

# Spis treści

## OD AUTORÓW

### 1. EKSPLOATACJA MASZYN I TRANSFORMATORÓW

1.1. Rodzaje eksploatacji

1.2. Czas życia maszyn i transformatorów oraz ich podział

1.3. Awaryjność w przemyśle i energetyce

1.3.1. Wskaźniki niezawodnościowe i eksploatacyjne krajowych bloków energetycznych

1.3.2. Analiza awaryjności maszyn w krajowych elektrowniach

1.3.3. Awaryjność maszyn potrzeb własnych

1.4. Cyberbezpieczeństwo przemysłowe

1.5. Utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń

Literatura do rozdziału pierwszego

### 2. DIAGNOSTYKA MASZYN I URZĄDZEŃ – UWAGI OGÓLNE

2.1. Diagnostyka techniczna maszyn

2.2. Symptomy uszkodzeń – zagadnienia ogólne

2.3. Diagnostyka eksploatacyjna w przemyśle i energetyce

2.4. Podstawy badań diagnostycznych

2.5. Analiza sygnałów diagnostycznych – zagadnienia wybrane

2.6. Elementy analizy sygnałów

2.6.1. Sygnały zdeterminowane

2.6.2. Sygnały losowe

2.6.3. Identyfikacja sygnałów

2.7. Czujniki pomiarowe w diagnostyce

2.7.1. Czujniki do pomiarów drgań bezwzględnych

2.7.2. Czujniki do pomiarów drgań względnych

2.7.3. Czujniki do pomiarów prądu

2.7.4. Czujniki do pomiarów temperatury

- 2.7.5. Czujniki do pomiarów wyładowań niezupełnych
  - 2.7.6. Czujniki do pomiarów akustycznych
  - 2.8. Aparatura pomiarowa
    - 2.8.1. Aparatura do pomiarów i analizy sygnału napięciowego, prądowego, drganiowego, akustycznego i temperatury
    - 2.8.2. Aparatura do pomiarów stanu izolacji uzwojeń off-line
    - 2.8.3. Aparatura do badań pakietu i stanu zaklinowania
    - 2.8.4. Aparatura do pomiarów ustawienia zespołów maszynowych
  - 2.9. Diagnostyka off-line
    - 2.9.1. Stanowisko pomiarowe na stacji prób
  - 2.10. Diagnostyka on-line (monitoring)
  - 2.11. Jednolity system nadzoru maszyn w przedsiębiorstwie
- Literatura do rozdziału drugiego

### 3. FUNDAMENTY I KONSTRUKCJE WSPORCZE, USTAWIANIE MASZYN

- 3.1. Uwagi ogólne
- 3.2. Kryteria formalne szkodliwego oddziaływania drgań
- 3.3. Rezonanse
  - 3.3.1. Drgania swobodne
  - 3.3.2. Drgania wymuszone
  - 3.3.3. Badania własne
- 3.4. Wizualizacja drgań jako użyteczna technika diagnozowania
- 3.5. Ocena wizualna fundamentów
- 3.6. Ustawianie zespołów maszynowych
  - 3.6.1. Uwagi ogólne
  - 3.6.2. Nieosiowość w układach napędowych
  - 3.6.3. Wpływ fundamentu na rozosiowanie
  - 3.6.4. Temperatura jako czynnik wpływający na prawidłowość osiowania

- 3.6.5. Sprzęgła – wpływ na dokładność osiowania
- 3.6.6. Dopuszczalne odchyłki osiowania
- 3.6.7. Metody pomiaru osiowości
- 3.6.8. Wykrywanie niecentryczności zespołu maszynowego w sygnale prądowym
- 3.6.9. Przykłady pomiarów diagnostycznych

Literatura do rozdziału trzeciego

#### 4. DIAGNOSTYKA DRGANIOWA MASZYN I ZESPOŁÓW MASZYNOWYCH

- 4.1. Niewywaga, uwagi ogólne
- 4.2. Przyczyny niewywagi, rodzaje niewywagi
- 4.3. Metody wyważania wirników sztywnych
  - 4.3.1. Wyważanie jednopłaszczyznowe
  - 4.3.2. Wyważanie dwupłaszczyznowe
  - 4.3.3. Wyważanie on-line
- 4.4. Metoda wyważania wirników gibkich
- 4.5. Luzy
- 4.6. Wygięty wał
- 4.7. Krzywy wał
- 4.8. Przycieranie
- 4.9. Uszkodzenia łożysk tocznych i ich przyczyny
- 4.10. Diagnostyka łożysk tocznych
  - 4.10.1. Wykorzystanie amplitudowych dyskryminant bezwymiarowych procesów wibroakustycznych
  - 4.10.2. Metoda SPM (ang. shock pulse method)
  - 4.10.3. Wykorzystanie wytycznych producenta
  - 4.10.4. Metoda detekcji obwiedni
  - 4.10.5. Monitoring łożysk tocznych w przemyśle
- 4.11. Łożyska ślizgowe w silnikach
  - 4.11.1. Uszkodzenia i zakłócenia w pracy łożysk ślizgowych

