

# Wyznaczanie wartości parametrów odkształcenia napięć i prądów z zastosowaniem rejestratora wartości chwilowych przeznaczonego do monitorowania pracy urządzeń odlewniczych

E. Ziółkowski<sup>1</sup>, K. Smyksy<sup>2</sup>, A. Fedoryszyn<sup>3</sup>, M. Brzeziński<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Odlewnictwa,  
30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

<sup>1</sup> Kontakt korespondencyjny: e-mail: ez@agh.edu.pl

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

## Streszczenie

W artykule opisano dalsze prace związane z rozszerzeniem funkcjonalności rejestratora wartości chwilowych napięć i prądów przeznaczonego do monitorowania pracy urządzeń odlewniczych zasilanych z sieci elektroenergetycznej jedno- lub trójfazowej. W ich ramach opracowano i wdrożono odpowiednie algorytmy obliczeniowe wzbogacające oprogramowanie przyrządu. Do analizy chwilowych przebiegów napięcia i prądu wykorzystano podawane w literaturze syntetyczne wskaźniki charakteryzujące wyżej wymienione przebiegi.

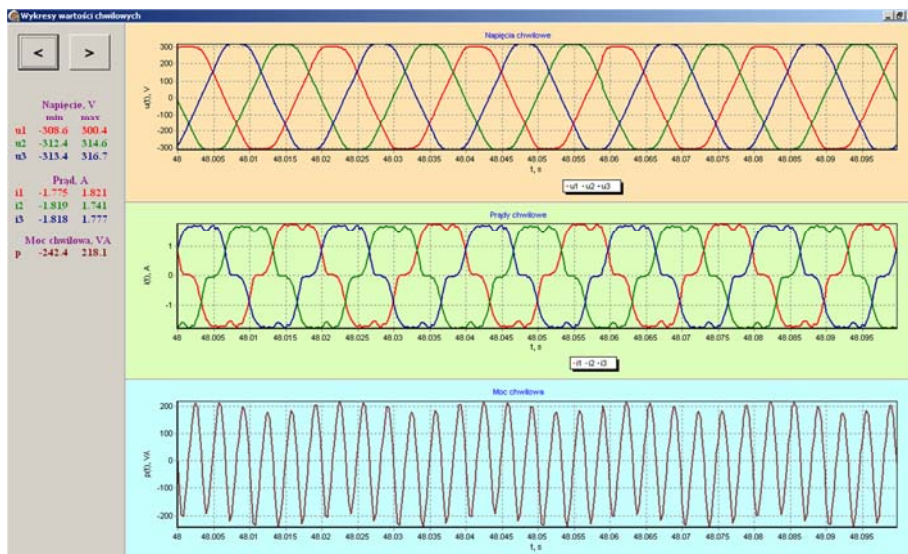
**Słowa kluczowe:** odkształcenia napięć i prądów, harmoniczne napięć i prądów w układach zasilania, urządzenia odlewnicze

## 1. Wprowadzenie

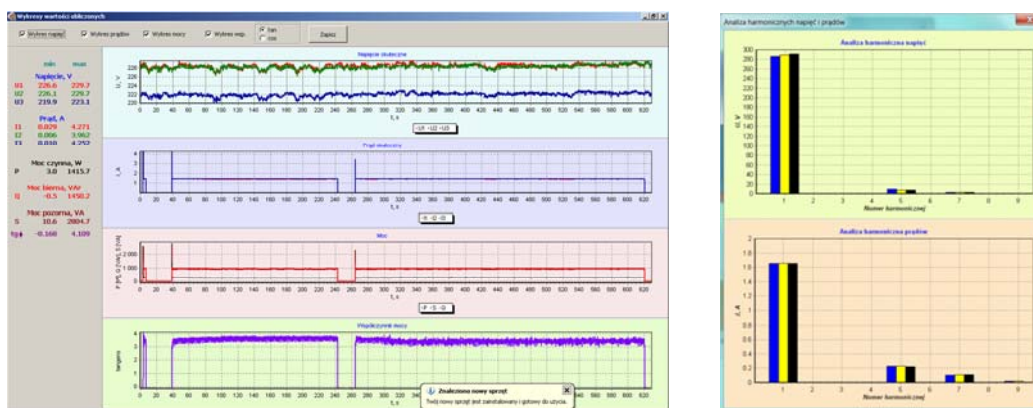
Zaprojektowany i wykonany w Pracowni Mechanizacji, Automatykacji i Projektowania rejestrator wartości chwilowych napięć i prądów umożliwia monitorowanie pracy urządzeń odlewniczych zasilanych z sieci elektroenergetycznej zarówno jedno- jak i trójfazowej. Charakterystykę tego rejestratora przedstawiono między innymi w publikacjach [1, 2, 5]. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe okienko przebiegów wartości chwilowych napięć

