

Paweł Dybowski
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

ZASTOSOWANIE SYGNAŁU SKUTECZNEJ WARTOŚCI RUCHOMEJ PRĄDU STOJANA W DIAGNOSTYCE SILNIKA INDUKCYJNEGO PODCZAS ROZRUCHU

USING OF THE MOVING RMS STATOR CURRENT SIGNAL IN DIAGNOSTICS OF AN INDUCTION MOTOR ON START-UP

Abstract: The moving rms stator current signal can be used in diagnostics of induction motor. The results of using of this signal in diagnostics of induction motor have been presented in this paper. It has been used the moving rpm for analysis different damages of induction motor and perform review of results to use this signal in diagnostics on start-up. Dynamical model of this machine calculates harmonics of stator, rotor and stator-rotor inductances accounting for only global saturation of the air-gap region. The model considered various rotational speeds of the rotor.

1. Wstęp

Sygnal skutecznej wartości ruchomej prądu stojana można wykorzystać w diagnostyce maszyn indukcyjnych. Można go z powodzeniem wykorzystywać w przypadkach zasilania badanego obiektu ze źródła o napięciu odkształconym [6]. W artykule przedstawione zostały wyniki zastosowania sygnału skutecznej wartości ruchomej prądu stojana w diagnostyce maszyny indukcyjnej podczas rozruchu. Rozruch maszyny był przeprowadzany przy zasilaniu napięciem trójfazowym sinusoidalnym symetrycznym oraz niesymetrycznym. Niesymetria napięć była wynikiem obniżenia amplitudy napięcia jednej z faz o 10%. Prądy rozruchowe stojana dla różnych uszkodzeń maszyny poddano analizie za pomocą wartości skutecznej ruchomej i dokonano przeglądu wyników pod kątem przydatności takiego sygnału do diagnostyki maszyny indukcyjnej. Model dynamiczny silnika indukcyjnego użyty do obliczeń uwzględniał wyższe harmoniczne indukcyjności stojana, wirnika i indukcyjności stojan-wirnik oraz zmienną prędkość obrotową wirnika. Uszkodzenie wirnika symulowane było poprzez dwudziestokrotne powiększenie rezystancji dwóch sąsiednich prętów klatki wirnika. Obliczenia wykonane zostały dla czterobiegunowego silnika o mocy 7,5 kW, posiadającego 36 żłobków na stojanie i 28 na wirniku, o klatce odlewanej, aluminiowej. Uzwojenie stojana nie posiadało gałęzi równoległych, a żłobki wirnika były bez skosu. Wydłużenie czasu rozruchu w obliczeniach uzyskano powiększając 25-krotnie moment

bezwładności maszyny. Fazy silnika skojarzono w gwiazdę bez przewodu neutralnego. Sygnal skutecznej wartości ruchomej prądu stojana zdefiniowano jako [6]:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t i^2(\tau) d\tau} \quad (1)$$

gdzie:

t – czas

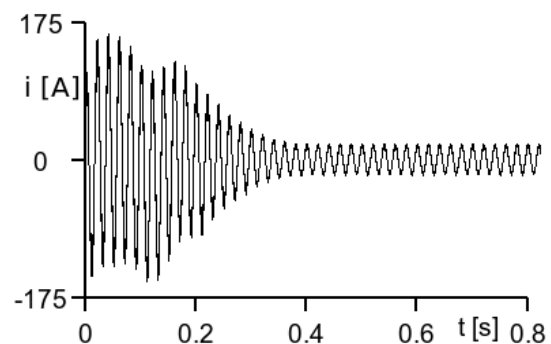
i – wartość chwilowa prądu

T – okres podstawowej harmoniczej napięcia zasilającego.

