



ZAKŁAD BADAŃ I ANALIZ SIECIOWYCH (EBA)

Zakres prac badawczych i usługowych Zakładu Badań i Analiz Sieciowych

- **Pomiary terenowe bezpośrednie i analizy teoretyczne procesów występujących w sieciach elektroenergetycznych SN i WN w stanach ustalonych oraz niestabilnych powodowanych operacjami łączeniowymi oraz zakłóceniami zwarciovymi,**
- **Analizy i oceny wpływu nowowprowadzanych do KSE układów i urządzeń elektroenergetycznych (baterie kondensatorów, dławiki, transformatory itp.),**
- **Analizy układów stacyjnych WN i NN pod względem ich podatności ferorezonansowej,**
- **Badania i analizy dotyczące ochrony przeciwprzepięciowej oraz rozwiązań tłumiących ferorezonans w elektrownianych sieciach SN,**
- **Analizy dotyczące skutków wprowadzania do eksploatacji systemów łączy synchronizowanych baterii kondensatorów, transformatorów i dławików oraz linii elektroenergetycznych**

- **Analizy parametrów pracy linii elektroenergetycznych WN i NN w rozmaitych konfiguracjach i warunkach przesyłowych Wybór układu pracy punktu neutralnego sieci rozdzielczych SN,**
- **Badania poziomu napięć oraz skuteczności ochrony przeciwprzebieciowej sieci i urządzeń elektrycznych SN i WN,**
- **Dobór aparatury łączeniowej przeznaczonej do eksploatacji w elektrownianych i przemysłowych sieciach SN,**
- **Dobór i ocena dopuszczalnej obciążalności energetycznej ograniczników napięć w obwodach pierwotnych i wtórnych układów elektroenergetycznych,**
- **Opracowywanie wymagań technicznych dla aparatury i urządzeń elektroenergetycznych oraz ich dobór w zależności od warunków eksploatacji sieci i jej parametrów,**
- **Analizy przyczyn uszkodzeń i awarii układów i urządzeń elektroenergetycznych SN, WN i NN,**

- **Diagnostyka, ocena warunków eksploatacji oraz stanu technicznego urządzeń elektroenergetycznych (audyt elektroenergetyczny)**
- **Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej ludzi w wysokonapięciowych instalacjach elektrycznych:**
 - **pomiary napięć rażeniowych,**
 - **pomiary napięć uziomowych,**
 - **pomiary impedancji uziemień,**
 - **pomiary wynoszonego potencjału,**
 - **pomiary ciągłości galwanicznej uziemień**

Referencje Zakładu EBA

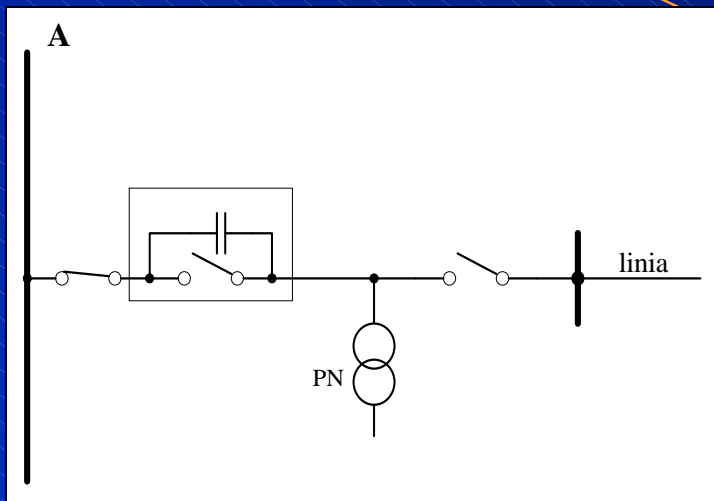
1. **Polskie Sieci Elektroenergetyczne –Operator (centrala)**
2. **PSE – spółki obszarowe**
3. **PGE – Elektrownia Turów**
4. **KGHM**
5. **Elektrownia Koźienice**
6. **Elektrownia Wodna Włocławek**
7. **Elektrociepłownia Siekierki**
8. **Elektrownia Bełchatów**
9. **PKN ORLEN S.A.**
10. **PERN „Przyjaźń”**
11. **Kopalnia Węgla Brunatnego – Konin**
12. **Elektrobudowa S.A.**
13. **RWE (STOEN S.A.)**
14. **ORLEN-Eltech**

