© Wydawnictwo UR 2016 „Edukacja – Technika – Informatyka" nr 4/18/2016
ISSN 2080-9069 www.eti.rzeszow.pl
ISSN 2450-9221 online DOI: 10.15584/eti.2016.4.59

BOGUSŁAW TWARÓG[1], **ZBIGNIEW GOMÓŁKA**[2], **EWA ŻESŁAWSKA**[3]

Analiza i archiwizacja pomiarów analogowych z wykorzystaniem cyfrowych rejestratorów ADLINK

Analysis and archiving of analog measurements using ADLINK loggers

[1] Doktor inżynier, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Inżynierii Komputerowej, Polska
[2] Doktor, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Inżynierii Komputerowej, Polska
[3] Magister inżynier, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Wydział Informatyki Stosowanej, Katedra Zastosowań Systemów Informatycznych, Polska

Streszczenie

W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania cyfrowego rejestratora USB 1901 ADLINK do akwizycji pomiarów i analizy danych analogowych. Przygotowano specjalne skrypty pozwalające analizować badane sygnały z dodatkowym wykorzystaniem algorytmu szybkiej transformaty Fouriera.

Słowa kluczowe: przetwarzanie analogowo-cyfrowe, akwizycja danych, szybka transformata Fouriera.

Abstract

The paper presents the concepts of using a digital logger ADLINK USB 1901 to acquisition and analysis of analog data. There are special scripts that allow to analyze test signals using the Fast Fourier Transform algorithm.

Key words: analog digital processing, data acquisition, Fast Fourier Transform.

Cyfrowe przetwarzanie sygnałów i transformacje Fouriera

W pracy zaprezentowano metodę pomiarów i analizy sygnałów analogowych z wykorzystaniem cyfrowego rejestratora USB-1901 firmy ADLINK. Jako obiekt testowy użyto trójfazowego silnika indukcyjnego w różnych ustawieniach konfiguracyjnych. Przedstawiono również przekształcenia otrzymanych prze-

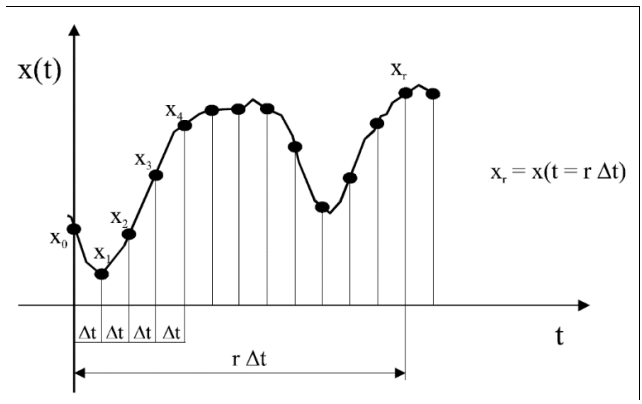
biegów poprzez zastosowanie szybkiej transformaty Fouriera. Pomiary rejestrowano czterema różnymi aplikacjami komputerowymi, wśród których znajdowały się wersje firmowe oraz własne programy skryptowe opracowane pod kątem pomiarów i analizy częstotliwościowej [Lyons 2000; Smith 2007].

W praktyce analiza sygnałów ciągłych odbywa się zwyczajowo na drodze cyfrowej, gdzie badany przebieg czasowy *x(t)* podlega przetwarzaniu A/C, co w efekcie generuje dyskretny szereg x_r [Walt 2012].

$$x(t) \Rightarrow x_r;\ r = 0, 1, 2, \dots, (N-1) \tag{1}$$

gdzie: *N* – liczba próbek.

warunek okresowości: $x(t) = x(t + \Delta tN) = \cdots = x(t + k\Delta tN)$



Rys. 1. Proces próbkowania sygnału ciągłego

Wyprowadzając zależność opisującą dyskretną transformatę Fouriera, wykorzystano definicję zespolonej transformaty Fouriera sygnału ciągłego:

$$X_k = \frac{1}{T}\int_0^T x(t)\exp\left(-i\frac{2\pi kt}{T}\right)dt \tag{2}$$

oraz zmiany wynikające z dyskretnego charakteru sygnału:

$$dt \to \Delta t = \frac{T}{N}\ oraz\ \int \to \sum. \tag{3}$$

Otrzymano

$$X_k = \frac{1}{T}\sum_{r=0}^{r=N-1} x_r \exp[(-i2\pi k/T)(r\Delta t)]\Delta t. \tag{4}$$

Dzięki zastosowaniu transformacji dowolny sygnał niesinusoidalny można rozłożyć na szereg przebiegów okresowych, co umożliwia określenie, w jaki sposób poszczególne częstotliwości składają się na pierwotny przebieg niesinusoidalny.

