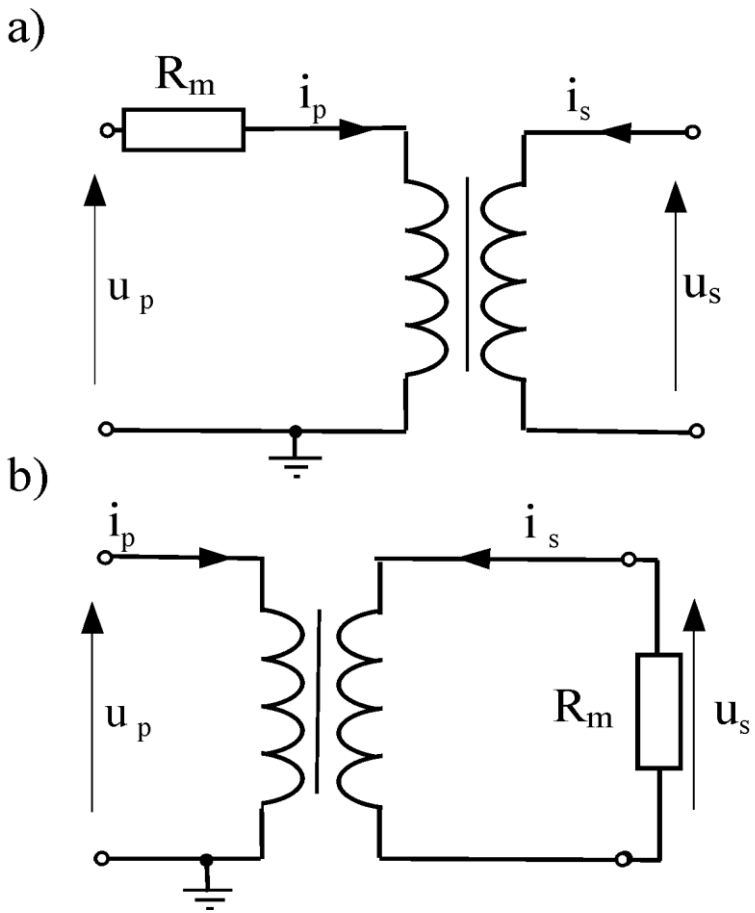
- Pomiary admitancji transadmitancji oraz stosunku napięć:
  - Metoda SFRA, 50 Hz – 1 MHz, u = 20 V_{pp}
- Analizowane uszkodzenia:
  - Bez uszkodzenia,
  - Przesunięcia uzwojeń
- Przepięcia w uzwojeniach
  - Przepięcia własne
  - Przepięcia przenoszone