ZJAWISKA FERROREZONANSOWE W SIECIACH WYSOKIEGO NAPIĘCIA

ZJAWISKA FERROREZONANSOWE W SIECIACH WYSOKIEGO NAPIĘCIA

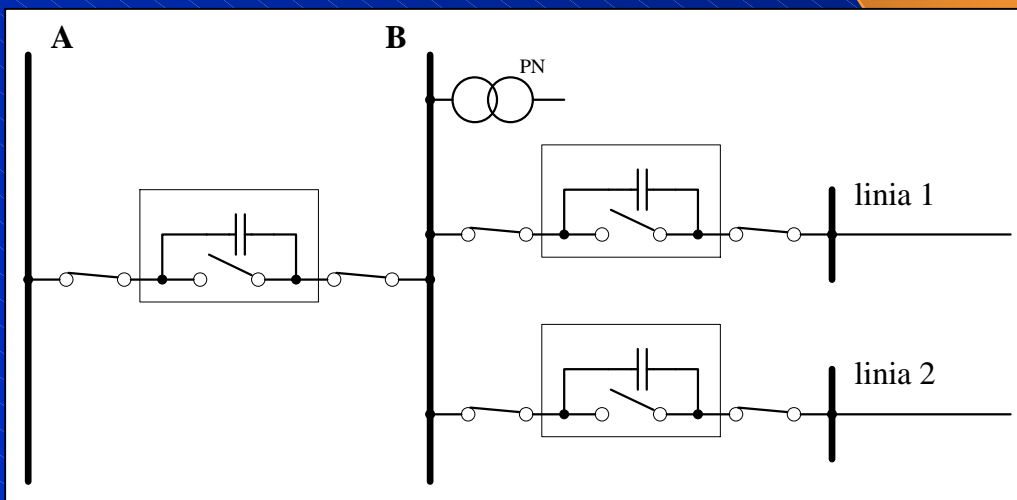
- Zjawiska ferrorezonansowe w sieciach wysokich napięć są ściśle związane z konfiguracją układu oraz obecnością indukcyjnych przekładników napięciowych i wyłączników wieloprzerwowych wyposażonych w kondensatory sterujące przyłączone równolegle do ich komór gaszeniowych.
- Ferrorezonans wzbudza się po otwarciu wyłączników wieloprzerwowych zasilających system szyn zbiorczych lub jego część, do którego są przyłączone indukcyjne przekładniki napięciowe, przy jednocześnie zamkniętych odłącznikach znajdujących się po obu stronach otwartych wyłączników. Najczęściej taki stan stacji rozdzielczych wysokiego napięcia występuje po zadziałaniu zabezpieczeń różnicowych lub przy przełączaniu zasilania z jednego na drugi system szyn zbiorczych. Ferrorezonans może również wystąpić w układzie linii dwutorowej z przekładnikami indukcyjnymi, w której jeden tor jest pod napięciem, a drugi jest wyłączony.