Wielofunkcyjny moduł akwizycji danych – USB 1901 ADLINK

Rys. 2. Cyfrowy rejestrator USB 1901 ADLINK

Firma ADLINK jest wiodącym producentem kart pomiarowo-kontrolnych dla różnych systemów przemysłowych. W swojej ofercie posiada m.in. rejestratory o różnych parametrach pomiaru i akwizycji. Wśród nich możemy wymienić moduły 8-kanałowe (USB-1903) czy 16-kanałowe (USB-1901) (rys. 2). Wszystkie te modele cechuje możliwość podłączania ich do różnych urządzeń oraz kompatybilność z wieloma programami kontrolnymi. Rejestrator USB-1901 posiada 16-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy AD-7610, który pozwala wykorzystać 16 analogowych „*pojedynczozakończonych*" (single-ended) lub 8 „pseudoróżnicowych" (*pseudo-differential*) wejść napięciowych. Posiadają one duży wybór zakresu wejściowego oraz maksymalną częstotliwość próbkowania, osiągającą wartość 250 tys. próbek na sekundę. Rejestrator ten wyposażony jest również w 8 wejść i 4 wyjścia cyfrowe (pracujące w standardzie TTL), dwukanałowy, 32-bitowy zegar/licznik ogólnego przeznaczenia oraz 2 kanały wyjściowe modulacji szerokości impulsu (PWM). Konstrukcyjnie moduł wyposażony jest w jedną parę 20-pinowych wymiennych złączy śrubowych, których piny opisane są zgodnie z tabelą 1.

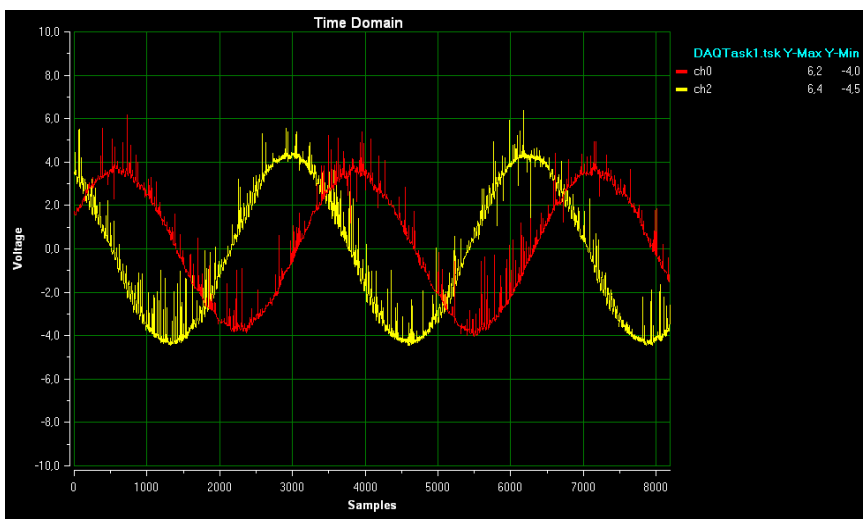
Tabela 1. Opis poszczególnych sygnałów modułu USB-1901

Sygnał	Opis
AI<H0,...,H7>^<L0,...,L7>	*Analogowe kanały wejściowe 0 ~ 7*
AGND, DGND	*Kanał uziemiający analog. i cyfrowy*
A0<0,1>	*Analogowe kanały wyjściowe <0,1>*
GPO<0,...,3>	*Wyjście funkcji <0,...,3>*
NC	*Brak połączenia*
ECLK	*Zewnętrzny zegar konwersji A/C*
AISE	*Wejście analogowe SENSE*
GPI<0,...,7>	*Wejście funkcji <0,...,7>*
AITG	*Cyfrowe wyzwalanie dla wej. analog.*
AOTG	*Cyfrowe wyzwalanie dla wyj. analog.*

Aby w poprawny sposób przeprowadzić analizę i archiwizację zmierzonych przez rejestrator danych, należy wykorzystać dodatkowe oprogramowanie pozwalające obrazować zapisane sygnały np. za pomocą przebiegów graficznych. W pracy posłużono się m.in. takimi aplikacjami, jak: AD-Logger, U-Test (oprogramowania wspierane przez producenta rejestratora) oraz dodatkiem do modułu Data Acquisition Toolbox – oscyloskop SoftScope. Ponadto zaprojektowano i zrealizowano własne programy skryptowe pracujące w środowisku Matlab pozwalające na szczegółowe i precyzyjne analizy jakościowe badanych sygnałów analogowych.

