

Roman KWIECIEN¹
Elżbieta SZYCHTA²
Leszek SZYCHTA³
Radosław FIGURA⁴

INFORMATYCZNY SYSTEM POMIAROWY W KOMPUTEROWYCH BADANIACH JEDNOFAZOWYCH SILNIKÓW INDUKCYJNYCH

Silniki indukcyjne jednofazowe stosowane są w urządzeniach gospodarstwa domowego oraz w napędach pomocniczych w przemyśle. Badania laboratoryjne tych silników mają na celu wyznaczenia charakterystyk pracy w jego trzech stanach: próbie biegu jałowego, próbie zwarcia ustalonego oraz próbie obciążenia. Na podstawie zrealizowanych pomiarów można obliczyć parametry modelu matematycznego indukcyjnego silnika jednofazowego, które mogą posłużyć do wykonania symulacji pracy silnika w stanach awaryjnych oraz do opracowania energooszczędnych systemów sterowania tymi silnikami. Artykuł przedstawia propozycję wykonywania badań jednofazowego silnika indukcyjnego, przy wykorzystaniu informatycznego systemu pomiarowego opartego o technologię zdalnego wykonania skryptu ZWS.

THE MEASURING INFORMATION SYSTEM IN COMPUTER TESTING OF SINGLE-PHASE INDUCTION MOTORS

The single-phase induction motor are used in household appliances and auxiliary drives in the industry. Purpose of research electrical motor is execution characteristics work in its three states: no-load test, short circuit test and load test. It is possible to calculate parameters of mathematical model of induction motor based on realized measurements, which can be used to simulate its work. The calculations can also be used to develop energy-efficient control of these motors. This article presents measurement process to research single-phase induction motor. This research is based on computer system, which uses remote script execution technology ZWS.

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-64, e-mail: r.kwiecien@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-65, e-mail: e.szychta@pr.radom.pl

³ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-60, e-mail: l.szychta@pr.radom.pl

⁴ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-62, e-mail: r.figura@pr.radom.pl

1. WSTĘP

Silniki indukcyjne jednofazowe należą do grupy silników elektrycznych, które są wykorzystywane w sprzęcie gospodarstwa domowego oraz w pomocniczych napędach przemysłowych. Moc tych silników z reguły nie przekracza kilku kilowatów. Umożliwia to stosowanie tych silników w aplikacjach małej mocy zasilanych z odnawialnych źródeł energii. Dążąc do efektywnego wykorzystania pozyskanej energii opracowywane są energooszczędne systemy sterowania pracą jednofazowych silników indukcyjnych.

W warunkach laboratoryjnych można wykonać kompleksowe badania takiego silnika w różnych stanach jego pracy: próbie biegu jałowego, próbie zwarcia i próbie obciążenia [1,2,3]. Na podstawie wyników pomiarów wyznaczane są charakterystyki jego pracy, w tym charakterystyka sprawności, z której można oszacować wartość momentu obciążenia uzyskującego najwyższą sprawność badanego silnika jednofazowego. Wyniki pomiarów mogą być wykorzystane do określenia parametrów modelu matematycznego, umożliwiając wykonanie symulacji oraz analizę pracy silnika i opracowanie energooszczędnych systemów sterowania tymi silnikami.

Dokładność pomiarów oraz sprawne ich wykonanie w procesie badawczym zależy między innymi od zastosowanych przyrządów pomiarowych oraz systemu pomiarowego. System pomiarowy jest definiowany jako zbiór jednostek funkcjonalnych tworzących całość organizacyjną, objętych wspólnym sterowaniem przeznaczonym do realizacji określonego celu metrologicznego. Sterowanie systemem jest realizowane przez nadrzędną jednostkę funkcjonalną nazywaną kontrolerem, działającą wg zaprogramowanego algorytmu. Cechą charakterystyczną systemów pomiarowych jest algorytmizacja procesów pomiarowych oraz współdziałanie (integracja) sprzętu i oprogramowania.

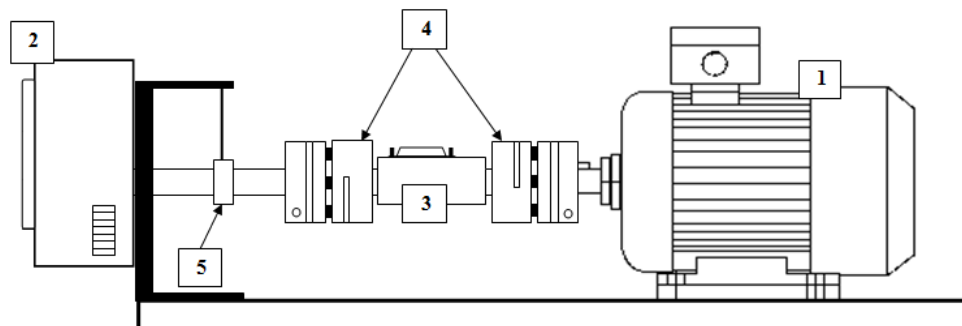
W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję realizacji komputerowego systemu pomiarowego do badania indukcyjnego silnika jednofazowego z fazą pomocniczą. W celu realizacji tych badań powstało stanowisko laboratoryjne, w którym wykorzystano przemysłową sieć komputerową jako medium w transferze informacji między urządzeniami kontrolno-pomiarowymi a komputerową jednostką nadrzędną.