UKŁADY SIECIOWE PODATNE NA FERROREZONANS

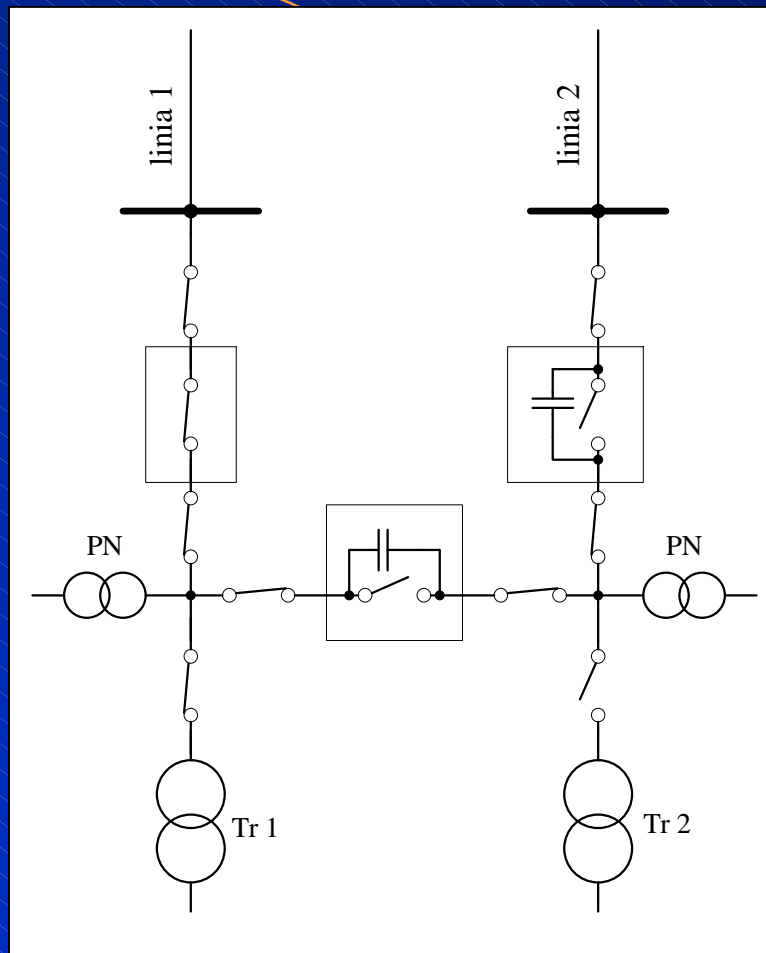


Pole liniowe

Układ szyn zbiorczych

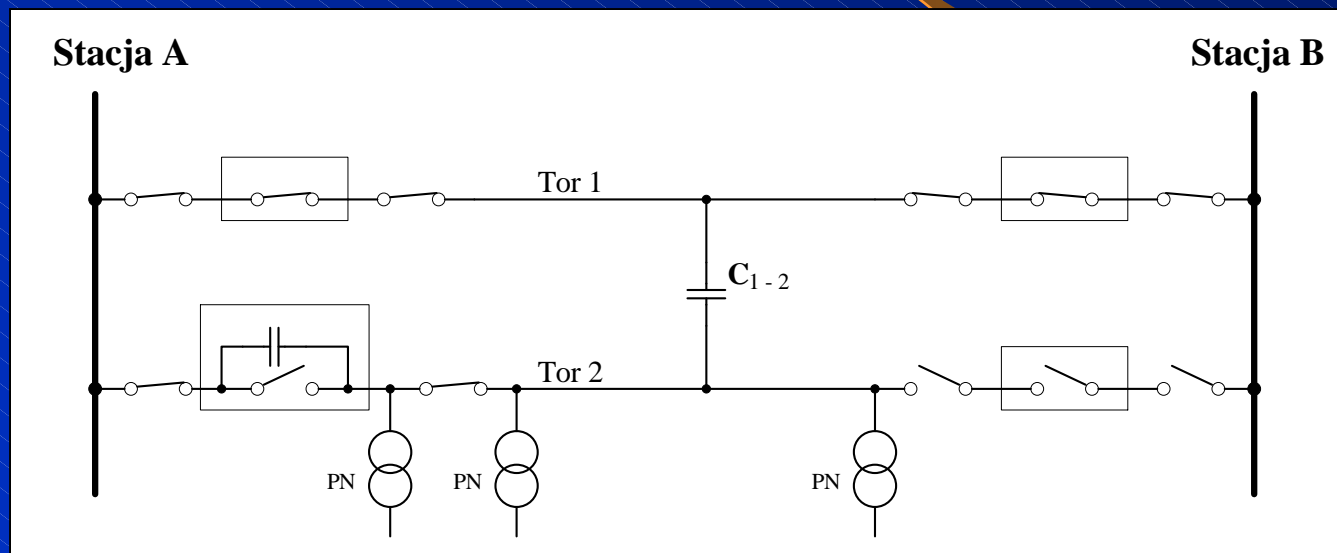


UKŁADY SIECIOWE PODATNE NA FERROREZONANS

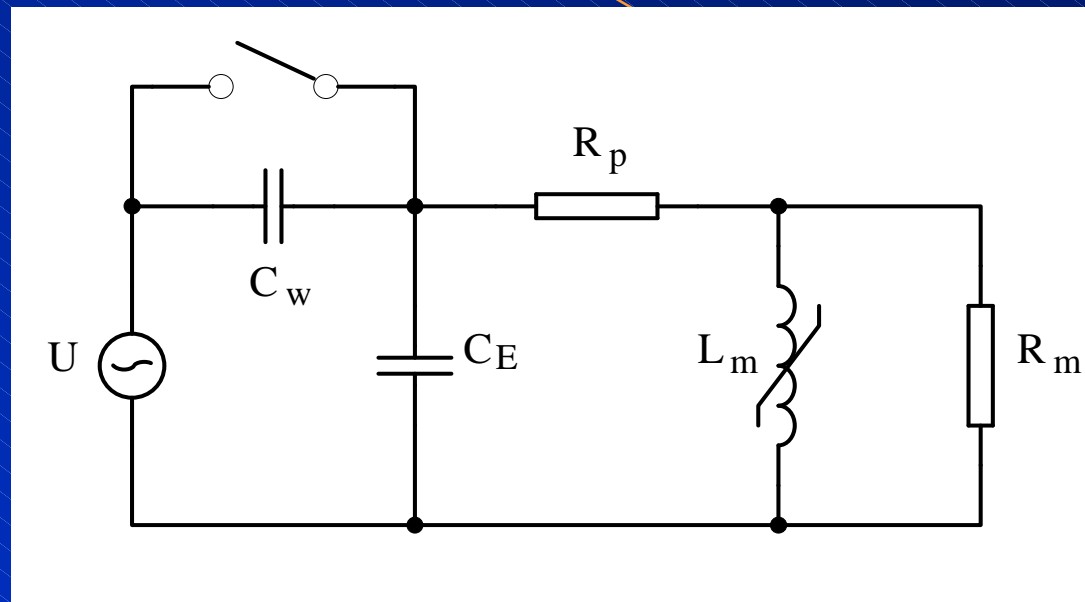


Stacja typu H

UKŁADY SIECIOWE PODATNE NA FERROREZONANS



Linia dwutorowa sprzężona pojemnościowo



Jednofazowy schemat zastępczy układu sprzyjającego ferorezonansowi
 (U – napięcie fazowe sieci, C_w – wynikowa pojemność kondensatorów sterujących wyłączników,
 C_E – wynikowa pojemność doziemna fragmentu stacji, R_p – rezystancja uzwojenia pierwotnego
 przekładnika, L_m – nieliniowa indukcyjność przekładnika, R_m – rezystancja odwzorowująca
 obciążenie uzwojenia wtórnego oraz straty czynne w rdzeniu magnetycznym przekładnika)