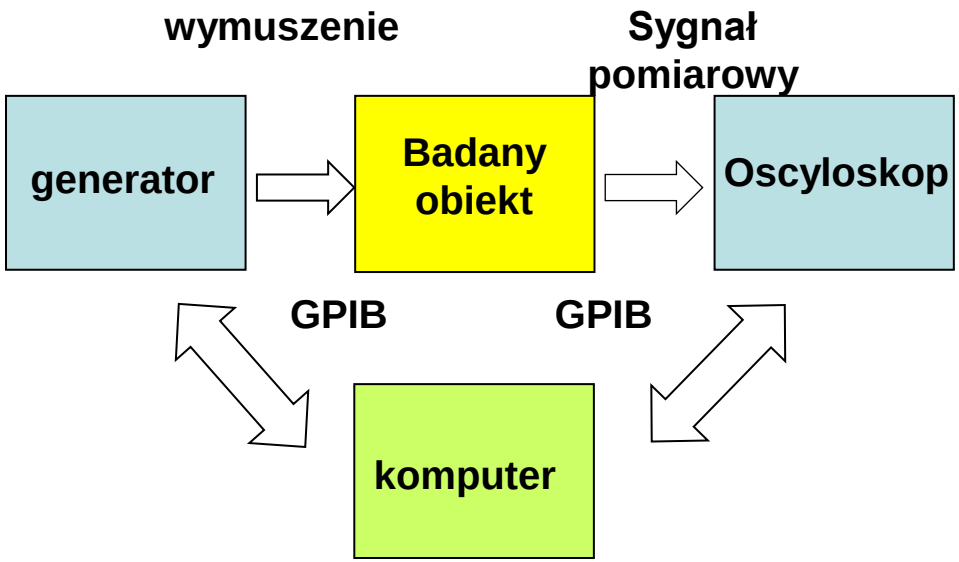
Badany obiekt

Parametry transformatora dystrybucyjnego

S_n, kVA	250	
U_n, kV	15/0,4	
uzwojenie, -	pierwotne (HV)	wtórne (LV)
Typ uzwojenia	cewkowe	warstwowe
Liczba cewek/warstw	8	2
Średnica wewnętrzna, mm	220	157
Średnica zewnętrzna, mm	270	205
Liczba zwojów, -	5840	180
Wysokość cewki, mm	280	