2. BUDOWA STANOWISKA LABORATORYJNEGO

Konstrukcję stanowiska laboratoryjnego do badań indukcyjnych silników jednofazowych przedstawiono na rys. 1. Głównymi urządzeniami wchodzącymi w jej skład są: badany silnik jednofazowy⁵ oraz hamulec proszkowy, stanowiący obciążenie dla badanego silnika. Elementem łączącym wymienione urządzenia jest momentomierz, który poprzez sprzęgła mechaniczne sprzęga wały obydwu urządzeń.

Badany silnik jednofazowy zasilany jest z autotransformatora (rys. 2). Do odczytu prądów napięć oraz mocy obwodów głównego i pomocniczego badanego silnika zainstalowano mierniki parametrów sieci typu N12P. Mierniki te wyposażone są w funkcję umożliwiającą realizację zabezpieczeń przeciążeniowych.

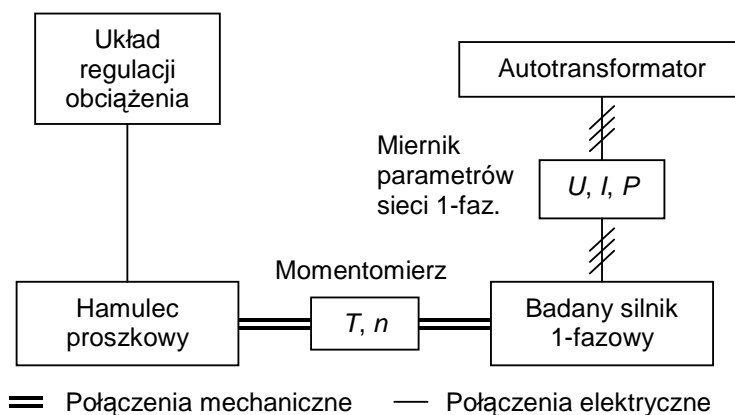
⁵ Typ: SEh71-4BF; $U_N=230\text{VAC}$; $f_N=50\text{Hz}$; $I_N=2,9\text{ A}$; $P_N=0,37\text{kW}$; $n_N=1370\text{rpm}$; $T_N=2,6\text{Nm}$; $\cos\varphi_N=0,88$; $\eta=0,64$



Rys.1. Schemat konstrukcji stanowiska laboratoryjnego: 1- silnik ; 2-hamulec proszkowy; 3-momentomierz; 4-sprzęgła mechaniczne

Po przekroczeniu zaprogramowanych wartości skutecznych prądów generowany jest sygnał alarmu, po czym następuje odłączenie napięcia zasilającego silnik. Każdy z przyrządów pomiarowych standardowo jest zaopatrzony w interfejs szeregowy RS485 [4].

Autotransformator umożliwia regulację wartości skutecznej napięcia fazowego o częstotliwości 50 Hz w zakresie od ok. 0 do 230 V AC. Hamulec proszkowy jest używany w przypadku realizacji próby obciążenia oraz próby zwarcia. Moment hamujący ustala się potencjometrem w układzie regulacji obciążenia (rys. 2). W badanym silniku zamontowane są termistory, które współpracują z miernikiem N12T w celu uzyskania aktualnej wartości temperatury uzwojeń.



Rys.2. Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego do badania silnika jednofazowego

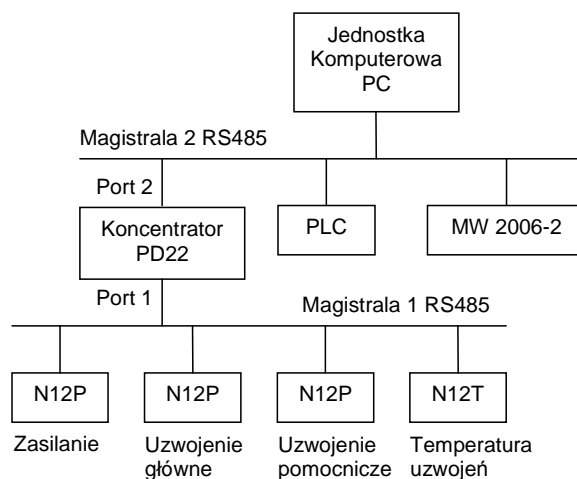
3. KOMPUTEROWY SYSTEM POMIAROWY

Komputerowy system pomiarowy jest zrealizowany przy wykorzystaniu przyrządów pomiarowych zbudowanych w technice mikrokomputerowej. Urządzenia te posiadają wbudowany interfejs szeregowy RS485, który przeznaczony jest do pracy w komputerowej

sieci przemysłowej Modbus [5]. Zastosowanie sieci Modbus sprawia, że urządzenia kontrolno-pomiarowe mogą być sterowane, programowane oraz można z nich zdalnie odczytywać pożądane wartości danych pomiarowych.