4.11.2. Diagnostyka łożysk ślizgowych w silnikach  
Literatura do rozdziału czwartego

## 5. DIAGNOSTYKA UZWOJEŃ

5.1. Wstęp

5.2. Pomiar rezystancji uzwojeń

5.2.1. Metodyka pomiaru

5.2.2. Przebiegi nieustalone

5.3. Badanie układów izolacyjnych uzwojeń napięciem  
przemiennym

5.3.1. Informacje ogólne

5.4. Diagnostyka izolacji uzwojenia napięciem stałym

5.4.1. Nazwa metody

5.4.2. Diagnostyka izolacji uzwojeń napięciem stałym

5.4.3. Postępująca w czasie degradacja układu izolacyjnego  
maszyn

5.4.4. Metoda na podstawie pomiarów PI, C, SV, DD – test  
Meggera

5.4.5. Diagnostyka izolacji zwojowej

5.5. Badanie wyładowań niezupełnych w izolacji uzwojeń

5.5.1. Zjawisko wyładowań niezupełnych

5.5.2. Badanie wyładowań niezupełnych off-line

5.5.3. Badanie wyładowań niezupełnych on-line

5.6. Porównanie metod diagnostycznych: napięciem stałym  
i wyładowań niezupełnych

5.6.1. Badane maszyny elektryczne

5.6.2. Wyniki badań wyładowań niezupełnych off-line

5.6.3. Wyniki badań diagnostycznych izolacji napięciem  
stałym

Literatura do rozdziału piątego

## 6. TRANSFORMATORY

### 6.1. Wstęp

### 6.2. Pomiary podstawowe

#### 6.2.1. Sprawdzenie poprawności oznaczeń

#### 6.2.2. Charakterystyki stanu jałowego

#### 6.2.3. Charakterystyki stanu zwarcia

#### 6.2.4. Schemat zastępczy i moc rozpraszana w transformatorze

#### 6.2.5. Próba izolacji napięciem udarowym

### 6.3. Oddziaływanie przepięć na układ izolacyjny transformatora

#### 6.3.1. Rozkład fali napięciowej na uzwojeniu transformatora

### 6.4. Pomiar parametrów układu izolacyjnego transformatora

#### 6.4.1. Metodyka realizacji pomiarów

#### 6.4.2. Przykład pomiarowy

### 6.5. Diagnostyka transformatorów

#### 6.5.1. Diagnostyka off-line oparta na badaniach okresowych oleju

#### 6.5.2. Diagnostyka transformatora na podstawie parametrów układu izolacyjnego

### 6.6. Diagnostyka przełącznika zaczełów

### 6.7. Diagnostyka izolatorów przepustowych

#### 6.7.1. Budowa izolatora przepustowego typu OPI

#### 6.7.2. Elektryczny schemat zastępczy izolatora przepustowego

#### 6.7.3. Jak dochodzi do zwarcia w izolatorze przepustowym

#### 6.7.4. Diagnostyka izolatorów przepustowych

### 6.8. Pomiar drgań i hałasu transformatora

### 6.9. Przykładowe awarie transformatorów w eksploatacji

#### 6.9.1. Awaria transformatora blokowego

#### 6.9.2. Awaria transformatora sieciowego

#### 6.9.3. Awaria transformatora hutniczego

Literatura do rozdziału szóstego

## 7. MASZYNY INDUKCYJNE

- 7.1. Eksploatacja silników indukcyjnych
  - 7.2. Warunki eksploatacji silników indukcyjnych i ich wpływ na uszkodzenia
    - 7.2.1. Rozruch silników indukcyjnych pierścieniowych
    - 7.2.2. Rozruchy bezpośrednie silników indukcyjnych klatkowych
    - 7.2.3. Wpływ uszkodzonych prętów wirnika na charakterystykę mechaniczną silnika
    - 7.2.4. Wpływ niesymetrii wirnika na drgania silnika
  - 7.3. Charakterystyczne zaburzenia i awarie silników indukcyjnych
    - 7.3.1. Rozruch przerywany
