

Michał Rad
AGH, Kraków

CIĄGŁA TRANSFORMATA FALKOWA JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE DIAGNOSTYKĘ SILNIKÓW INDUKCYJNYCH

CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM AS A SUPPORT IN INDUCTION MOTOR FAULT DIAGNOSIS

Abstract: This paper describes advantages of using Continuous Wavelet Transform in startup current analysis of induction motors. The main attention is paid to short time startups. Results of using CWT for the same machine but with various startup duration are shown. Article also shows results of experiments with own invented wavelet. Investigations of own wavelet is focused on finding shape which is close to diagnostic signal. Wavelet which matches closely to desired waveform of signal should be sensitive to this special component in whole analysing signal. Such wavelet could be very useful in automatic diagnosing.

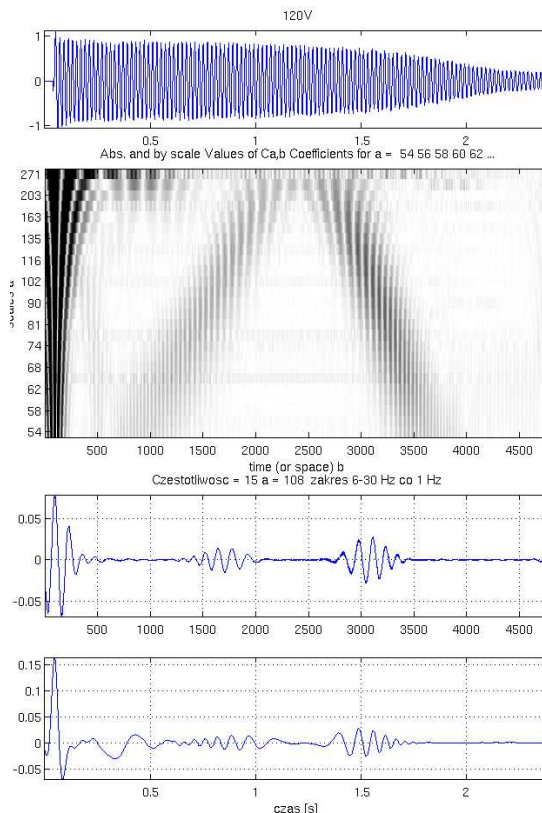
1. Wstęp

Diagnostyka stanu klatki silnika indukcyjnego na podstawie zarejestrowanego prądu rozruchu jest dobrze znana [1] i ma wiele zalet (szczególnie w warunkach przemysłowych). Do jej głównych wad należy natomiast fakt, że nie można stosować tej metody dla silników, których rozruch jest krótki. Przyjmuje się, że silniki o rozruchu trwającym 3s i dłużej nie sprawiają problemów podczas diagnostyki na podstawie analizy prądu rozruchu. Głównym tematem niniejszej pracy było sprawdzenie czy użycie ciągłej transformaty falkowej daje możliwość poprawnej diagnozy dla silników o rozruchu trwającym krócej niż trzy sekundy. Ponadto, przedstawione zostaną wyniki prób opracowania własnego kształtu falki który byłby czuły jedynie na interesujący nas sygnał diagnostyczny.