Struktura komputerowego systemu pomiarowego do badań 1-faz. silnika prądu przemiennego składa się z (rys. 4):

- jednostki komputerowej klasy PC wyposażonej w konwerter interfejsów RS 232/485,
- trzech mierników parametrów sieci 1-faz prądu przemiennego typu N12P, podłączonych w: układ zasilania badanego silnika, obwód uzwojenia głównego oraz obwód uzwojenia pomocniczego,
- przyrządu N12T do pomiaru temperatury uzwojeń maszyn elektrycznych z zamontowanymi czujnikami typu pt100,
- miernika momentu i prędkości obrotowej MW 2006-2,
- programowalnego sterownika logicznego PLC (ang. *Programmable Logic Controller*),
- koncentratora danych PD22.



Rys. 4. Schemat blokowy struktury systemu pomiarowego

Mierniki parametrów sieci jednofazowej N12P są tablicowymi cyfrowymi przyrządami programowalnymi, które mierzą:

- wartość napięcia skutecznego U ,
- wartość prądu skutecznego I ,
- moc czynną P ,
- moc bierną Q ,
- moc pozorną S ,
- współczynnik mocy czynnej PF ,
- stosunek mocy biernej do czynnej tF ,
- przesunięcie fazowe Fi ,
- częstotliwość $FrEq$,
- energia czynną pobierana $EPPoS$,

- energia czynną oddawana E_{pneg} ,
- energia bierną pobierana E_{qPoS} ,
- energia bierną oddawana E_{qneg} ,
- moc czynną średnią P_{av} 15 – minutowa,
- napięcie średnie 10 – minutowe U_{av} ,
- częstotliwość średnią F_{av} 10 – sekundowa,
- aktualny czas $HoUr$.

W warunkach pracy sieciowej Modbus mierniki typu N12P posiadają zalety i wady. Niewątpliwą zaletą, z punktu widzenia ilości akwizycji danych, jest zastosowanie do transmisji danych protokołu komunikacyjnego Modicon, w którym można definiować liczbę odczytywanych rejestrów. Oznacza to, że jednym zapytaniem możliwe jest odczytanie kilku rejestrów jednocześnie, bez konieczności odpytywania ich z osobna. W ten sposób uzyskuje się oszczędność czasu na realizację określonego zadania oraz odczytanie kilku danych procesowych w tej samej chwili czasu. Podstawową wadą miernika N12P jest zbyt długi czas na realizację odpowiedzi z pakietem danych od momentu otrzymania komunikatu zapytania, który wynosi nawet do 1,5 sek. Spowodowane jest to tym, że miernik wstrzymuje transmisję danych do momentu zarejestrowania kilku okresów przebiegu prądu i napięcia, na podstawie których w następnym kroku oblicza wielkości pomiarowe sieci 1-faz. prądu przemiennego.

Miernik pomiaru momentu i prędkości obrotowej MW 2006-2 posiada parametry programowalne (częstotliwość próbkowania), parametry sterujące zawartością bufora, wielkości tylko do odczytu tj. moment i prędkość obrotowa oraz dane tablicowe przechowujące wartości chwilowe momentu i prędkości obrotowej. Częstotliwość próbkowania jest nastawialna, a jej wartość maksymalna wynosi 800 Hz.

Koncentrator danych PD22 jest przeznaczony do komputerowych systemów telemetrii jako element pośredniczący w wymianie danych pomiędzy częścią obiektową a systemem nadrzędnym. Część obiektową stanowią przyrządy pomiarowe N12P i N12T, które są podłączone do interfejsu szeregowego RS485 o nazwie Port 1. Port 2 natomiast posiada interfejs RS-485, RS-232C i USB do komunikacji z jednostką komputerową PC przez łącza przewodowe. Za pomocą tych portów koncentrator realizuje następujące funkcje:

- odczyt wartości parametrów z urządzeń, które są dostępne jako parametry koncentratora,
- archiwizację danych z określoną częstością, które są udostępniane na żądanie dla systemu nadrzędnego (390000 rekordów),
- archiwizację zdarzeń awaryjnych (44400 zdarzeń),
- wymianę danych polegającą na przesyłaniu żądań od systemu nadrzędnego do konkretnego urządzenia np. odczytu lub zapisu parametru.