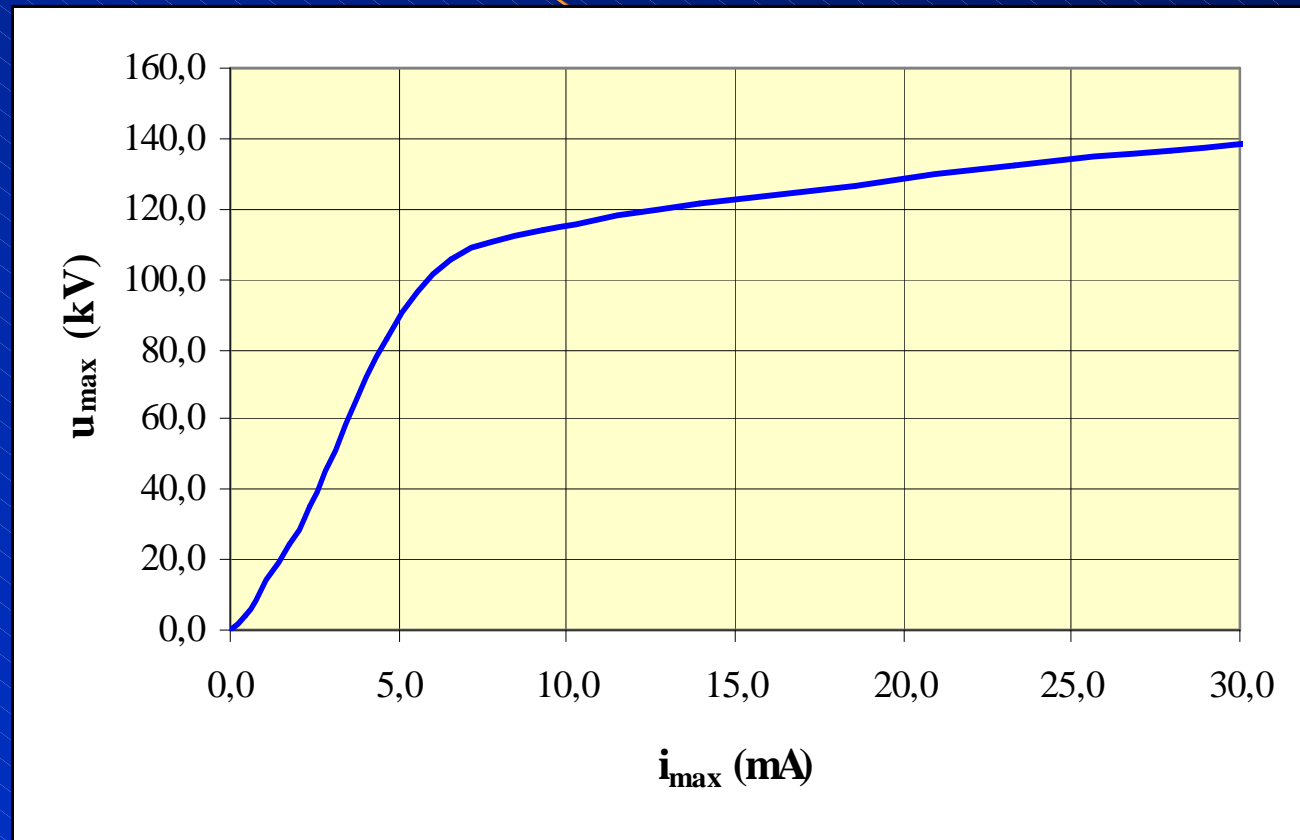
Destrukcja przekładnika napięciowego 230 kV wskutek ferorezonansu

BADANIA LABORATORYJNE i SYMULACYJNE PODATNOŚCI FERROREZONANSOWEJ PRZEKŁADNIKÓW NAPIĘCIOWYCH

$$U_1 = 110 / \sqrt{3} \text{ kV}$$
$$z_1 = 47 \text{ } 100 \text{ zw}$$
$$R_1 = 30,6 \text{ k}\Omega$$
$$C_p = 150 \text{ pF}$$

$$U_{2(1,2)} = 100 / \sqrt{3} \text{ V}$$
$$20 \text{ VA, kl. 0,2}$$
$$z_{2(1,2)} = 43 \text{ zw}$$
$$R_{2(1,2)} = 0,025 \text{ }\Omega$$

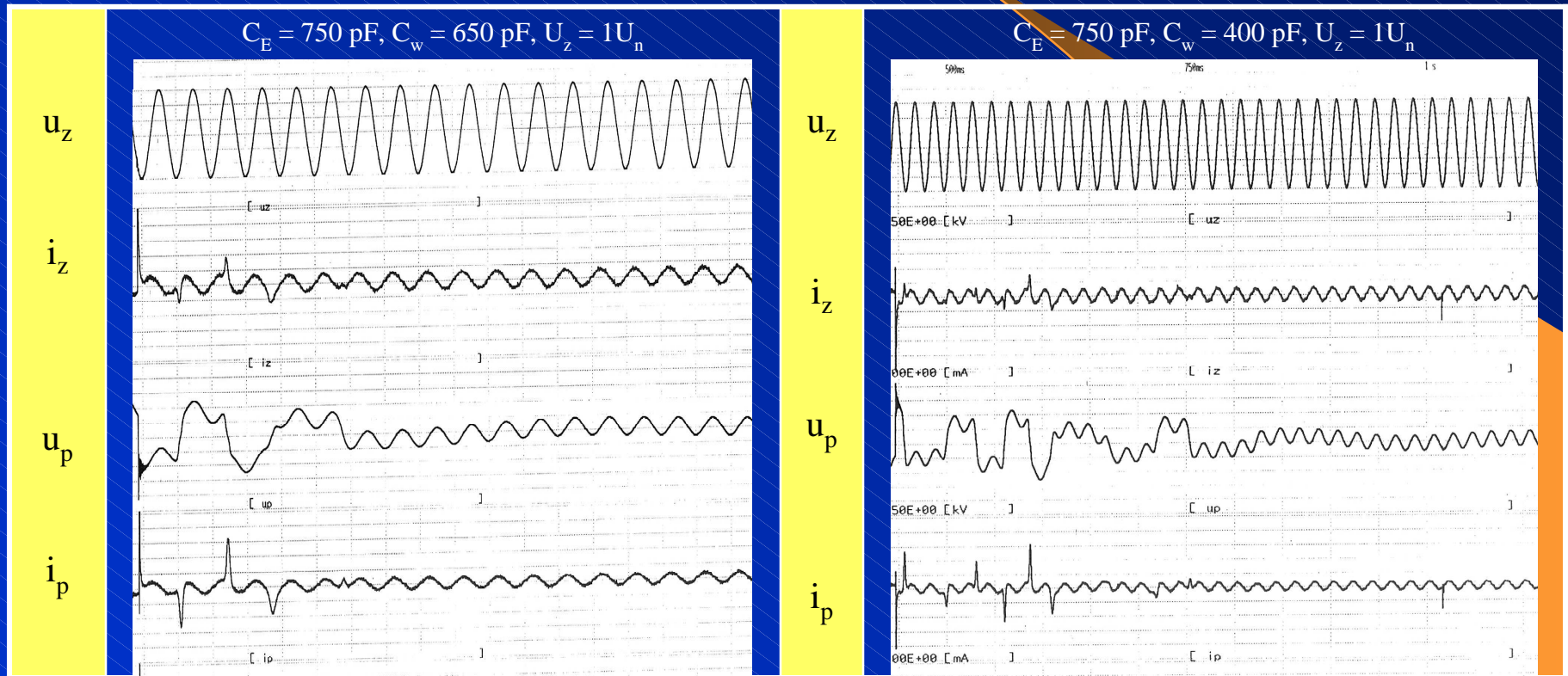
$$U_{2(3)} = 100:3 \text{ V}$$
$$50 \text{ VA, kl. 3P}$$
$$z_{2(3)} = 25 \text{ zw}$$
$$R_{2(3)} = 0,032 \text{ }\Omega$$