Układy pomiarowe współczynnik TFD



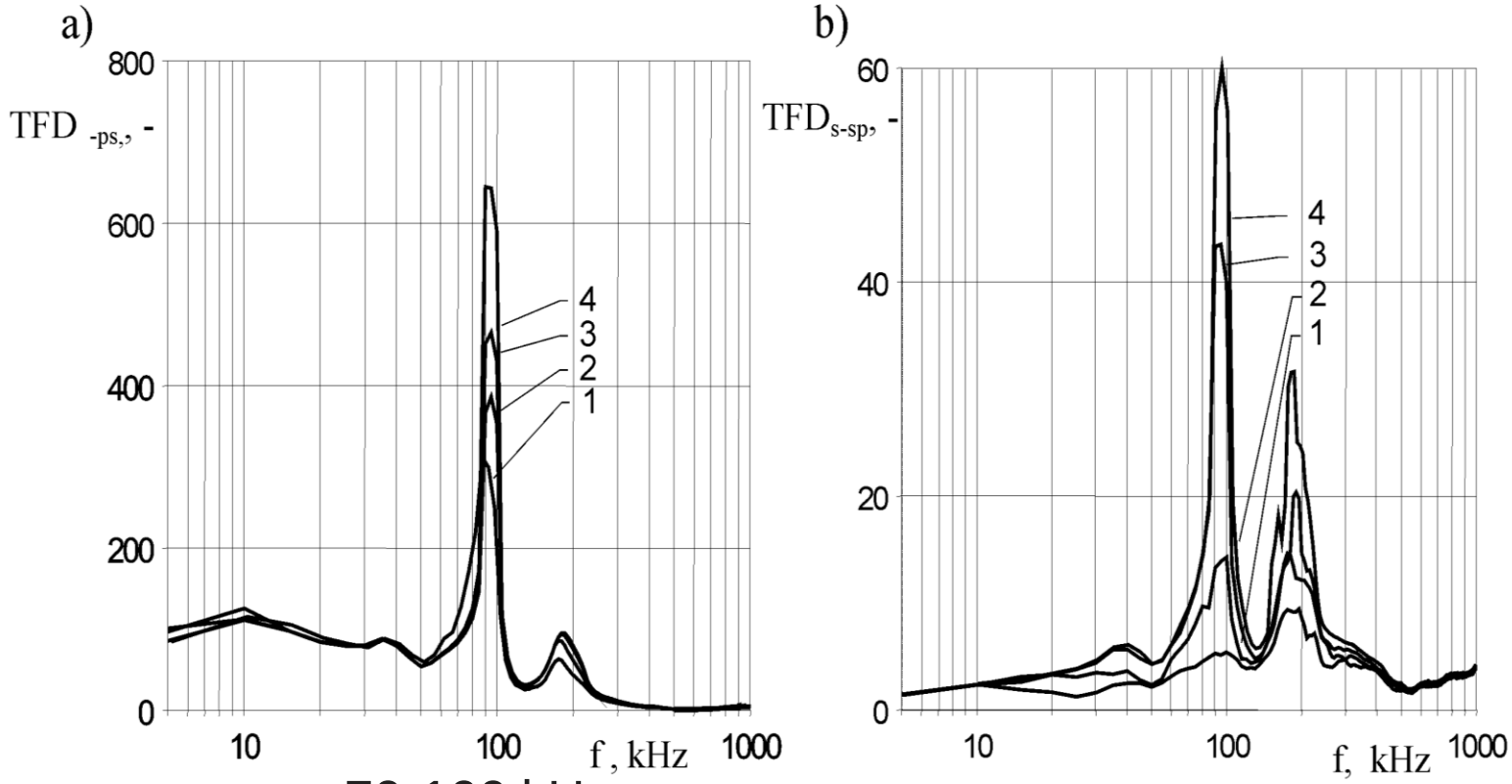


$$TFD_{x-xy}(f) = \frac{Y_x(f)}{TF_{xy}(f)}$$

Y_x – admitancja uzwojenia

TF_{xy} – transadmitancja uzwojenia

Wyniki pomiarów oceny uszkodzeń współczynnik TFD



70-100 kHz

10-250 kHz

$TFD_{p\text{-}ps}$