Wykorzystanie koncentratora PD22 jest konieczne ze względu na długi czas oczekiwania na odpowiedź w sieci Modbus z przyrządu pomiarowego N12P. Jest to niedopuszczalne, aby przyrządy pomiarowe N12P miały największy wpływ na proces rejestracji wielkości mierzonych i sterowania stanowiskiem laboratoryjnym w komputerowym systemie pomiarowym. W związku z tym użycie koncentratora danych PD22 powoduje powstanie podsieci komputerowej w obrębie magistrali 2, w której pełni on rolę nadrzędną nad przyrządami pomiarowymi N12P i N12T (rys. 4). Koncentrator PD22 realizuje akwizycję danych pomiarowych z prędkością transmisji wynoszącej 9600

Bd. Z każdego miernika typu N12P odczytuje wielkości pomiarowe $U, I, P, Q, S, PF, tF, Fi$ za pomocą jednego pakietu danych w celu ograniczenia czasu oczekiwania na każdorazowy odczyt jednej wartości mierzonej. Dane te są udostępniane jednostce komputerowej podłączonej do magistrali 2 pracującej w systemie nadrzędnym z prędkością transmisji do 115 200 Bd. Oznacza to, że każdorazowe odczytanie wielkości pomiarowych z koncentratora PD22 może odbywać się z ok. 10-krotnie szybszym transferem danych, natomiast dane pomiarowe nie zawsze będą aktualne, gdyż koncentrator może nie zdążyć uaktualnić swoje rejestry „świeżymi” sygnałami z przyrządów pomiarowych. Zaletą tego koncentratora jest również to, że można jednocześnie odczytać z niego cały pakiet wielkości pomiarowych pochodzących z wybranych mierników.

Zadaniem jednostki komputerowej jest akwizycja danych pomiarowych zgromadzonych w: koncentratorze PD22, przyrządzie do pomiaru momentu i prędkości obrotowej MW 2006-2 oraz sterowniku PLC. Programowalny sterownik logiczny PLC jest niezbędny do sygnalizacji procesów łączeniowych (odczytuje stany wejść sygnałów pomiarowych), załączania obwodów mocy jednofazowych oraz sterowania innymi łącznikami w układzie pomiarowym, np. autotransformatorem do regulacji wartości skutecznej napięcia zasilającego badany silnik elektryczny.

Za przesyłanie informacji w całym systemie pomiarowym odpowiedzialne są aplikacje komputerowe zainstalowane na wydzielonych do tego celu jednostkach komputerowych. Użytym oprogramowaniem jest Informatyczny System Skryptowy ISS zbudowany na technologii Zdalnego Wykonania Skryptu ZWS.

4. TECHNOLOGIA ZDALNEGO WYKONANIA SKRYPTU ZWS

Technologia zdalnego wykonania skryptu ZWS jest autorskim opracowaniem, która określa sposób świadczenia usług sieciowych pomiędzy jednostkami komputerowymi pracującymi w komputerowej sieci Ethernet [4, 5] (rys. 5).

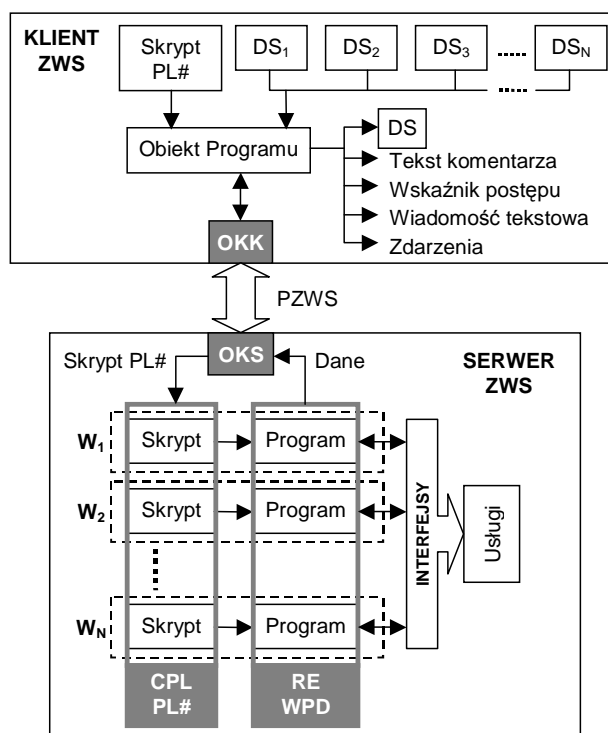
W technologii Zdalnego Wykonania Skryptu wyróżniono aplikację klienta ZWS oraz serwera ZWS, które wymieniają się informacją za pośrednictwem protokołu komunikacyjnego PZWS (Protokół Zdalnego Wykonania Skryptu). Komunikację klienta ZWS z serwerem ZWS zapewniają informatyczne obiekty komunikacyjne klienta (OKK) oraz serwera (OKS), które bazują na gniazdach sieciowych Ethernet (ang. *socket*) systemu operacyjnego Windows. W aplikacji serwera ZWS wbudowane są komponenty kompilatora obiektowego języka programowania PL# o strukturze *Delphi Language* (CPL) oraz wirtualnego procesora Delphi (WPD) wykonującej skompilowany kod pośredni, które pracują w przydzielonym im zadaniu $W_1...W_N$ (wątku). Klient ZWS poprzez komponent „Obiekt Programu” przesyła skrypt o strukturze obiektowego języka programowania PL# do serwera ZWS, z możliwością transmisji dowolnej ilości danych tabelarycznych ($DS_1...DS_N$). Skrypt języka PL# jest poddawany kompilacji do wynikowego kodu pośredniego (programu), który jest wykonywany w środowisku uruchomieniowym przez WPD. W trakcie wykonywania programu, może zostać przesłany komunikat zwrotny do klienta ZWS w postaci: komentarza tekstowego, wiadomości tekstowej, wartości liczby całkowitej postępu wykonywania określonej czynności programu, tabelarycznego obiektu danych (DS) oraz zdarzeń pracy programu (rozpoczęcie i zakończenie programu oraz ewentualnych błędów kompilacji lub wykonania programu). Podczas działania serwera ZWS, program może wykonywać metody interfejsów, które realizują określone usługi