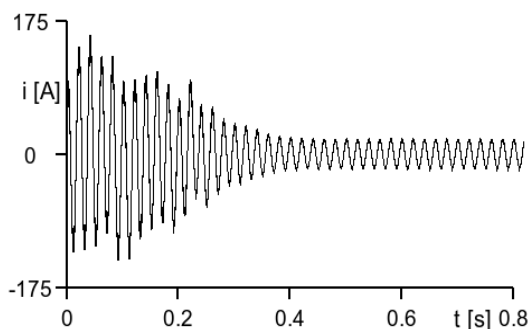
2. Zasilanie symetryczne

Poniżej zaprezentowano przebiegi czasowe prądu jednej fazy stojana oraz ich wartości skuteczne ruchome uzyskane z obliczeń.

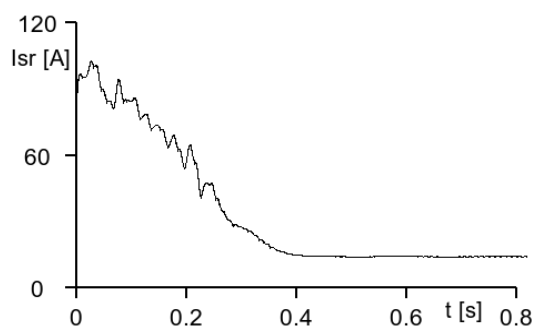
2.1 Prąd stojana



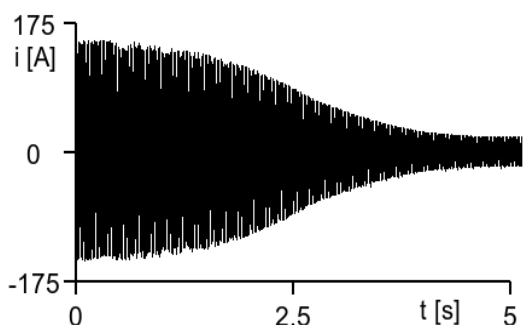
Rys. 1. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - krótki rozruch



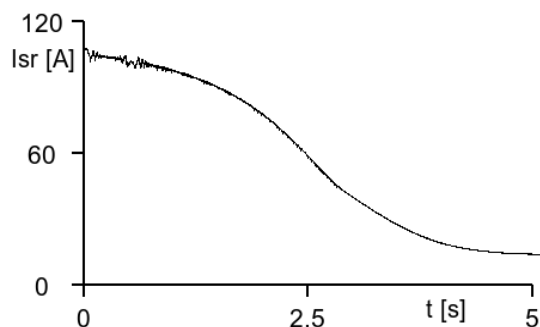
Rys. 2. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - krótki rozruch



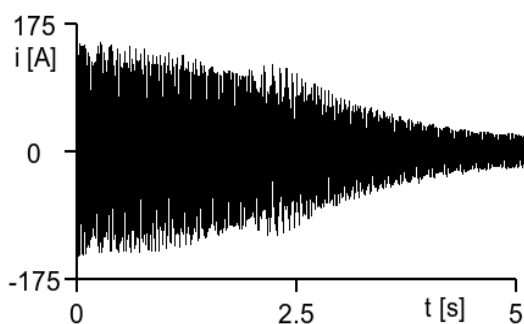
Rys. 6. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - krótki rozruch



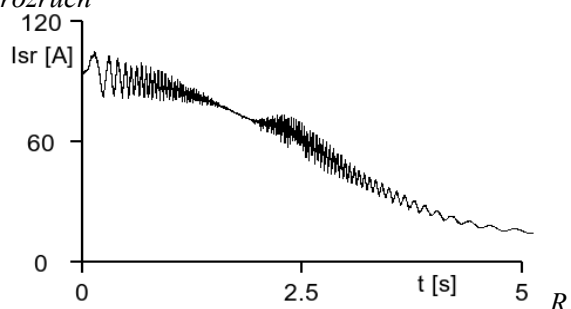
Rys.3. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - długi rozruch