    - 7.3.2. Wpływ warunków eksploatacji na uszkodzenie uzwojenia klatkowego
    - 7.3.3. Statystyka uszkodzeń silników indukcyjnych
  - 7.4. Diagnostyka uzwojenia klatkowego wirnika
    - 7.4.1. Diagnostyka na podstawie zarejestrowanego prądu rozruchowego silnika
    - 7.4.2. Diagnostyka na podstawie zarejestrowanego prądu obciążenia
    - 7.4.3. Diagnostyka na podstawie analizy harmonicznej drgań
    - 7.4.4. Diagnozowanie uzwojenia klatkowego przy wyjętym wirniku
  - 7.5. Diagnostyka niesymetrii szczeliny powietrznej pomiędzy stojanem a wirnikiem
  - 7.6. Prądy łożyskowe
  - 7.7. Zapobieganie prądom łożyskowym
- Literatura do rozdziału siódmego

## 8. MASZYNY SYNCHRONICZNE

- 8.1. Wstęp

- 8.2. Schemat zastępczy i parametry maszyny synchronicznej
  - 8.3. Reaktancje synchroniczne i elektromagnetyczne stałe czasowe w stanach nieustalonych
  - 8.4. Zasady poprawnej eksploatacji maszyn synchronicznych
    - 8.4.1. Opis stref eksploatacji maszyn synchronicznych
    - 8.4.2. Przykładowa instrukcja stanowiskowa hydrogeneratora
  - 8.5. Diagnostyka i ocena stanu technicznego generatora
    - 8.5.1. Diagnostyka uzwojenia i rdzenia stojana generatora
    - 8.5.2. Diagnostyka uzwojenia wirnika
    - 8.5.3. Diagnostyka pierścieni ślizgowych i szczotek
  - 8.6. Diagnostyka wirników silników synchronicznych
  - 8.7. Charakterystyczne zaburzenia i stany awaryjne
  - 8.8. Awaria wyłącznika – awaria bloku elektroenergetycznego
  - 8.9. Awaria układu elektromechanicznego z silnikiem synchronicznym
- Literatura do rozdziału ósmego

## 9. MASZYNY KOMUTATOROWE PRĄDU STAŁEGO

- 9.1. Problemy eksploatacyjne maszyn prądu stałego
  - 9.1.1. Komutacja prądu twornika
  - 9.1.2. Przyczyny iskrzenia szczotek
- 9.2. Ustawienie szczotek w strefie neutralnej
- 9.3. Badanie stabilności kontaktu ślizgowego szczotki z komutatorem
- 9.4. Symetria elektryczna i magnetyczna
- 9.5. Sprawdzenie obwodu magnetycznego biegunów komutacyjnych
  - 9.5.1. Strefa komutacji beziskrowej
  - 9.5.2. Charakterystyka zwarcia  $I = f(I_b)$  przy  $I_f = 0$
  - 9.5.3. Korekta parametrów biegunów komutacyjnych
  - 9.5.4. Bocznikowanie uzwojenia B1C2 indukcyjnością

- 9.5.5. Ocena właściwości komutacyjnych szczotek
  - 9.6. Komutacja w silnikach prądu stałego pracujących przy odwzbudzeniu
  - 9.7. Zabezpieczenie silników prądu stałego
  - 9.8. Diagnostyka on-line iskrzenia szczotek w maszynach prądu stałego
  - 9.9. Czynniki determinujące iskrzenie szczotek przy komutacji prądu pulsującego
  - 9.10. Połączenie uzwojenia wirnika z komutatorem – chorągiewki
  - 9.11. Uszkodzenia mechaniczne osadzenia pakietu blach wirnika
- Literatura do rozdziału dziewiątego

## 10. ORGANIZACJA SŁUŻB DIAGNOSTYCZNYCH W PRZEMYŚLE I ENERGETYCE

- 10.1. Zadania służb diagnostycznych
  - 10.2. Miejsce służb diagnostycznych w strukturach przedsiębiorstwa
  - 10.3. Liczebność służb diagnostycznych
  - 10.4. Wyposażenie Laboratorium Diagnostyki Maszyn
- Literatura do rozdziału dziesiątego

## 11. UWAGI KOŃCOWE