wynikające z jego zastosowania. Metody interfejsów powodują wykonanie poleceń zawartych w:

- bibliotekach API (ang. *Application Programming Interface*) systemu operacyjnego,
- bibliotekach wykonywanych w wirtualnej maszynie WPD o rozszerzeniu pliku *.slf,
- w powłocie serwera ZWS – interfejsy wewnętrzne.

Do podstawowych usług serwera ZWS zalicza się:

- zarządzanie bazą danych,
- zarządzanie uruchomionymi procesami (zadaniami),
- zarządzanie systemem plików systemu operacyjnego Windows – zdalne lub lokalne kopiowanie plików, usuwanie oraz zakładanie nowych folderów lub plików itp.,
- zarządzanie strumieniem danych – operacje na zawartościach plików i pamięci operacyjnej.

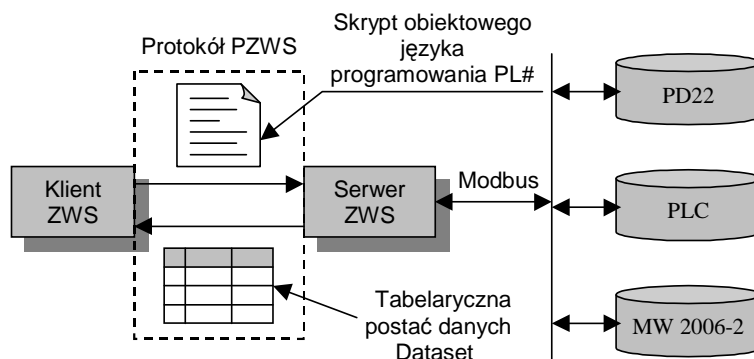


Rys. 5. Schemat architektury technologii zdalnego wykonania skryptu ZWS; CPL – kompilator języka PL#; RE – środowisko uruchomieniowe; WPD – wirtualna maszyna; OKK, OKS – obiekty komunikacyjne klienta i serwera; W1..Wn – wątki serwera ZWS (zadania); DS – tabelaryczna po-stać danych

Przedstawione powyżej usługi pozwalają na przeniesienie nadzoru nad elementami systemu komputerowego w aplikacjach klienta ZWS. Realizowane jest to poprzez obiektowy język programowania PL# o strukturze *Delphi Language*, w którym można zaprogramować proces pomiaru przy badaniach silnika indukcyjnego.

5. INFORMATYCZNY SYSTEM POMIAROWY

Do zarządzania komputerowym systemem pomiarowym zastosowano Informatyczny System Skryptowy ISS, bazujący na technologii Zdalnego Wykonania Skryptu ZWS (rys. 6) [6,7]. System ISS jest przeznaczony do zdalnego zarządzania jednostką komputerową, jej zasobami (np. bazami danych), urządzeniami peryferyjnymi (np. kamera internetowa, pilot radiowy) oraz urządzeniami automatyki przemysłowej (np. przemienniki częstotliwości, przyrządy pomiarowe, sterowniki programowalne itp.). Dostęp do serwera systemu ISS zainstalowanego na jednostce komputerowej PC realizowany jest za pomocą modelu komunikacyjnego PZWS opartego o protokół komunikacyjny TCP/IP w sieci Ethernet [8]. W modelu tym, podobnie jak w systemach baz danych, można transmitować dwa rodzaje informacji: tekst oraz tabelaryczne obiekty danych. Tekstem kierowanym do serwera ISS jest skrypt obiektowego języka programowania PL#, którego struktura i składnia zbliżona jest do języka Delphi Language firmy Embarcadero. W treści skryptu wywołuje się instrukcje z należnymi jej parametrami, których implementacja należy do modułu wchodzącego w skład systemu ISS. Wywoływane instrukcje stanowią usługi sieciowe do wykonania przez serwer ISS, od którego oczekuje się informacji zwrotnej w postaci wiadomości tekstowej oraz tabel.



