

Zbigniew Hilary Żurek
Politechnika Śląska, Katowice
Dariusz Baron
TurboCare Poland S.A., Lubliniec

DIAGNOSTYKA MASZYN W TRANSPORCIE I ENERGETYCE METODĄ SPEKTROSKOPII IMPEDANCJI

DIAGNOSTIC OF TRANSPORT AND POWER ENGINEERING MACHINES USING IMPEDANCE SPECTROSCOPY

Streszczenie: Zmiany fizyczne stali powodowane procesami zmęczeniowymi oddziałują jednocześnie na przenikalność magnetyczną i konduktywność. Właściwości elektryczne i magnetyczne materiału opisują nie tylko zdolność do zachowania założonych parametrów pracy, ale i określają stan techniczny elementu maszyny. W artykule przedstawiono możliwość zastosowania badań zmian przenikalności skutecznej i przewodności elektrycznej stali do oceny stanu maszyny lub elementu. Przenikalność skuteczna i przewodność elektryczna stali badana jest poprzez zmiany impedancji sondy pomiarowej. Metodę badań zastosowaną w transporcie wprowadzono do energetyki.

Abstract: Physical changes of steel caused by fatigue processes affect simultaneously the magnetic permeability and electrical conductivity. Electric and magnetic properties of material describe not only the ability to maintain the established operational parameters, but also characterize the technical condition of machine component. This paper presents the usability of testing the effective permeability and electrical conductivity changes of steel in order to evaluate the condition of machine or equipment. The effective permeability and electrical conductivity of steel is measured by changes of impedance of testing probe. The testing methodology used in transportation is introduced to the power industry.

Słowa kluczowe: spektroskopia impedancji, eksploatacyjna zmiana parametrów fizycznych materiału, proces zmęczeniowy, zmiana przenikalności skutecznej, zmiana przewodności elektrycznej, ocena stanu technicznego
Keywords: impedance spectroscopy, operational change of material physical parameters, fatigue process, change of effective permeability, change of electrical conductivity, evaluation of technical condition

1. Wprowadzenie

Bardzo ważnym zagadnieniem eksploatacji maszyn i urządzeń jest możliwość przewidywania czasu niezmienności założonych projektowo parametrów technicznych. Doskonałość technik badań nieniszczących opartych na wykrywaniu pęknięć nie pozwala na ocenę procesu zmian właściwości eksploatacyjnych materiału. Właściwości elektryczne i magnetyczne materiału opisują nie tylko zdolność do zachowania założonych parametrów pracy, ale i określają stan techniczny elementu maszyny. W zakresie dwóch grantów własnych badano możliwość zastosowania diagnostyki zmian przenikalności skutecznej w transporcie szynowym i energetyce do oceny stanu elementu maszyny.

Zmiany fizyczne stali od zachodzących procesów zmęczeniowych oddziałują jednocześnie na przenikalność magnetyczną i

konduktywność. Zmiany parametrów stali postępują z różną dynamiką i kierunkiem oraz są związane z gatunkiem stali, składem chemicznym, procesem obróbki (1, 2, 3). Zmiany zmęczeniowe wpływają na sprawność elektryczną maszyn oraz/lub jej stan techniczny. Pomijanie wpływu zmian parametrów materiałowych w procesie eksploatacji maszyn elektrycznych na ich sprawność jest powszechne.

2. Przenikalność skuteczna stali ferro i paramagnetycznych

Metoda oparta o pomiar zmian impedancji i pomiar składowych przenikalności skutecznej (pojęcie wprowadzone przez Förstera) umożliwia badanie próbek materiału jak i obiektu. Impedancja cewki pomiarowej (analizowana bez materiału i z materiałem próbki) zmienia się wraz ze zmianą częstotliwości.

Widoczne zmiany parametrów materiału pokazane na wykresie są wywołane eksploatacją tarczy koła zestawu kołowego w okresie 30 lat. Pomiar jest powtarzalny.

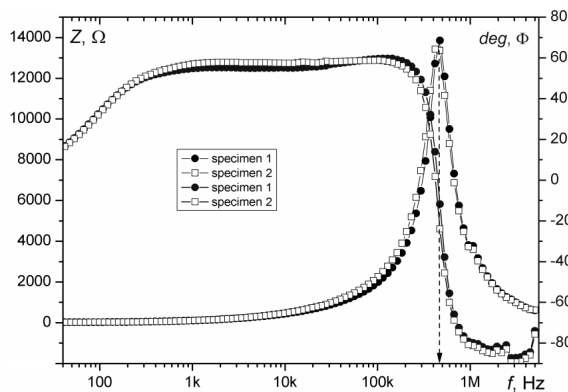
4. Przenikalność skuteczna stali paramagnetycznych (kołpaki)

Na rysunku 5 pokazano przykłady kołpaków wirników generatorów przygotowanych do ponownego montażu po przeglądzie.