$TFD_{s\text{-}sp}$

1 – bez przesunięcia,

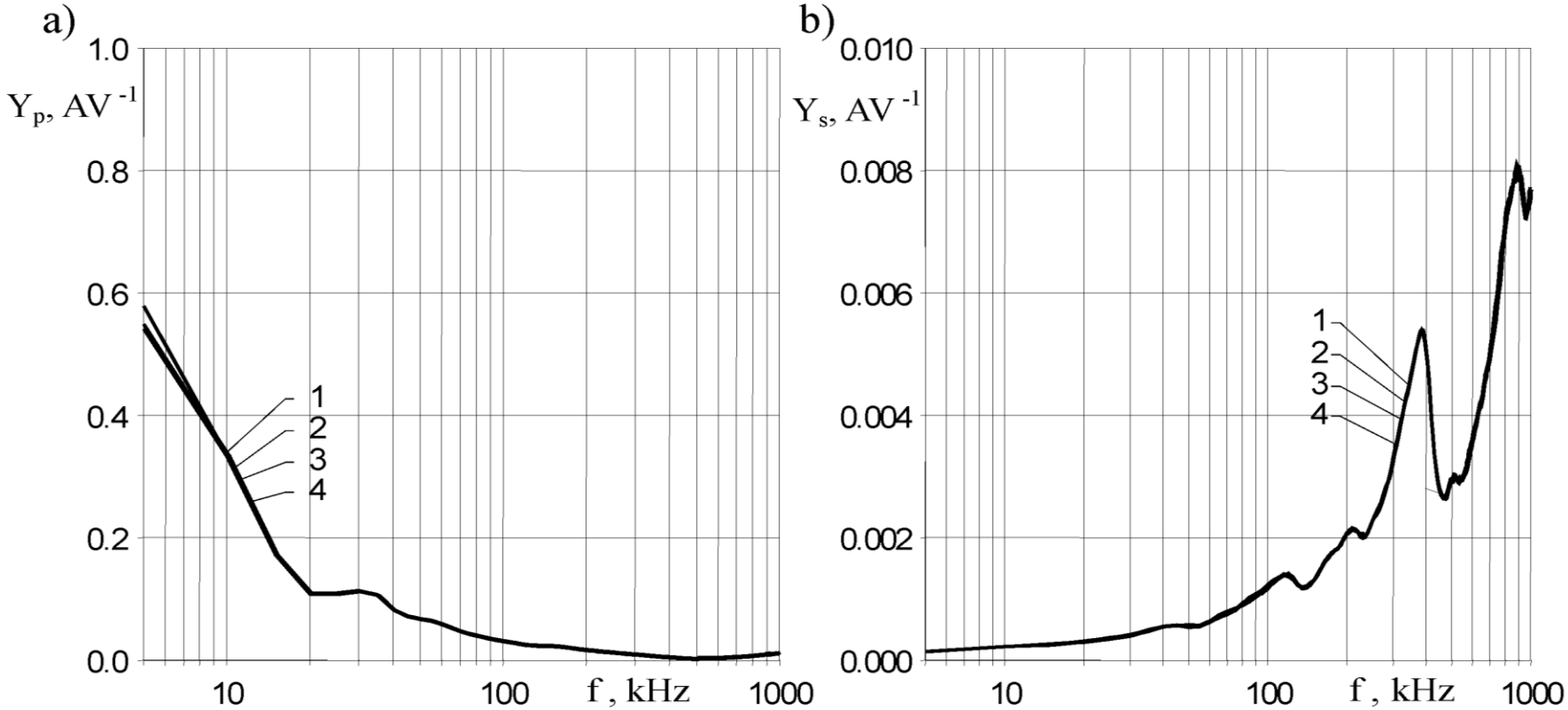
Przesunięcie środka symetrii

2 – d = 3 mm

3 – d = 6 mm

4 – d = 8 mm

Wyniki pomiarów oceny uszkodzeń
Admitancja Y



Yp

Ys

1 – bez przesunięcia,

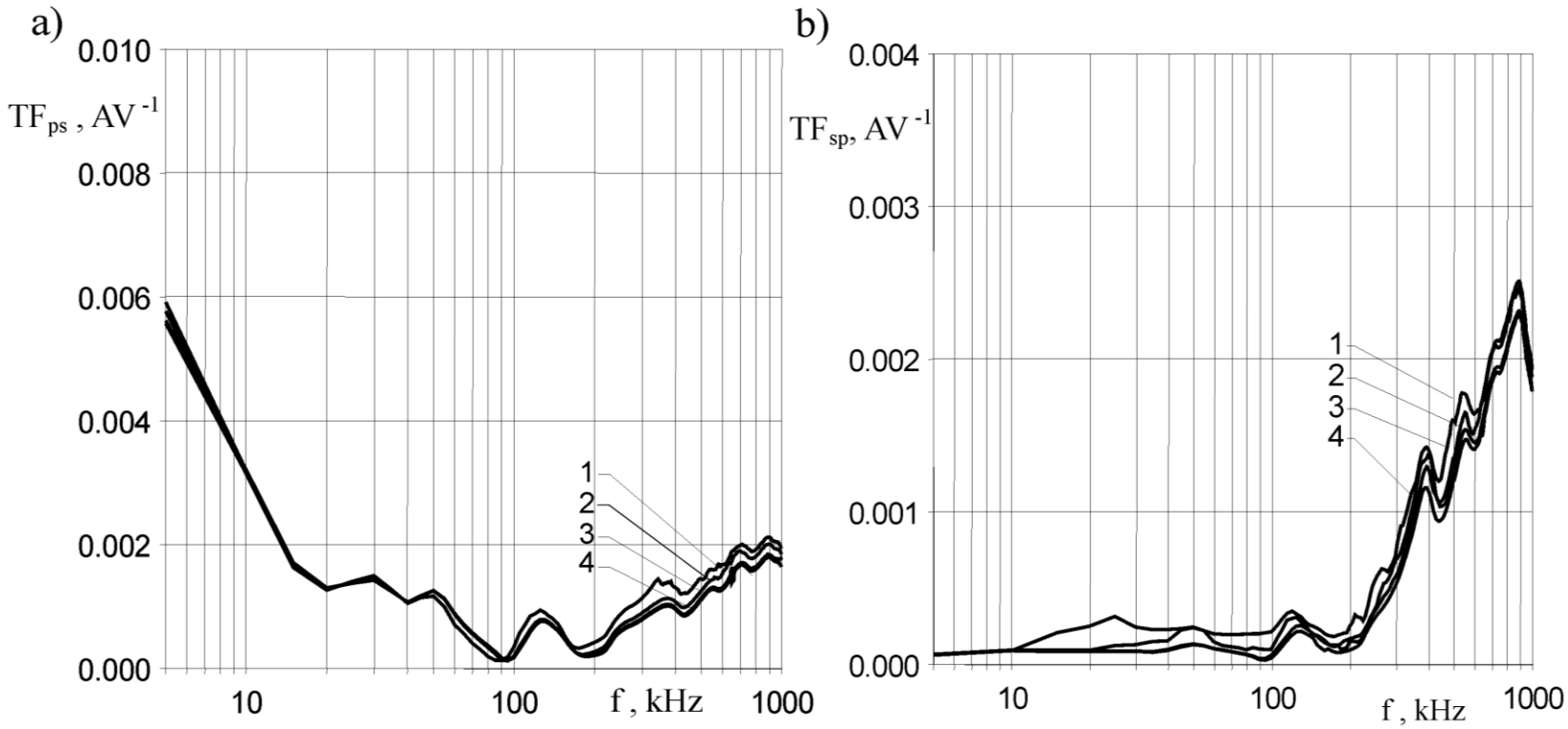
Przesunięcie środka symetrii