Rys. 6. Schemat blokowy informatycznego skryptowego systemu ISS komputerowego systemu pomiarowego; PZWS – protokół zdalnego wykonania skryptu

Serwer systemu ISS komunikuje się z koncentratorom danych PD22, przyrządem do pomiaru momentu i prędkości obrotowej MW 2006-2 oraz sterownikiem PLC za pośrednictwem informatycznych sterowników (rys. 6). Sterowniki te dokonują translacji danych wejściowych zawartych w tabelarycznym obiekcie parametrów na odpowiedni protokół komunikacyjny oraz aktualizuje wejściowy obiekt danych poprzez komunikat odpowiedzi z urządzenia. Sterownik informatyczny składa się z dwóch plików:

- biblioteki, zawierającej metodę odczytu aktualnych wartości danych procesowych z urządzenia, metodę wartości sterujących, metody parametrów programowalnych w aktywnym zestawie danych oraz metody tabelarycznego zestawu danych procesowych,
- bazy danych, posiadającej pełną informację o urządzeniu: definicję parametrów aktualnych i sterujących, definicję zestawu parametrów programowalnych, definicję błędów oraz definicję producenta urządzeń.

Sterownik informatyczny koncentratora PD22 obejmuje wielkości pomiarowe pochodzące z przyrządów pomiarowych N12P i N12T (tab. 1). Sygnały mierzone są zdefiniowane jako wartości 4-bajtowe typu rzeczywistego.

Tab. 1. Wielkości pomiarowe sterownika informatycznego koncentratora PD22

Wielkość pomiarowa	Jednostka miary	Opis
U_AT	V	Napięcie wyjściowe obwodu zasilania
I_AT	A	Prąd wyjściowy obwodu zasilania
P_AT	W	Wyjściowa moc czynna obwodu zasilania
Q_AT	Var	Wyjściowa moc bierna obwodu zasilania
S_AT	VA	Wyjściowa moc pozorna obwodu zasilania
PF_AT	-	Współ. mocy czynnej obwodu zasilania
tF_AT	-	Stosunek mocy biernej do czynnej obwodu zasilania
Fi_AT	stop	Przesunięcie fazowe obwodu zasilania
U_U	V	Napięcie uzwojenia głównego
I_U	A	Prąd uzwojenia głównego
P_U	W	Moc czynna uzwojenia głównego
Q_U	Var	Moc bierna uzwojenia głównego
S_U	VA	Moc pozorna uzwojenia głównego
PF_U	-	Współ. mocy czynnej uzwojenia głównego
tF_U	-	Stosunek mocy biernej do czynnej uzwojenia głównego
Fi_U	stop	Przesunięcie fazowe uzwojenia głównego
U_Z	V	Napięcie uzwojenia pomocniczego
I_Z	A	Prąd uzwojenia pomocniczego
P_Z	W	Moc czynna uzwojenia pomocniczego
Q_Z	Var	Moc bierna uzwojenia pomocniczego
S_Z	VA	Moc pozorna uzwojenia pomocniczego
PF_Z	-	Współ. mocy czynnej uzwojenia pomocniczego
tF_Z	-	Stosunek mocy biernej do czynnej uzwojenia pomocniczego
Fi_Z	stop	Przesunięcie fazowe uzwojenia pomocniczego
Temp	stop	Temperatura uzwojeń silnika

Klientem systemu ISS jest aplikacja komputerowa o nazwie „Sillfaz“, która została utworzona w kompilatorze Delphi 7.0 w wersji edukacyjnej. Stanowi ona obiekt wizualizacji pracy silnika jednofazowego. W ramach pracy tej aplikacji zostały utworzone dwa skrypty w obiektowym języku programowania PL# o nazwach „measure” i „torque” umożliwiające odzwierciedlenie wartości wielkości fizycznych w środowisku systemu ISS. Skrypt programu „measure” przeznaczony jest do odczytywania wartości pomiarowych w postaci tabelarycznego obiektu danych (listing 1).