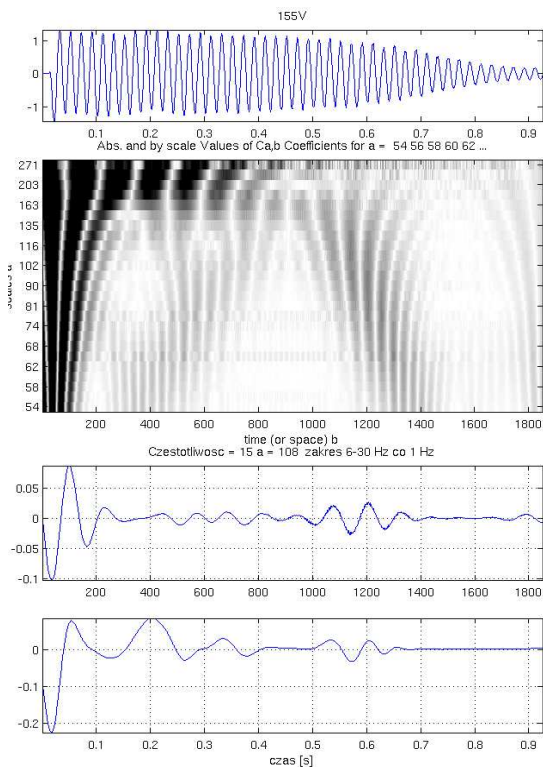
2. Opis doświadczeń

W celu porównania wyników analizy za pomocą CWT (CWT – Continuous Wavelet Transform – ciągła transformata falkowa) zarejestrowano prądy rozruchu dla tej samej uszkodzonej maszyny przy różnych napięciach zasilania. Ponieważ badany silnik miał moc ok 2,2kW i nie był obciążony dużym momentem bezwładności to czas jego rozruchu przy napięciu nominalnym (400V Y) był tak krótki, że nie pozwalał na poprawną diagnozę. Zmniejszono więc napięcie do takiej wartości przy której czas rozruchu wynosił 3s, a następnie zwiększano napięcie rejestrując kolejne, coraz krótsze rozruchy. Wyniki przedstawiono na rysunkach 1-3. Górny wykres na każdym z rysunków pokazuje przebieg prądu

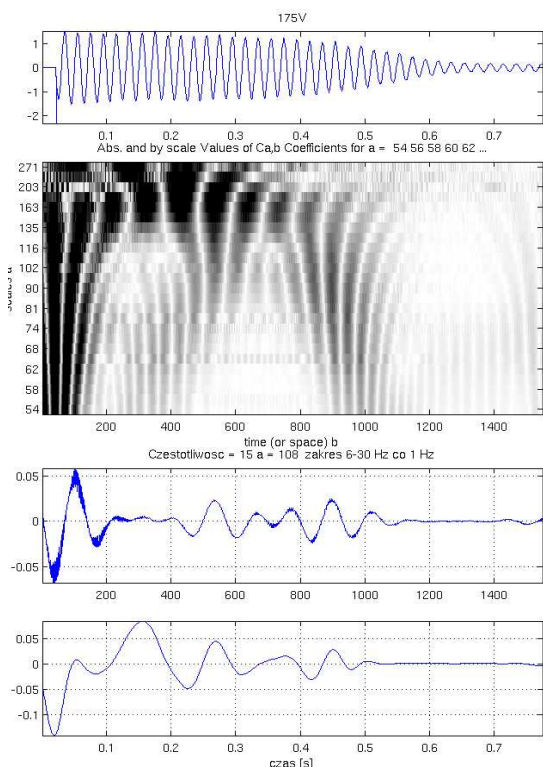
rozruchu, drugi od góry to wynik zastosowania CWT, następnie widać wynik CWT dla skali odpowiadającej 15 Hz (czyli linijkę „wyjętą” z obrazu całego CWT dla skali $a=108$), ostatni wykres to wynik zwykłej filtracji filtrem dolnoprzepustowym o częstotliwości granicznej 18 Hz. Pierwszy rysunek pokazuje klasyczny, łatwy w interpretacji przykład.



Rys 1. Rozruch dla 120V (opis w tekście)



Rys 2. Rozruch dla 155V

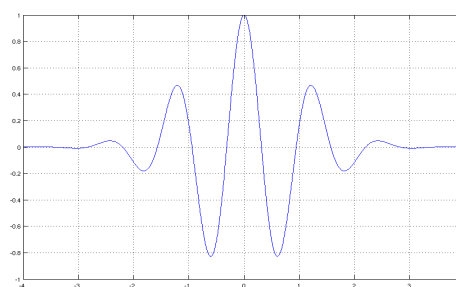


Rys 3. Rozruch dla 175V

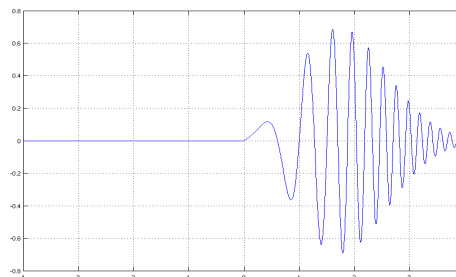
Następne rysunki są już dużo trudniejsze w interpretacji jeśli opierać się tylko na filtracji dolnoprzepustowej. Opierając się jednak na wyniku CWT możemy dużo pewniej określić

miejsce w którym należy odczytać amplitudę sygnału diagnostycznego $(1-2s)f_0$. Oś pionowa odpowiada malejącej częstotliwości, a oś pozioma to czas. Tak więc sygnał diagnostyczny powinien tworzyć dość charakterystyczny kształt (jakby Λ). Otrzymane wyniki pozwalają sądzić, że zastosowanie CWT daje możliwość poprawnej diagnozy nawet dla rozruchów krótszych niż jedna sekunda. Jakkolwiek interpretacji wyniku powinna dokonać osoba o pewnym doświadczeniu w tej dziedzinie (nie nadaje się więc wprost do automatycznej diagnostyki).