2 – d = 3 mm

3 – d = 6 mm

4 – d = 8 mm

Wyniki pomiarów oceny uszkodzeń współczynnik TF (transadmitancja)



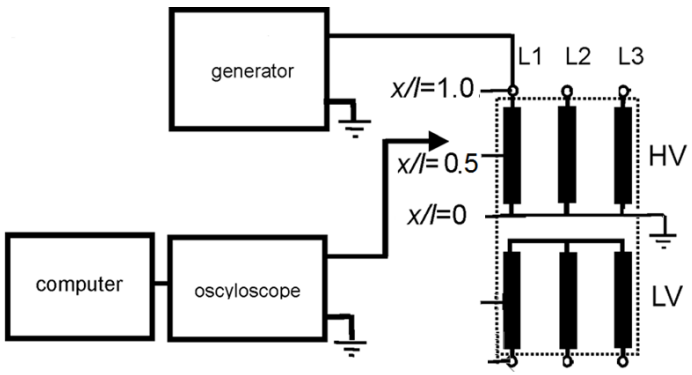
TF_{ps}

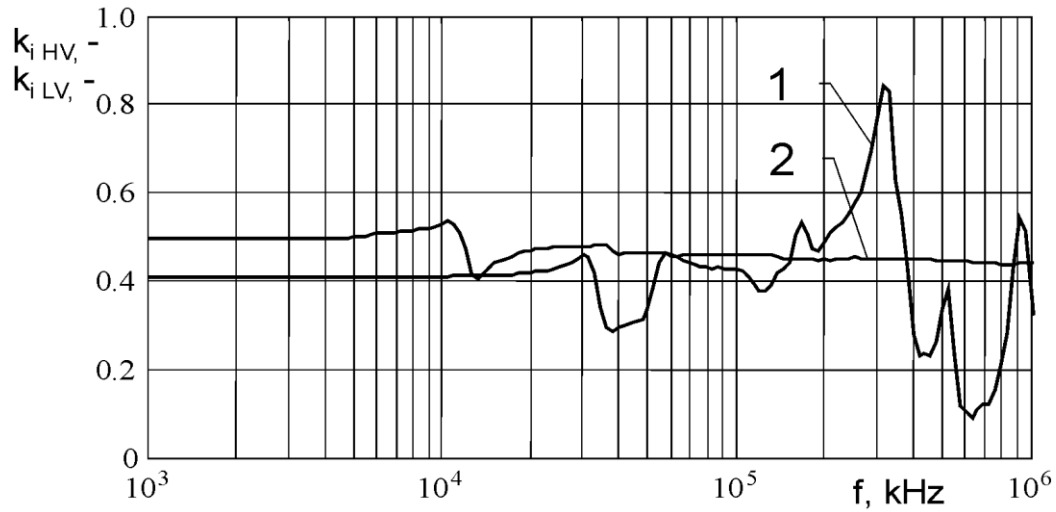
TF_{sp}

1 – bez przesunięcia,
Przesunięcie środka symetrii
2 – d = 3 mm
3 – d = 6 mm
4 – d = 8 mm