Podstawowe dane techniczne przekładnika typu A

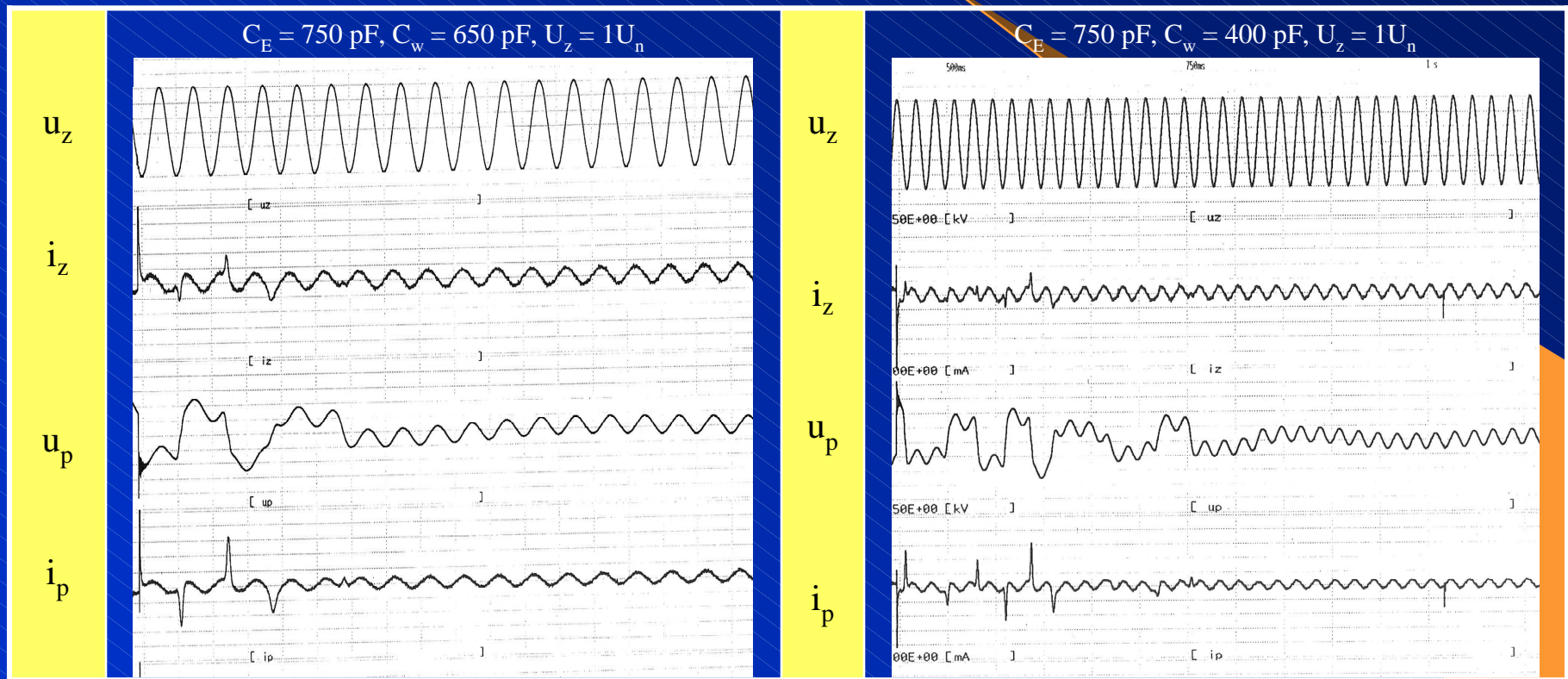
BADANIA LABORATORYJNE I SYMULACYJNE PODATNOŚCI FERROREZONANSOWEJ PRZEKŁADNIKÓW NAPIĘCIOWYCH