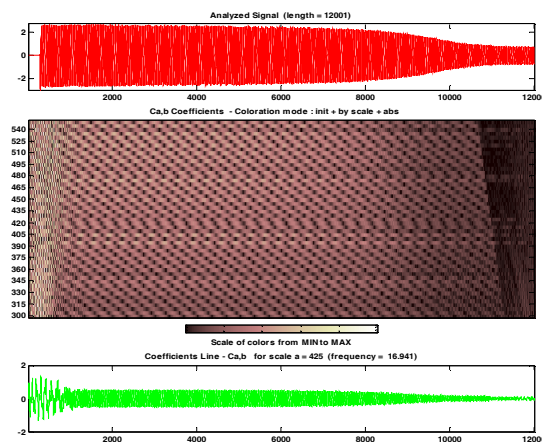
3. Próby opracowania własnej falki



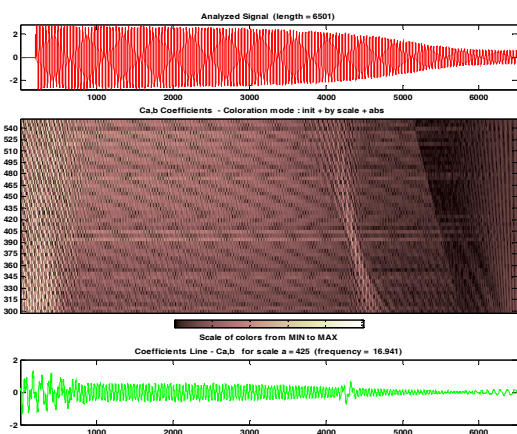
Rys 4. Falka Morleta



Rys 5. Własna falka



Rys 6. Wyniki analizy własną falką - silnik dobry



Rys 7. Wynik analizy własną falką - silnik uszkodzony (jeden pręt przerwany)

Bazą do analiz wykonywanych za pomocą transformaty falkowej była we wszystkich poprzednich przypadkach falka Morleta. Została ona wybrana jako najbardziej odpowiednia do uzyskania wyraźnego, łatwego w interpretacji obrazu (szczególnie na pierwszym etapie badań). Jak poprzednio zaznaczono wynik transformaty za pomocą falki Morleta można traktować jako obraz czasowo-częstotliwościowy sygnału. Ale możliwość wykorzystania dowolnej, samemu zdefiniowanej falki może dać jeszcze lepsze efekty szczególnie w przypadku gdy charakter poszukiwanego sygnału jest z góry znany. Wykonano szereg prób z różnymi kształtami falek, tak, aby uzyskać falkę która możliwie najlepiej „wpasowuje się” w kształt poszukiwanego sygnału diagnostycznego (w tym przypadku dokładnie w jego „drugą połowę” czyli tam gdzie częstotliwość znów rośnie). Falkę która dawała najlepsze rezultaty (rys. 4) przetestowano następnie na przebiegach rozruchu różnych silników. Porównane zostały wyniki dla maszyn uszkodzonych i nie uszkodzonych. Otrzymane efekty są zadowalające i wydaje się, że mogły by być bardzo przydatne w automatycznym rozpoznawaniu uszkodzeń. W przypadku takiej falki otrzymywany wynik nie może być traktowany jako charakterystyka czasowo-częstotliwościowa i ma interpretację (praktycznie) dwustanową (dobry/zły) – dla automatycznego diagnozowania jest to zaleta, ale należy pamiętać, że w ten sposób gubi się część informacji, a w związku z tym istnieje większe ryzyko wydania

falszywej opinii. Uzyskane efekty obrazują rysunki 6 i 7. Obecność sygnału diagnostycznego objawia się w postaci niemal pionowej linii w prawej części obrazu (rys. 7).

4. Podsumowanie

Dalsze prace w tej dziedzinie będą miały na celu weryfikację ilościową tej metody – to znaczy ilościowe porównanie z metodami konwencjonalnymi, tak aby można było powiedzieć nie tylko, że silnik wykazuje asymetrię klatki, ale również podać jakąś liczbę określającą stopień tej asymetrii.

Poszukiwanie jednego wskaźnika opisującego stopień uszkodzenia, a bazującego na kilku sposobach diagnostyki, jest także jednym z celów dalszych, ogólnych prac.

5. Literatura

- [1]. T. Glinka, „Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle”. Katowice 1998
- [2]. Jan T. Białasiewicz, „Falki i aproksymacje”. WNT Warszawa 2000.
- [3]. M. Rad, „Startup current analysis for Induction Motors Made by the Continuous Wavelet Transform”. International Workshop Control and Information Technology, Ostrava 2005.

Autor

Michał Rad, Katedra Maszyn Elektrycznych, wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
E-mail: rad@agh.edu.pl