i prądów zarejestrowanych w układzie zasilania laboratoryjnej mieszarki krążnikowej.

Rysunek 2 przedstawia wyznaczone (w programie komputerowym do obsługi rejestratora wartości chwilowych napięć i prądów) przebiegi zmian wartości skutecznych napięć, prądów, poszczególnych składników mocy, oraz wyznaczonych wartości skutecznych harmonicznych napięć i prądów, wykonane podczas monitorowanego okresu pracy badanej mieszarki.



Rys. 1. Przykładowe okno programu z wynikami rejestracji dla układu zasilania napędu mieszarki krążnikowej z kompensacją mocy biernej



Rys. 2. Przykładowe okno programu z wynikami obliczonych wartości skutecznych napięcia, prądu, składników mocy, współczynnika mocy (wyrażona wartością tangensa) i składowych harmonicznych napięć i prądów w układzie zasilania napędu badanej mieszarki krążnikowej

## 2. Wyznaczanie wartości parametrów odkształceniowych

Zaimplementowana w programie komputerowym obsługa rejestratora procedura szybkiej transformacji Fouriera (FFT) umożliwiła wyznaczanie wartości THD dla napięć i prądów, co zostało omówione w [5]. W celu pełniejszej analizy i oceny odkształceń napięć i prądów w układach zasilania elektrycznych urządzeń odlewniczych, w programie wprowadzono procedury wyznaczania oprócz wartości THD<sub>U</sub> i THD<sub>I</sub> także wartości szczytowych (maksymalnych) napięć i prądów, wartości średnich, współczynników: kształtu, szczytu oraz stopnia odkształcenia. Zależności matematyczne służące do wyznaczenia tych parametrów zaczerpnięto z publikacji [4]. W opracowanym programie obsługi rejestratora zastosowano następujące wskaźniki:

- wartość średnia napięcia

$$U_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt \quad (1)$$

- wartość średnia prądu

$$I_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt \quad (2)$$

- wartość średnia modułu napięcia

$$U_{|sr|} = \frac{1}{T} \int_0^T |u| dt \quad (3)$$

- wartość średnia modułu prądu

$$I_{|sr|} = \frac{1}{T} \int_0^T |i| dt \quad (4)$$

- wartość skuteczna napięcia

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} \quad (5)$$

- wartość skuteczna prądu

$$I_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (6)$$

- współczynnik kształtu napięcia

$$k_{k(U)} = \frac{\bar{U}}{U_{[sr]}} \quad (7)$$

- współczynnik szczytu napięcia

$$k_{s(U)} = \frac{U_m}{\bar{U}} \quad (8)$$

- współczynnik kształtu prądu

$$k_{k(I)} = \frac{\bar{I}}{I_{[sr]}} \quad (9)$$

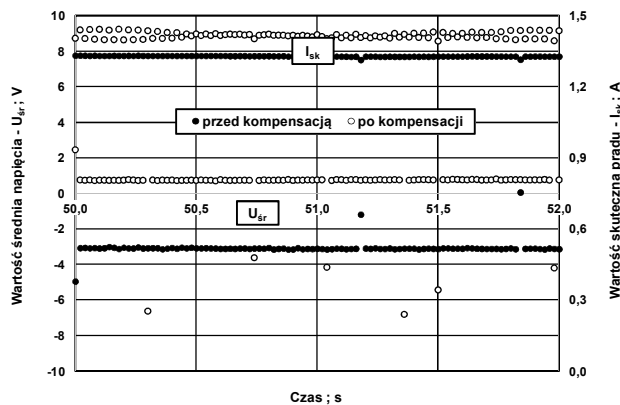
- współczynnik szczytu prądu

$$k_{s(I)} = \frac{I_m}{\bar{I}} \quad (10)$$

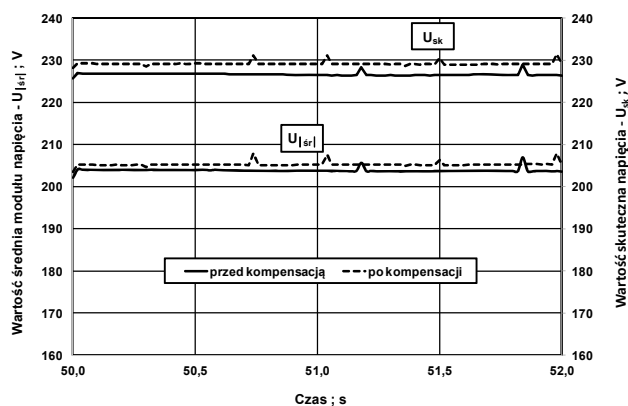
gdzie:

- $u, i$  - wartości chwilowe odpowiednio napięcia i prądu,
- $U_m, I_m$  - wartość maksymalna odpowiednio napięcia i prądu,
- $T$  - okres,
- $t$  - czas.

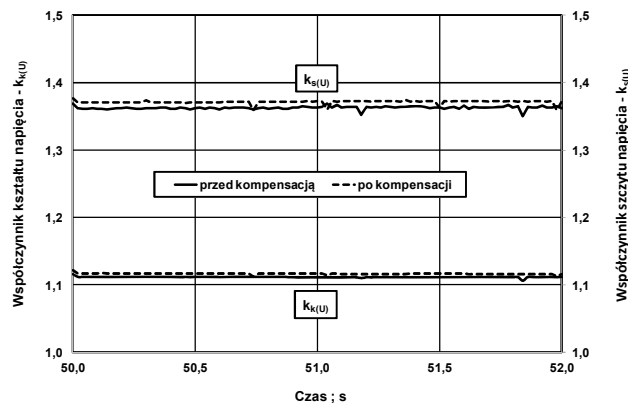
Na rysunkach 3 do 6 zestawiono wartości obliczonych według wzorów (1)-(10) parametrów, dla wybranego odcinka czasowego pracy mieszarki laboratoryjnej w układzie bez kompensacji mocy biernej oraz z kompensacją (przykładowe wartości dotyczą wybranych przebiegów chwilowych dla jednej fazy układu zasilania). Średnia wartość częstotliwości w analizowanym okresie czasu wynosiła 49,88 Hz (odchylenie standardowe- 0,02 Hz).



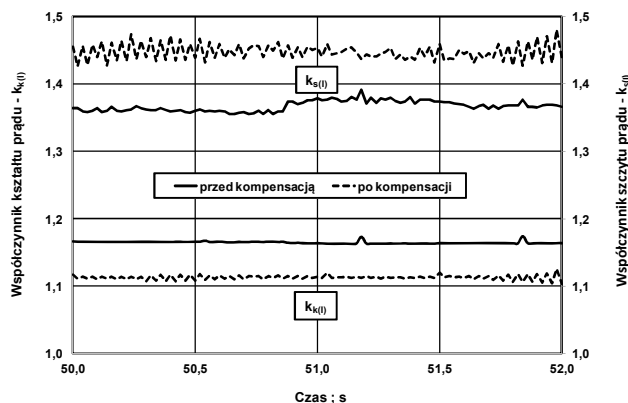
Rys. 3. Wyliczone wartości średnie napięcia oraz skuteczne wartości prądu dla wybranej fazy, podczas pracy laboratoryjnej mieszarki krążnikowej pracującej w układzie bez kompensacji i z kompensacją mocy biernej



Rys. 4. Wyliczone wartości średnie modułu napięcia oraz skuteczne wartości napięcia dla wybranej fazy, podczas pracy laboratoryjnej mieszarki krążnikowej pracującej w układzie bez kompensacji i z kompensacją mocy biernej



Rys. 5. Wyliczone wartości współczynników kształtu i szczytu napięcia dla wybranej fazy, podczas pracy laboratoryjnej mieszarki krążnikowej pracującej w układzie bez kompensacji i z kompensacją mocy biernej



Rys. 6. Wyliczone wartości współczynników kształtu i szczytu prądu dla wybranej fazy, podczas pracy laboratoryjnej mieszarki krążnikowej pracującej w układzie bez kompensacji i z kompensacją mocy biernej.