Przykładowe rejestracje z prób
(ferrorezonans samotłumiący się)



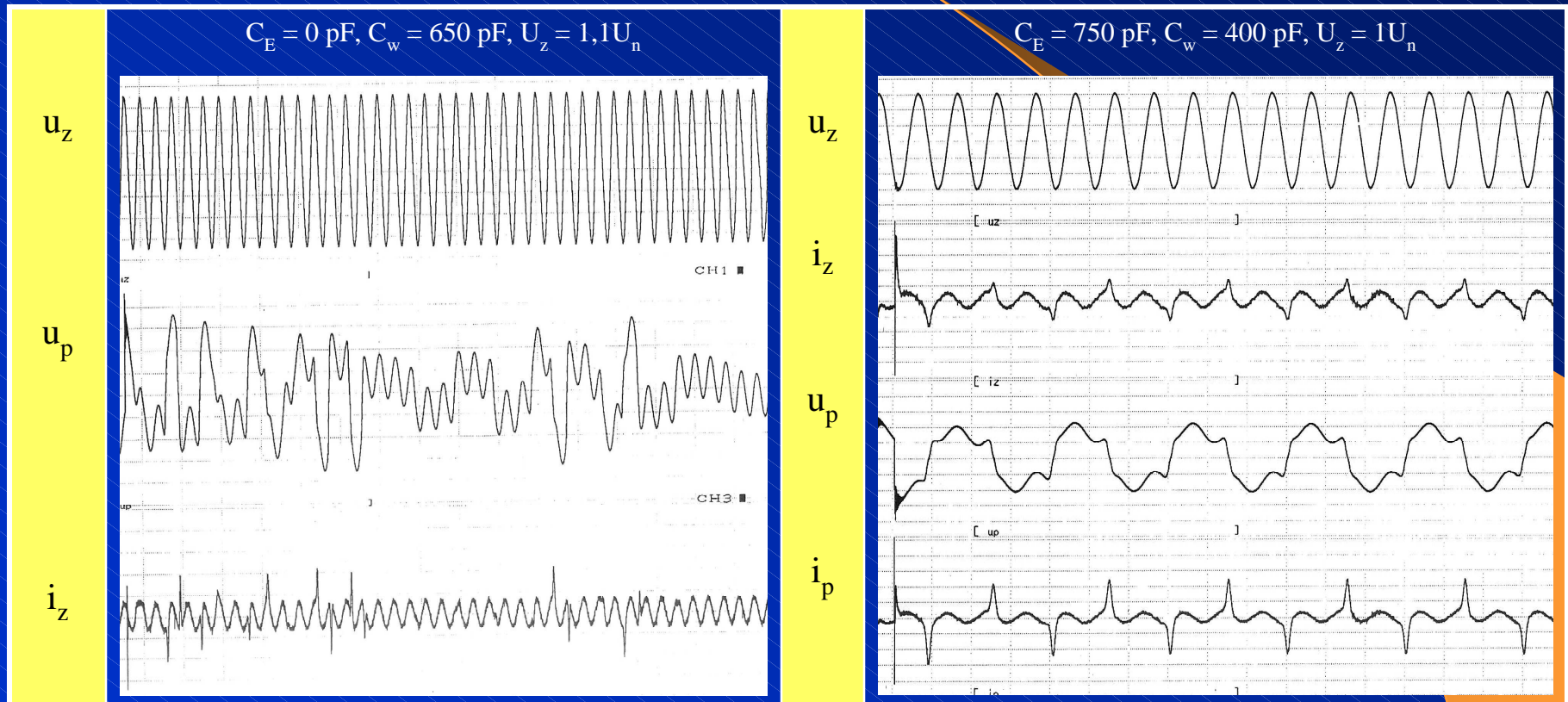
u_z - napięcie zasilające, i_z - prąd pobierany z sieci przez układ rezonansowy,
 u_p - napięcie na zaciskach pierwotnych przekładnika, i_p - prąd przekładnika

Przykładowe rejestracje z prób (ferrorezonans samo tłumiący się)



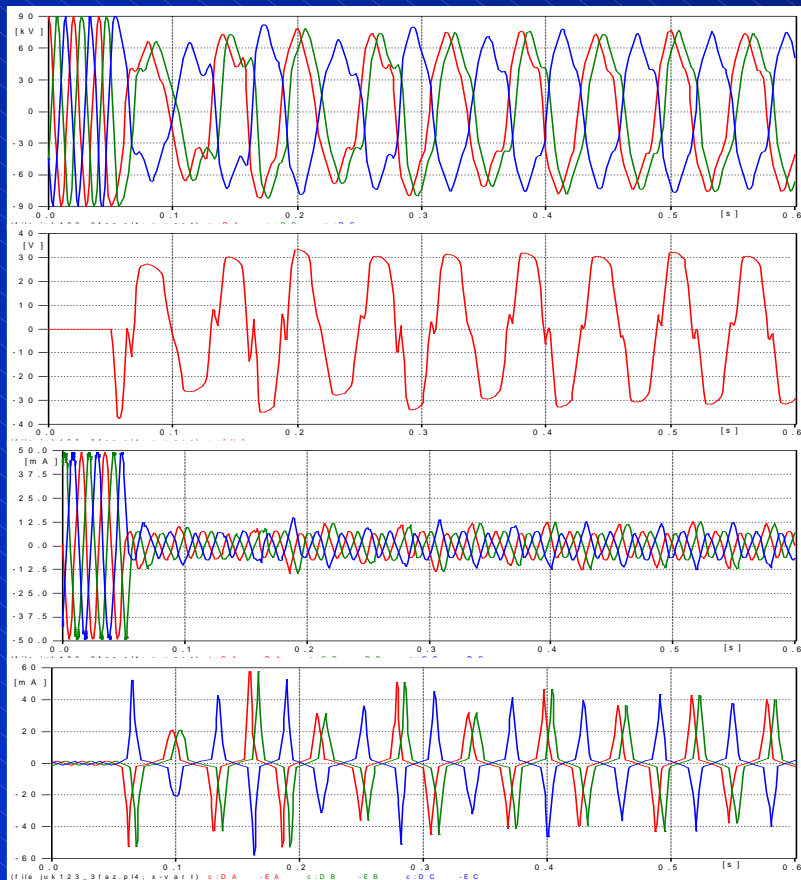
u_z - napięcie zasilające, i_z – prąd pobierany z sieci przez układ rezonansowy,
 u_p – napięcie na zaciskach pierwotnych przekładnika, i_p – prąd przekładnika