Rys.7. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - długi rozruch

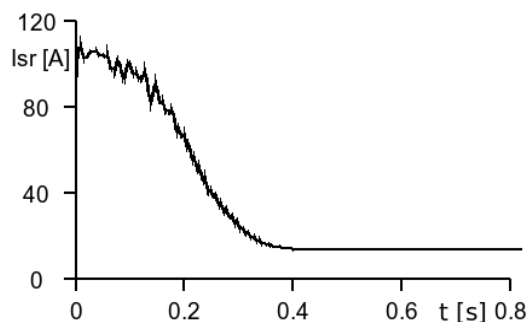


Rys. 4. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - długi rozruch



Rys.8. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - długi rozruch

2.2 Wartość skuteczna ruchoma prądu stojana

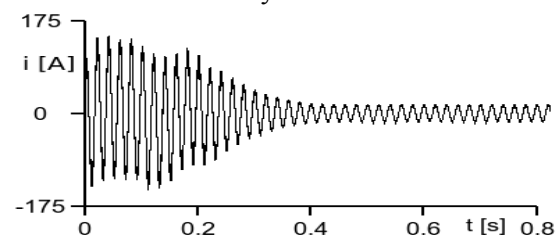


Rys.5. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - krótki rozruch

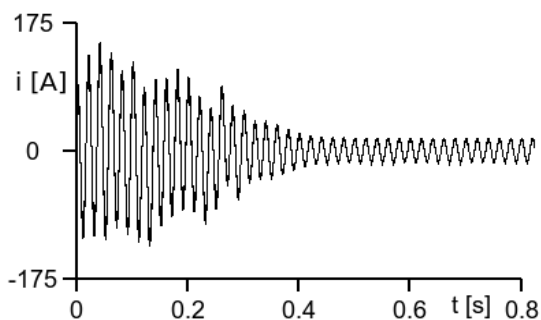
3. Zasilanie niesymetryczne

3.1 Prąd stojana

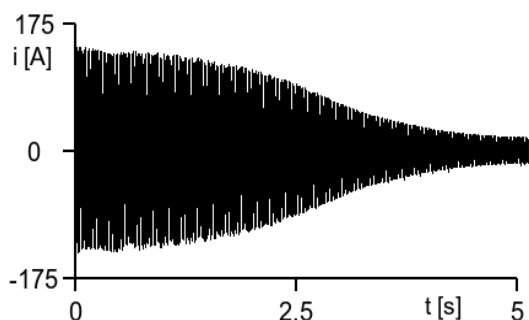
Poniżej zaprezentowano przebiegi czasowe prądu jednej fazy stojana oraz ich wartości skuteczne ruchome uzyskane z obliczeń.



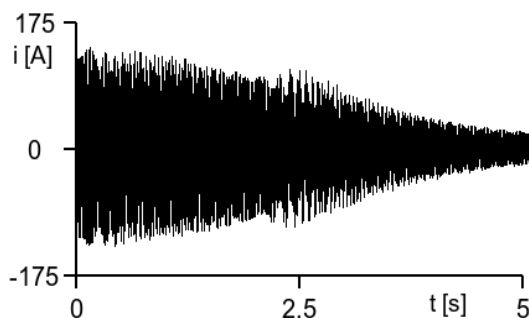
Rys. 9. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - krótki rozruch



Rys. 10. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - krótki rozruch

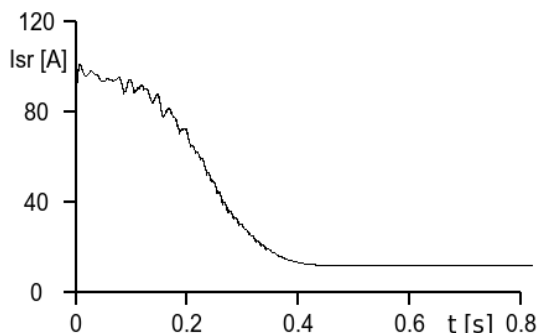


Rys. 11. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - długi rozruch

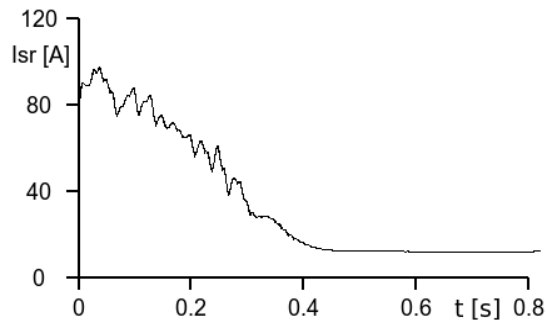


Rys. 12. Przebieg prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - długi rozruch