Dla idealnego przebiegu sinusoidalnego wartość średnia wyliczona według zależności (1) i (2) wynosi zero. Jak wynika z rysunku 3, w praktycznych pomiarach może występować asymetria przebiegu względem osi czasu. Występujące większe rozrzuty obliczonej wartości skutecznej prądu w układzie z kompensacją są prawdopodobnie związane z odkształceniem tego przebiegu (co opisano w [5]).

Obliczone z zależności (3) wartości średnie modułu napięcia i z wzoru (5) wartości skuteczne są bliskie wartościom teoretycznym dla idealnego przebiegu sinusoidalnego (rys. 4). Widoczne są nieco większe różnice w wartościach skutecznych obliczonych dla układu bez kompensacji oraz z kompensacją.

Na rysunkach 5 i 6 zestawiono wyniki obliczeń dla wybranego odcinka czasu charakteryzujące chwilowe wartości napięcia (7) i prądu (9), pod względem kształtu oraz współczynniki szczytu napięcia (8) i prądu (10). Podobnie jak w przypadku wartości skutecznej prądu, większe rozrzuty obliczonych wartości współczynników szczytu prądu są związane prawdopodobnie z odkształceniem tego przebiegu, co zostało udokumentowane analizą FFT [5].

### 3. Wnioski

Rozszerzenie funkcjonalności systemu monitorowania pracy napędów elektrycznych urządzeń odlewniczych o wyznaczenie szeregu parametrów charakteryzujących chwilowe przebiegi napięć i prądów, w tym również ich odkształcenie umożliwia pełniejszą analizę i ocenę ich pracy w różnych okresach cyklu technologicznego. W dalszych pracach związanych z analizą pracy napędów elektrycznych określonych maszyn i urządzeń odlewniczych zostaną podjęte badania zmierzające do powiązania

syntetycznych wskaźników charakteryzujących wyżej wymienione przebiegi z parametrami procesów technologicznych.

## Podziękowania

Temat zrealizowano w ramach Pracy Statutowej AGH nr 11.11. 170.318 – Zadanie 6 w roku 2015.

## Literatura

- [1] Ziółkowski, E., Wrona, R., Smyksy, K. (2008). The monitoring of the electrical energy quality supplied to the foundry devices. *Archives of Foundry Engineering*, vol. 8, spec. iss. 2, pp. 143–148 (in Polish).
- [2] Ziółkowski, E., Smyksy, K., Wrona, R. (2013). The measurement of power consumption by moulding sands mixers. *Archives of Foundry Engineering*, vol. 13, spec. iss. 3, pp. 191–196 (in Polish).
- [3] Hanzelka, Z. (2014). The quality of electricity. Part 4. Higher harmonics of voltages and currents. [http://twelvee.com.pl/pdf/Hanzelka/cz\\_4\\_pelna.pdf](http://twelvee.com.pl/pdf/Hanzelka/cz_4_pelna.pdf) (in Polish).
- [4] Kowalski, Z. (2007). Electrical power quality. Politechnika Łódzka, Łódź.
- [5] Ziółkowski, E., Smyksy, K., Fedoryszyn, A., Brzeziński, M. (2014). Implementation of the FFT in the monitoring system of operation of roller mixer drive. *Archives of Foundry Engineering*, vol. 14, spec. iss. 4, pp. 137–142 (in Polish).

# Determination of Deformation Parameters of Voltage and Current Using the Instantaneous Values Recorder Designed for Monitoring of the Operation of Foundry Devices

## Abstract

The article describes further work related to the extension of functionality of instantaneous values recorder of voltages and currents designed to monitor of the foundry devices operation. Such devices can be supplied from the single or three-phase power grid. In this framework the appropriate computational algorithms have been developed and implemented. It has enriched the device software. For analysis of instantaneous voltage and current values have been used synthetic indicators characterizing the above-mentioned waveforms (reported in the technical literature).