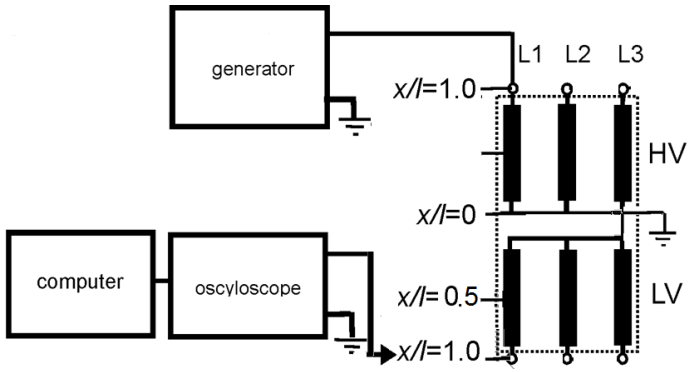
Ocena częstotliwości rezonansowych przepięć w uzwojeniach

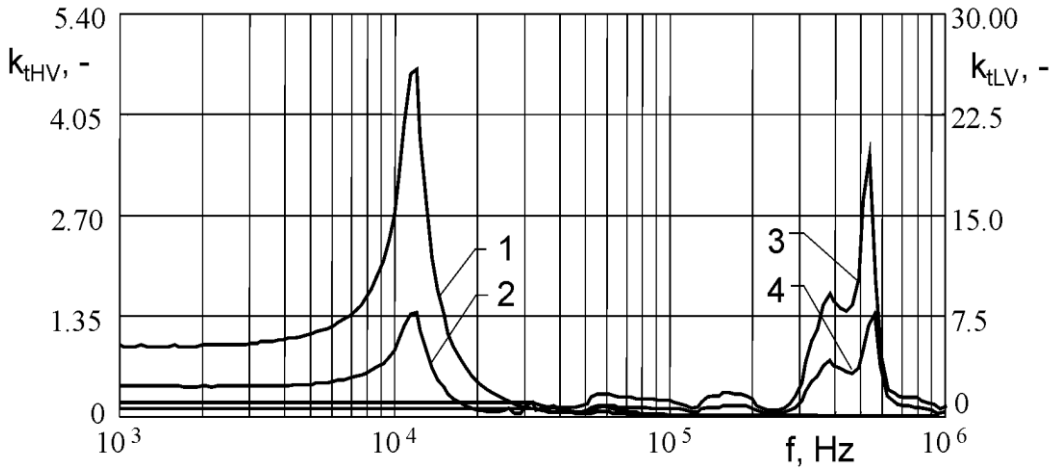
Charakterystyka przepięć własnych



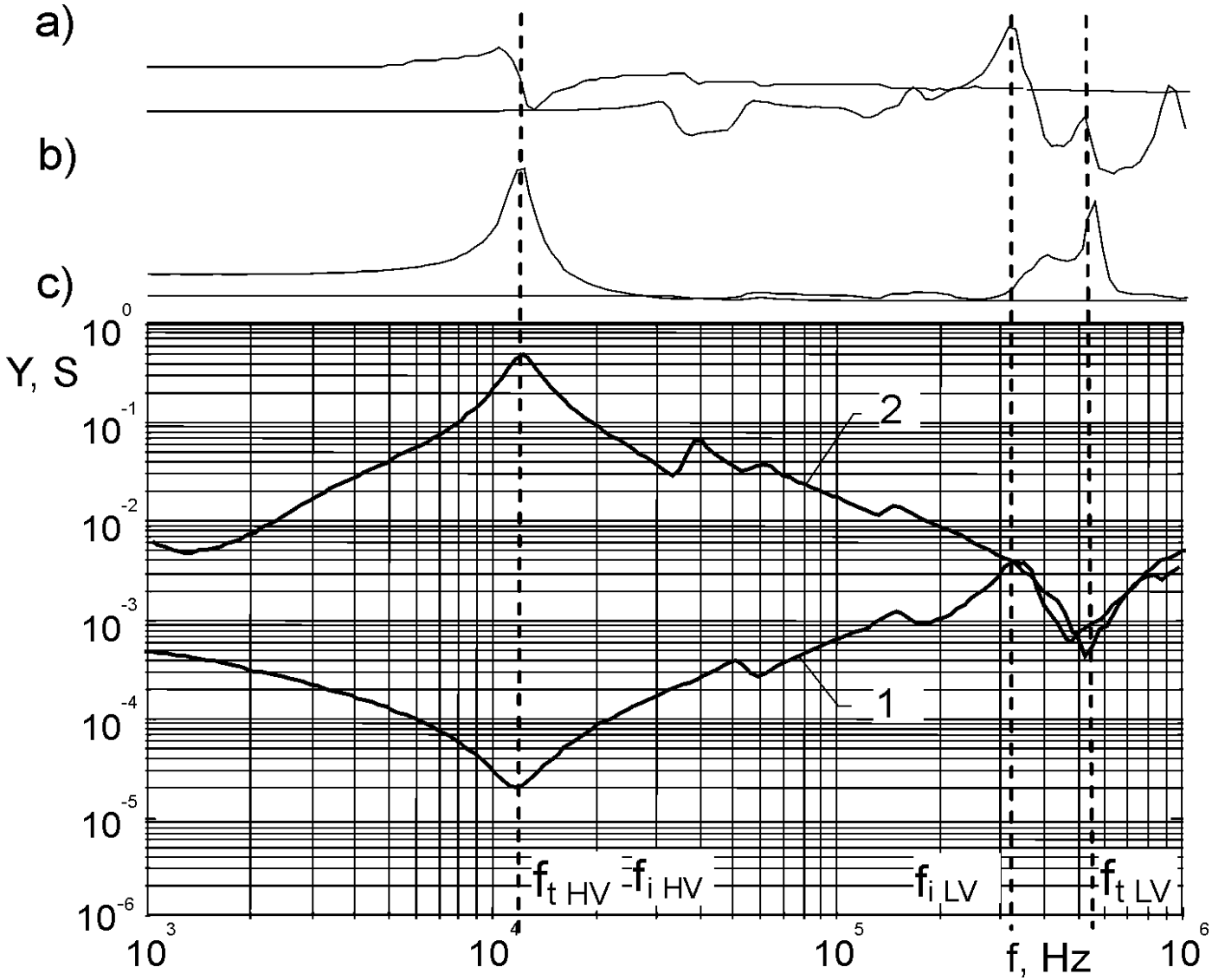


Charakterystyka przepięć przenoszonych do uzwojeń





Identyfikacja częstotliwości rezonansowych przepięć w uzwojeniach



1 - Admitancja uzwojenia GN, DN(zwarte)

2 - Admitancja uzwojenia DN

Podsumowanie

- Przesunięcia uzwojeń mogą być wykrywane dzięki pomiarom współczynnika TFD
- Przepięcia rezonansowe wewnątrz uzwojeń posiadają wartości większe niż te wynikające z aktualnej przekładni zwojowej
- Charakterystyki częstotliwościowe przepięć wskazują na występowanie częstotliwości rezonansowych wewnątrz uzwojeń skorelowanych z minimami i maksimami admitancji uzwojeń

Dziękuję za uwagę

Międzynarodowa Konferencja Transformatorowa
Transformator' 19
Toruń, 7-9 maja 2019 r.

BADANIA WYSOKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWE TRANSFORMATORÓW

Marek Florkowski, Koproracyjne Centrum Badawcze ABB
Jakub Furgał, Akademia Górniczo-Hutnicza
Maciej Kuniewski – Autor prezentujący (AGH)

Toruń, 8 Maja, 2019