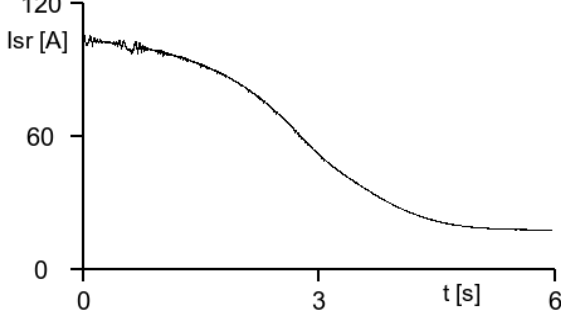
3.2 Wartość skuteczna ruchoma prądu stojana



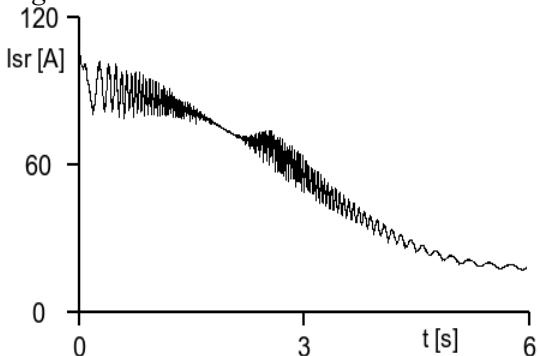
Rys. 13. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - krótki rozruch



Rys. 14. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - krótki rozruch



Rys. 15. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik bez uszkodzeń - długi rozruch

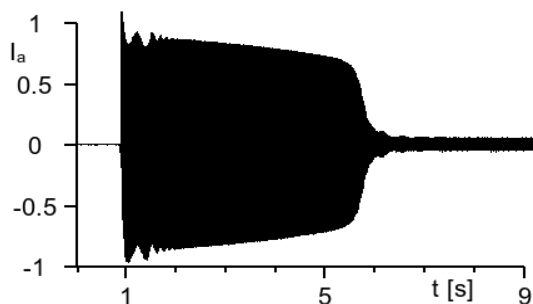


Rys. 16. Wartość skuteczna ruchoma prądu jednej fazy stojana – silnik z uszkodzoną klatką wirnika - długi rozruch

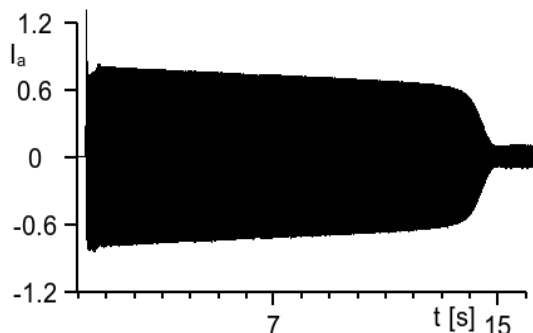
4. Przebiegi pomiarowe

Poniżej zaprezentowano przebiegi czasowe prądu jednej fazy stojana oraz ich wartości skuteczne ruchome uzyskane podczas pomiarów diagnostycznych. Wartości na rysunkach są nieprzeskalowanymi wartościami sygnałów pomiarowych.