Przykładowe rejestracje z prób (ferrorezonans trwały)



u_z - napięcie zasilające, i_z - prąd pobierany z sieci przez układ rezonansowy,
 u_p - napięcie na zaciskach pierwotnych przekładnika, i_p - prąd przekładnika

Przykładowe wydruki symulacyjne (ferrorezonans trwały i tłumiony rezystorem)

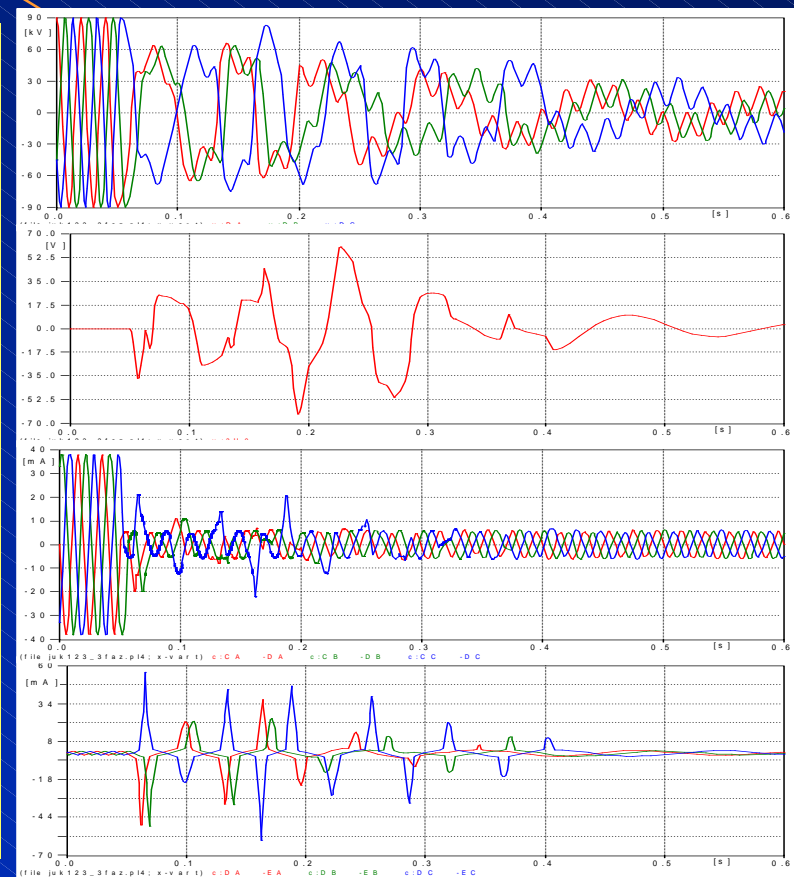


u_p

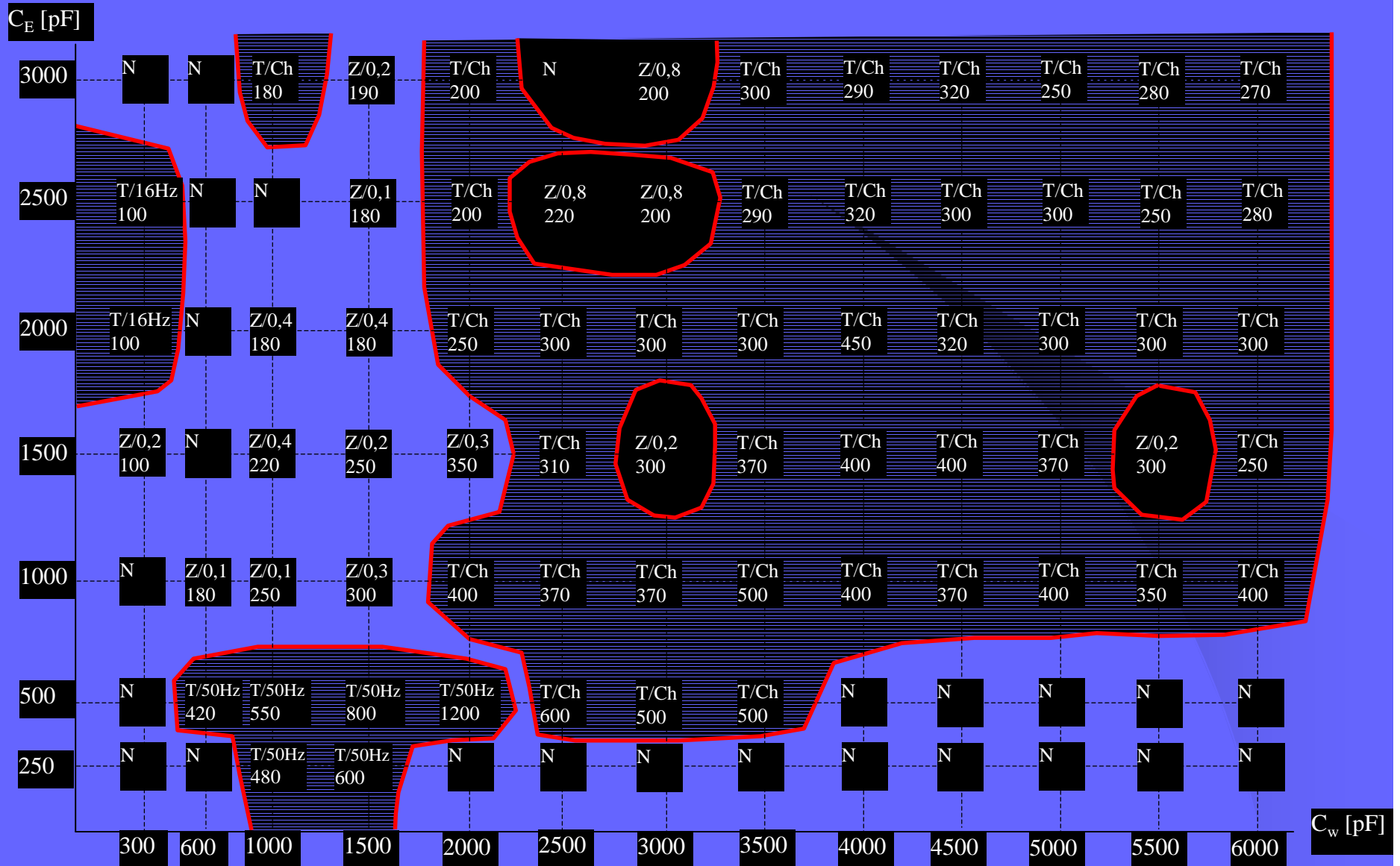
$3u_0$

i_z

i_p



u_p - napięcia na zaciskach pierwotnych przekładników, $3u_0$ – napięcie na zaciskach uzwojeń otwartego trójkąta, i_z – prądy pobierane z sieci przez układ rezonansowy, i_p – prądy przekładników



Mapa podatności ferrezonansowej przekładnika TVH 245

SPOSOBY ELIMINACJI I TŁUMIENIA DRGAŃ FERROREZONANSOWYCH

- Instalowanie pojemnościowych przekładników napięciowych zamiast przekładników indukcyjnych.
- Wprowadzanie odpowiednich zmian konstrukcyjnych przekładnika napięciowego poprzez ukształtowanie charakterystyki magnesowania i/lub zmianę materiału magnetycznego rdzenia.
- Zwiększanie pojemności doziemnej szyn zbiorczych poprzez dołączanie do nich dodatkowych pojemności lub zastosowanie obciążenia biernego w postaci nieobciążonej linii wysokiego napięcia otwartej na końcu lub nieobciążonego transformatora przyłączonych do szyn zbiorczych po otwarciu wyłączników.
- Zastosowanie odpowiedniej sekwencji operacji łączeniowych, wykonywanych ręcznie lub automatycznie, polegającej na uprzednim odłączaniu przekładników napięciowych od szyn zbiorczych, a potem otwieraniu wyłączników.