Oprogramowanie konfiguracyjne i testowe w dynamicznej rejestracji danych analogowych

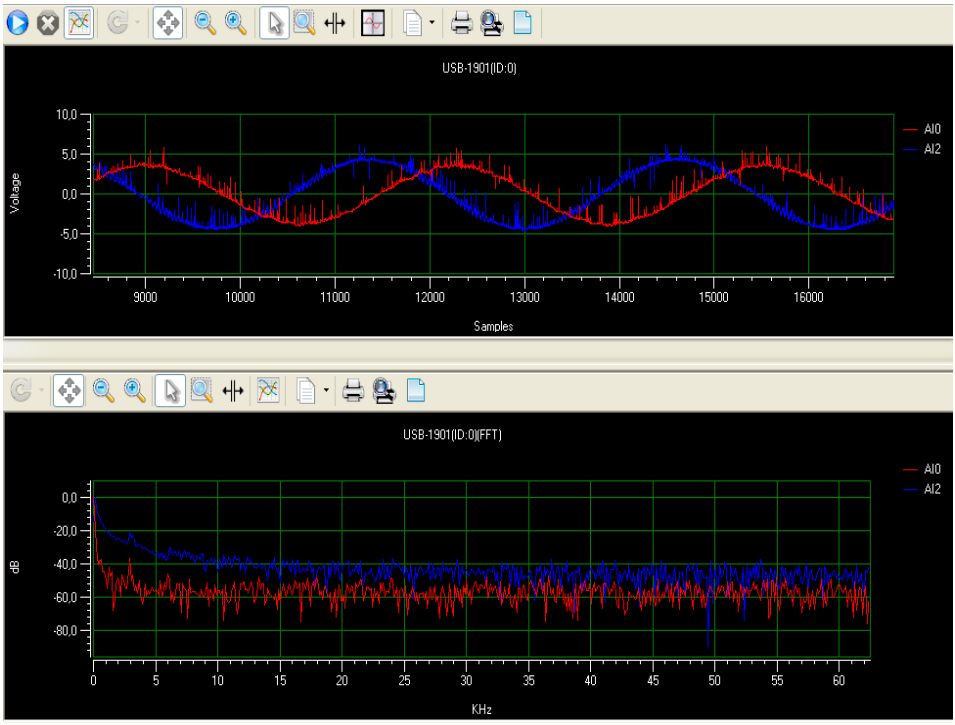
AD-Logger i U-Test są podstawowymi i przyjaznymi w obsłudze programami do akwizycji danych, które działają ze wszystkimi urządzeniami firmy ADLINK wyposażonymi w funkcje wejść/wyjść analogowych i cyfrowych. Posiadają intuicyjny interfejs, który pomaga użytkownikowi skonfigurować proces pomiarowy w kilku prostych krokach, bez konieczności programowania. Programy mają wiele zalet, m.in. rejestrują dane na podstawie konfiguracji zadaniowych narzędzia DAQPilot, zapewniają podstawowe funkcje analityczne, takie jak np. szybka transformata Fouriera. Poniższe wykresy przebiegów napięcia i prądu badanego silnika indukcyjnego odzwierciedlają szybką i dokładną specyfikę pomiaru i analizy danych analogowych [Twaróg i in. 2007: 1005–1012; Twaróg i in. 2013: 424–430].



Rys. 3. Przebiegi napięcia i natężenia prądu trójfazowego silnika indukcyjnego przy 50-procentowym ograniczeniu prędkości w programie AD-Logger

Środowisko Matlab oprócz wielu szczegółowych zastosowań, umożliwia również prowadzenie badań związanych z pomiarami i sterowaniem za pomocą zewnętrznych urządzeń pomiarowo-kontrolnych. W zakresie tych prac środowisko Matlab daje możliwości:

– konfiguracji wybranego urządzenia pomiarowego oraz sterowania przebiegiem pomiarów,
– obserwacji sygnałów podczas wykonywania pomiarów w formie różnego typu wykresów bądź chwilowych wartości liczbowych,
– zapisu zebranych wyników w pamięci komputera i wykorzystania tych zbiorów w późniejszym czasie.