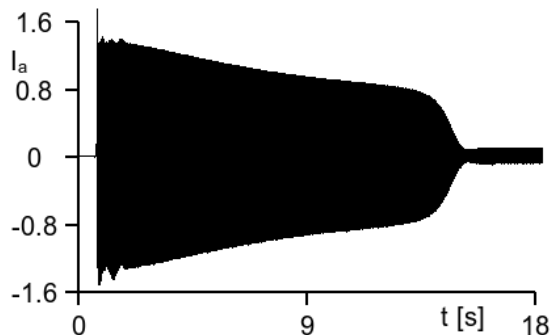
4.1 Prąd stojana



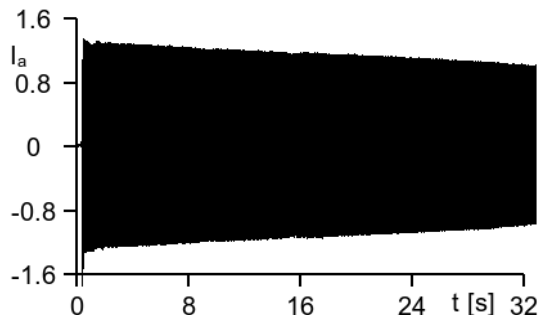
Rys. 17. Przebieg prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik nie wykazujący symptomów uszkodzenia wirnika



Rys. 18. Przebieg prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z niewielkimi symptomami uszkodzenia wirnika



Rys. 19. Przebieg prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z symptomami uszkodzenia klatki wirnika po nagraniu

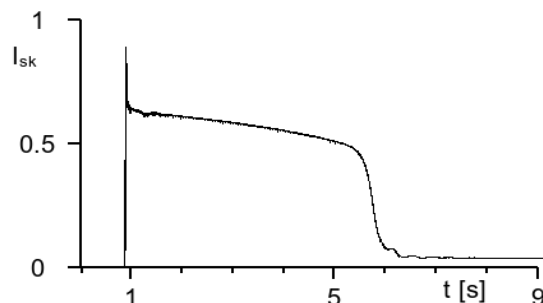


Rys. 20. Fragment przebiegu prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z niewielkimi symptomami niesymetrii wirnika

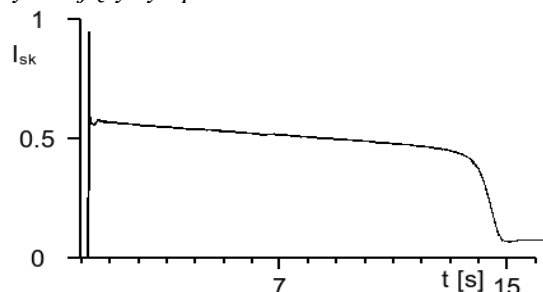


Rys. 21. Przebieg prądu rozruchowego jednej fazy stojana z zawartością sygnału niediagnostycznego

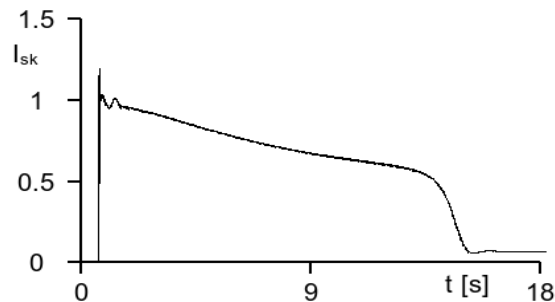
4.2 Wartość skuteczna ruchoma prądu stojana



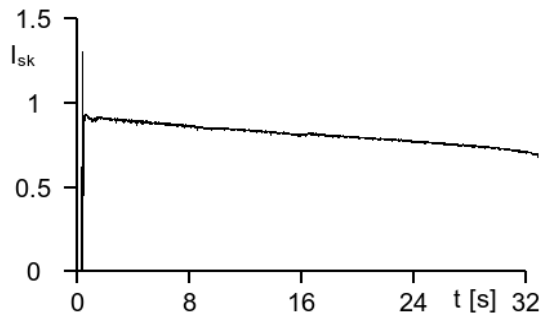
Rys. 22. Wartość skuteczna ruchoma prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik nie wykazujący symptomów uszkodzenia wirnika