Rys. 5. Kołpaki wirników generatorów (paramagnetyk)

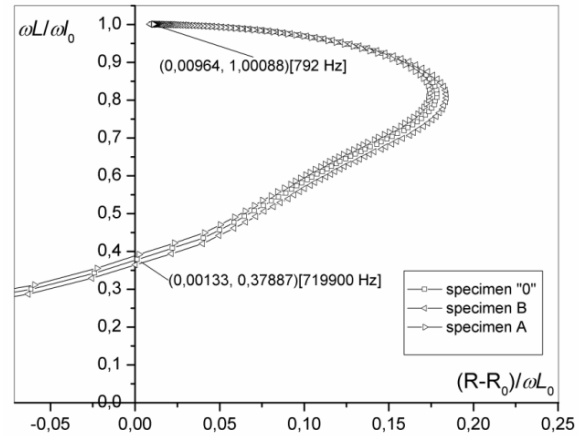
Pomiar materiału wejściowego próbek z materiału kołpaka po cyklach obciążeń zmęczeniowych (rys. 6) przedstawiony pod względem zmian impedancji i kąta fazy wykazuje zbieżność przebiegów. Na kolejnym rysunku (rys. 7) obserwujemy zmiany metodyki prezentowania wyników ze względu na zmiany składowych przenikalności skutecznej.



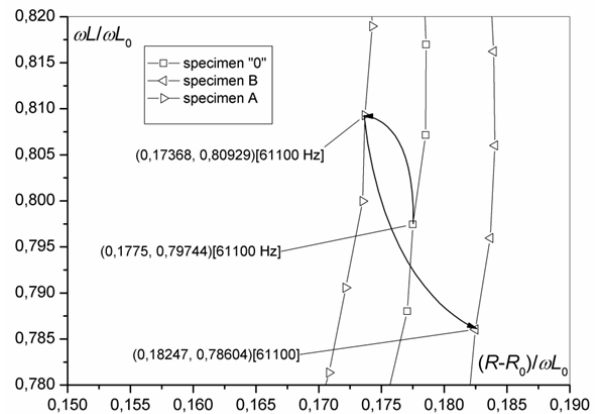
Rys. 6. Przebiegi zarejestrowane dla materiału nowego i po 12 mln cykli obciążeniowych. Wyniki pomiaru zmian impedancji i kąta fazowego materiału ferromagnetycznego

Ocena zmian składowej czynnej i składowej urojonej dla próbek po 12 mln (A) i 25 mln (B) cykli umożliwia zakwalifikowanie stopnia

degradacji badanego materiału. Na wykresie (rys. 7.) widoczna jest, klasyczna w mechanice zmęczenia, charakterystyczna dla określonego materiału i sposobu obciążenia, faza umocnienia (osłabienia) materiału w początkowym okresie eksploatacji.



(a)



(b)

Rys. 7. Przebieg pełny (a) zarejestrowany mostkiem RLC w zakresie do 1 MHz, szczegóły wykresu (b) dla częstotliwości 61100 Hz

Zakres pomiarowy zastosowanego mostka RLC wynika z minimalnej podatności magnetycznej badanego paramagnetyka (katalogowo $\chi < 0,05$) oraz wysokiej eksploatacyjnej stabilności jego parametrów elektrycznych i magnetycznych [6].

5. Wnioski

Innowacyjność metody polega na ujednoczeniu metodyki badawczej dla elementów stalowych ferro jak i paramagnetycznych. Zaletą wiodącą jest prostota, za którą przemawia zastosowanie średniej klasy mostka RLC. Koszty testowania materiału próbek jak i powierzchni elementu

opisaną metodą są wielokrotnie niższe od nowoczesnych metod badawczych. Metodykę cechuje bardzo wysoka powtarzalność.

6. Literatura

- [1]. ŻUREK Z. H.: NN5070807 33, pt. *Opracowanie metody magnetycznej do wczesnej detekcji procesów zmęczeniowych w stalach niskostopowych niskowęglowych*
- [2]. ŻUREK Z. H.: NN5102383 38, pt. *Metoda diagnostyki stanu stalowych (paramagnetycznych i ferromagnetycznych) elementów maszyn elektrycznych na przykładzie bandaży i kap wirników generatorów*
- [3]. ŻUREK Z. H.: *Wniosek PBS (ścieżka A)*, 2013 rok, lider, kierownik projektu
- [4]. ŻUREK Z. H., BARON D.: P.402532 z dn. 24.01.2013, *Sposób wykrywania degradacji zmęczeniowych w wysokostabilnych stalach paramagnetycznych chromowo manganowych metodą indukcyjną*
- [5]. ŻUREK Z. H.: P.402531 z dn. 24.01.2013, *Sposób i układ wzorcowania przetworników indukcyjnych do wykrywania degradacji zmęczeniowych stali ferro i paramagnetycznych*
- [6]. ŻUREK Z. H., BARON D.: „*Pomiar zmian wartości przenikalności magnetycznej i przewodności elektrycznej właściwej kołpaków generatorów*”, XLVIII Sympozjum SME - Książ 2012

Autorzy

dr hab. inż. Zbigniew H. Żurek, profesor nzw. Politechniki Śląskiej, Wydział Transportu, E-mail: zbigniew.zurek@polsl.pl
mgr inż. Dariusz Baron, TurboCare Poland S.A., E-mail: dariusz.baron@turbocare.pl

Informacje dodatkowe

Źródło finansowania pracy naukowej: grant NN5102383 38 [2].

Recenzent

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Sobczyk