- Dodatkowe obciążanie przekładnika mocą czynną. Metoda ta polega na przyłączeniu na stałe lub dorywczo obciążenia rezystancyjnego liniowego lub nieliniowego do zacisków uzwojeń wtórnych lub obwodu otwartego trójkąta.

PODSUMOWANIE

- **Zagadnienie ochrony sieci wysokiego napięcia przed szkodliwymi skutkami ferorezonansu jest nadal aktualne. Wprowadzane do eksploatacji nowe typy indukcyjnych przekładników napięciowych lub kombinowanych, nowe układy stacyjne o innych parametrach niż dotychczas stosowane oraz zmniejszające się, - wskutek stosowania elektronicznych zabezpieczeń i układów pomiarowych - obciążenia uzwojeń wtórnych przekładników powodują, że parametry układów podatnych na ferorezonans zmieniają się. Wymaga to indywidualnego podejścia do każdego z analizowanych układów.**
- **Współczesne metody analizy zjawisk ferorezonansowych w sieciach wysokich napięć polegają głównie na modelowaniu matematycznym przy wspomaganii komputerowym i/lub na badaniach laboratoryjnych, przy weryfikacji ich wyników poprzez pomiary bezpośrednie i/lub obserwacje eksploatacyjne.**
- **Skuteczne tłumienie drgań ferorezonansowych jest możliwe przy zastosowaniu nowoczesnych metod dodatkowego dociążania przekładników napięciowych mocą czynną, polegających na użyciu inteligentnych układów tłumiących przyłączanych do uzwojeń wtórnych przekładników lub zacisków otwartego trójkąta, które rozpoznają wzbudzenie się ferorezonansu, powodują jego wytłumienie i automatycznie się wyłączają.**