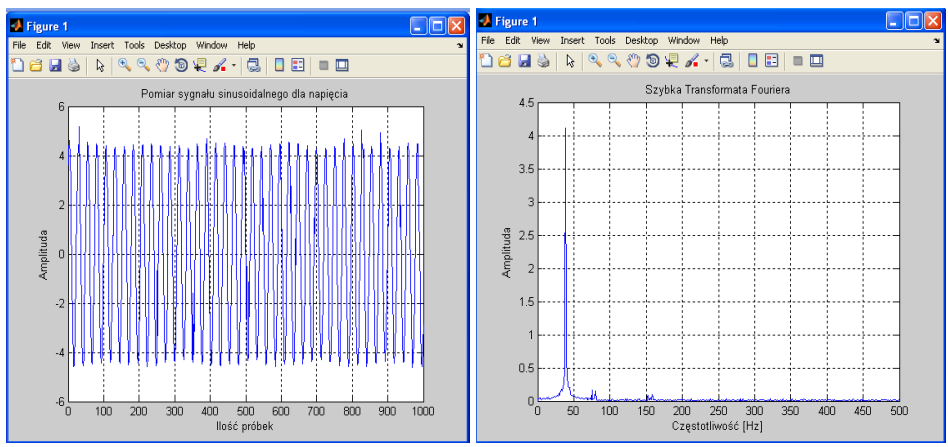
Rys. 4. Przebiegi napięcia i natężenia prądu trójfazowego silnika indukcyjnego przy 50-procentowym ograniczeniu prędkości w programie U-Test wraz z wykresem FFT

W pracy główne pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem tego środowiska wraz z dodatkową biblioteką Data Acquisition Tolboox (DAT) pozwalającą profesjonalnie konfigurować i budować złożone aplikacje pomiarowe. Oprogramowanie to oferuje kompletny zestaw narzędzi do obsługi wejść/wyjść analogowych i cyfrowych pochodzących z różnych urządzeń akwizycji danych kompatybilnych z komputerami PC.

```
Fs = 1000;
L = 1000;
f = Fs*(0:(L/2))/L;
start(ai_device);
S = getdata(ai_device);
Y = fft(S);
P2 = abs(Y/L);
P1 = P2(1:L/2+1);
P1(2:end-1) = 2*P1(2:end-1);
figure
plot(f, P1);
```

Rys. 5. Fragment skryptu realizujący proces szybkiej transformaty Fouriera

W praktyce analiza widmowa pozwala wyodrębnić najbardziej istotne dla rozważanego procesu składowe harmoniczne oraz ustalić wielkości amplitud tych składowych. W procesie analizy określane są amplitudy kolejnych składowych harmonicznych (widmo amplitudowe) i/lub przesunięcia fazowe (widmo fazowe). Ważnym zastosowaniem analizy widmowej jest diagnostyka urządzeń technicznych, która obejmuje badania stanu maszyn, urządzeń i konstrukcji w celu oceny ich jakości, stopnia sprawności lub zużycia. Analiza widmowa wibracji pozwala w porę wykryć stany niesprawności oraz wyeliminować zużyte elementy. W prezentowanym przykładzie dominującą składową w sygnale jest harmoniczna o częstotliwości 40 Hz, a stan silnika pozostaje poprawny [Gomółka, Żeslawska i in. 2015: 430; Gomółka, Twaróg i in. 2015: 128–143].



Rys. 6. Przebieg napięcia międzyfazowego L1-L2 wraz z jego widmem amplitudowym

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że moduł z rodziny DAQ USB – rejestrator USB 1901 firmy ADLINK – zapewnia łatwe połączenie, konfigurację i dokładne wyniki zarówno dla aplikacji dedykowanych, jak i dla własnych aplikacji analitycznych niezbędnych w świecie automatyki przemysłowej. Zaprojektowane i zrealizowane skrypty konfiguracyjno-analityczne pozwoliły na wielokierunkowe procesy badawcze z możliwością wnikania w szczegółowe parametry techniczne urządzeń.

Literatura

Gomółka Z., Twaróg B., Żesławska E., Paszkiewicz A. (2015), *Innovative Approaches of Video and Image Processing Applied in Modern Computer Science, Monographs in Applied Informatics,* „Computing in Science and Technology".

Gomółka Z., Żeslawska E., Twaróg B., Bolanowski M. (2015), *Restitution of 3D Scenery With Coherent and Structured Light Scanner Technologies*, „Measurement, Automation, Monitoring" vol. 61.

Lyons R.G. (2000), *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, Warszawa.

Smith S. (2007), *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców*, Wydawnictwo BTC.

Twaróg B., Gomółka Z., Żesławska E., Krutys P. (2013), *System nadzorujący i sterujący przebieg procesu technologicznego,* „Edukacja – Technika – Informatyka. Rocznik Naukowy" nr 4.

Twaróg B., Pękala R., Bartman J., Gomólka Z. (2007), *The Changes of Air Gap in Inductive Engines as Vibration Indicator Aided by Mathematical Model and Artificial Neural Network, Discrete and Continous Dynamical Systems,* American Institute of Mathematical Sciences.

Walt K. (2012), *Przetworniki A/C i C/A. Teoria i praktyka*, Wyd. BTC.