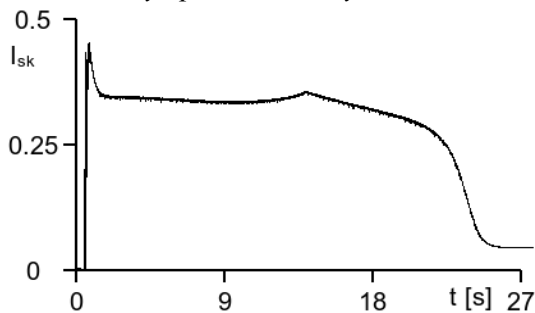
Rys. 23. Wartość skuteczna ruchoma prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z niewielkimi symptomami uszkodzenia wirnika



Rys. 24. Wartość skuteczna ruchoma prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z symptomami uszkodzenia klatki wirnika po nagraniu



Rys. 25. Wartość skuteczna ruchoma prądu rozruchowego jednej fazy stojana – silnik z niewielkimi symptomami niesymetrii wirnika



Rys. 26. Wartość skuteczna ruchoma prądu rozruchowego jednej fazy stojana z zawartością sygnału niediagnostycznego

5. Podsumowanie

W przedstawionych przykładach widać, że sygnał skutecznej wartości ruchomej prądu stojana może zostać z powodzeniem wykorzystany w diagnostyce silników indukcyjnych prowadzonej na podstawie przebiegów prądów rozruchowych. Wykrycie niesymetrii klatki wirnika na podstawie analizy przebiegu wartości skutecznej ruchomej (rysunki 6 i 8) prądu stojana jest możliwe nawet przy bardzo krótkich czasach rozruchu (poniżej 1s). Sygnał ten można użyć do prac diagnostycznych zarówno przy zasilaniu symetrycznym (rysunki 5, 6, 7 i 8) jak i niesymetrycznym (rysunki 13, 14, 15 i 16). Analiza wartości skutecznej ruchomej może z powodzeniem służyć jako narzędzie pomocnicze i uzupełniające inne metody służące wykrywaniu niesymetrii klatki na podstawie przebiegów prądów stojana podczas rozruchu. Praktyczne zastosowanie tego sygnału wymaga oczywiście dalszych prac w tym kierunku.

6. Literatura

[1]. Rusek J.: *Reflection of eccentricities in spectral composition of currents of induction machines*. ICEM'96 Proceedings. Vol. 2, ETSEM – Universidade de Vigo, Spain, s. 470 – 475.

[2]. Sobczyk T.J., Vas P., Tassoni C.: *A comparative study of effects due to eccentricity and external stator and rotor asymmetries by monoharmonic models*. ICEM'2000 Proceedings. Vol. II. Helsinki University of Technology. Espoo, Finland, s. 946 – 950.

[3]. Dybowski P.: *Pomiary i modelowanie prądowych symptomów uszkodzeń maszyn indukcyjnych*. Rozprawa doktorska, AGH Kraków 2001

[4]. Rams W., Rusek J.: *Praktyczna diagnostyka maszyn indukcyjnych klatkowych*. Zeszyty Problemowe BOBRME KOMEL Nr 68/2004, Ustroń 2004, s. 1-5

[5]. Weinreb K., Węgiel T., Sułowicz M.: *Nieinwazyjna diagnostyka wirnika maszyny asynchronicznej*. Zeszyty Problemowe BOBRME KOMEL Nr 69/2004, Ustroń 2004, s. 35-40

[6]. Sołbut A.: *Zalety zastosowania sygnału skutecznej wartości ruchomej prądu w diagnostyce maszyny indukcyjnej zasilanej z falownika napięcia*. Zeszyty Problemowe BOBRME KOMEL Nr 74/2006, Ustroń 2006, s. 109-114

[7]. Dybowski P.: *Diagnostyka silnika indukcyjnego z zastosowaniem sygnału skutecznej wartości ruchomej prądu*. Zeszyty Problemowe BOBRME KOMEL Nr 77/2007, Ryto 2007, s. 27-32

Autor

Dr inż. Paweł Dybowski,
Katedra Maszyn Elektrycznych, Wydział Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. (012) 617-28-97, fax (012) 634-10-96, e-mail: dybowski@agh.edu.pl

Publikację opracowano w ramach pracy statutowej.