Listing 1

```
1  program measure;
2  {$APPTYPE CONSOLE}
3  uses Database, cpDevices;
4  var i, par, parT, parN: LongWord;
5  begin
6      while not sysBreak do
7          begin
8              Sleep(1000);
9              par := cpRAct('sillfaz.Pack');
10             parT := cpRAct('mw.T');
11             parN := cpRAct('mw.n');
12
13             ds_CopyFrom(par, parT, nil);
14             dbo_Free(parT);
15             ds_CopyFrom(par, parN, nil);
16             dbo_Free(parN);
17
18             ds_Answer(par);
19             dbo_Free(par);
20         end;
21     end.
```

Program „measure” składa się z nazwy (wiersz 1), z dyrektyw odpowiedzialnych za proces kompilacji oraz wykonywanie programu (wiersz 2), z referencji modułów użytych do procesu konsolidacji z programem (wiersz 3), deklaracji stałych lub zmiennych (wiersz 4) oraz segmentu instrukcji programu zaczynających się od wiersza 5. Moduł „Database” odpowiedzialny jest za zarządzanie bazą danych oraz obiektów tabelarycznych utworzonych w pamięci operacyjnej jednostki komputerowej. Natomiast moduł „cpDevices” umożliwia sterowanie urządzeniami pracującymi w komputerowej sieci przemysłowej za pomocą interfejsu szeregowego RS232. W implementacji programu znajduje się pętla (wiersz 6), w której co jedną sekundę (wiersz 8) następuje odczytanie wielkości pomiarowych z koncentratora PD22 oraz z przyrządu pomiarowego momentomierza (wiersz 9-11). W kolejnych liniach programu (wiersz 13, 15) następuje skopiowanie pobranych danych pomiarowych do wspólnego parametrycznego źródła danych o nazwie „par” i odesłanie go do komputerowej aplikacji klienckiej.

Drugi skrypt o nazwie „torque” jest przeznaczony do odczytywania wartości chwilowych przebiegu momentu elektromagnetycznego silnika jednofazowego, również w postaci obiektu tabeli (listing 2).

Listing 2

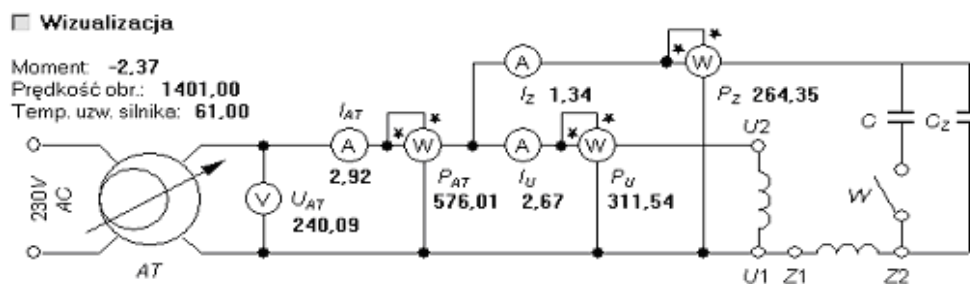
```

1  program torque;
2  {$APPTYPE CONSOLE}
3  uses Database, cpDevices;
4  var tab: LongWord;
5  begin
6      while not sysBreak do
7          begin
8              Sleep(1000);
9              tab := cpRArr('mw.T20');
10             ds_Answer(tab);
11             dbo_Free(tab);
12         end;
13     end.

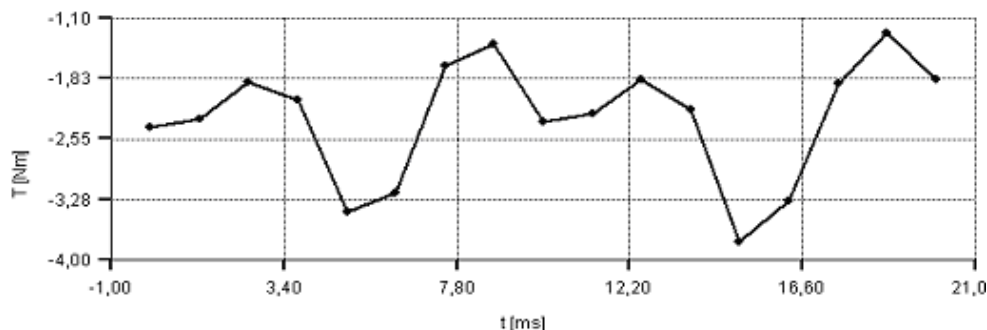
```

Treść implementacji skryptu „torque“ (od wiersza 5) jest odpowiedzialna za odczytywanie tablicy przebiegu momentu i prędkości z momentomierza (wiersz 9) co jedną sekundę (wiersz 8) i odsyłanie jej do aplikacji klienta (wiersz 10). Użyta instrukcja o nazwie "cpRArr", posiada parametr "T20", który wskazuje na czas 20ms gromadzenia wartości wielkości chwilowych z ustawialną w mierniku częstotliwością próbkowania.

Zawartość powyższych skryptów jest zapisana w plikach o nazwach "measure.txt" i "torque.txt" znajdujących się w folderze komputerowej aplikacji klienta odzwierciedlającej panel operatorski stanowiska laboratoryjnego. Pliki te są plikami tekstowymi, a ich zawartości można modyfikować określając czas skanowania wielkości pomiarowych oraz czas lub liczbę gromadzenia wartości chwilowych momentu elektromagnetycznego i prędkości obrotowej (np. "T40" lub "N100"). Są one wczytywane do obiektów informatycznych podczas uruchamiania komputerowej aplikacji klienckiej „Sil1faz“. Za ich pomocą na ekranie synoptycznym klienta systemu ISS, w trybie „online“, uzyskuje się widoki z wartościami danych pomiarowych (rys. 7) oraz z wartościami chwilowymi przebiegu momentu elektromagnetycznego (rys. 8) badanego silnika jednofazowego prądu przemiennego.



Rys. 7. Widok fragmentu aplikacji klienta systemu ISS przedstawiającego wartości danych pomiarowych badanego silnika jednofazowego



Rys. 8. Widok fragmentu aplikacji klienta systemu ISS przedstawiającego wartości chwilowe przebiegu momentu elektromagnetycznego badanego silnika jednofazowego

6. WNIOSKI

W jednostkach komputerowych został zainstalowany informatyczny system skryptowy ISS mający na celu utworzenie rozproszonego systemu sterowania stanowiskiem laboratoryjnym. W aplikacji serwera ISS zaimplementowano odpowiednie algorytmy, które pozwalają na pełne zarządzanie każdym przyrządem pomiarowym i innymi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu pomiarowego. Komputerowe aplikacje klienta ISS wykonane są z myślą odwzorowania na ekranach synoptycznych procesu akwizycji danych pomiarowych oraz sterowania stanowiskiem laboratoryjnym. Aplikacje te budowane są podobnie jak w oprogramowaniach dostosowanych do współpracy z serwerami baz danych. Do tego celu w fazie projektowania używa się odpowiednich komponentów, które ułatwiają i przyspieszają realizację określonych zadań w systemie informatycznym.

Poprzez zastosowanie informatycznego systemu pomiarowego pracującego w schemacie klient-serwer istnieje możliwość udostępniania wielkości pomiarowych w sieci Ethernet. Aplikacje klienckie systemu ISS mogą stanowić oprogramowanie lokalnych jednostek komputerowych znajdujących się w pomieszczeniach laboratoryjnych oraz innych komputerów, które mogą połączyć się za pomocą internetu do systemu pomiarowego poprzez urządzenia sieciowe z publicznym adresem IP, pełniących rolę węzłów komunikacyjnych.

Z wykonania komputerowego systemu pomiarowego do badań jednofazowego silnika indukcyjnego wynikają następujące zalety:

- całkowita automatyzacja procesu badawczego,
- system informatyczny pracuje w schemacie klient-serwer, co sprawia, że badania można realizować lokalnie lub zdalnie przy wykorzystaniu komputerowej sieci Ethernet,
- instrukcje tworzenia skryptu języka PL# ułatwiają budowę programów w zarządzaniu urządzeniami kontrolno-pomiarowych,
- parametryzacja komputerowej aplikacji klienta ISS odbywa się poprzez modyfikację skryptów zapisanych w odpowiednich plikach systemu operacyjnego,
- stworzona struktura systemu informatycznego pozwala na realizację badań w programach edukacyjnych e-learning dla studentów studiów niestacjonarnych.

7. LITERATURA

- [1] Plamitzer A. M.: Maszyny elektryczne. Warszawa, WNT 1982, ISBN: 83-204-0848-2
- [2] Grunwald Z.: Napęd elektryczny. Warszawa, WNT 1987.
- [3] Szychta E., Szychta L., Kwiecień R., Figura R.: Laboratorium z maszyn elektrycznych. Praca zbiorowa pod redakcją Leszka Szychty, Wydawnictwa Politechniki Radomskiej 2010, ISBN 978-83-7351-375-5.
- [4] Mielczarek W.: Szeregowe interfejsy cyfrowe. Gliwice, Helion 1993. Szychta E.,
- [5] Sacha K.: Miejsce sieci profibus. Warszawa, Mikom 1998.
- [6] Kwiecień R., Szychta L., Figura R., Skryptowy informatyczny system sterowania urządzeniami automatyki przemysłowej, IX Konferencja Naukowa Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym "SENE 2009", Łódź 18-20 listopada 2009.
- [7] Kwiecień R., Szychta L., Figura R., Wykorzystanie technologii zdalnego wykonania skryptu ZWS do automatycznych badań 3-fazowego silnika klatkowego, Logistyka 6/2009 Listopad-Grudzień, ISSN 1231 – 5478, str. 88.
- [8] Kwiecień R., Szychta E., Szychta L., Figura R., Mechanizm wielozadaniowej pracy skryptowego systemu sterowania urządzeniami automatyki przemysłowej, Transport Miejski i Regionalny, Gdańsk, listopad 2009, ISSN 1732-5153.