

**Jacek RYSIŃSKI, Marcin SIDZINA**

AKADEMIA TECHNICZNO-HUMANISTYCZNA W BIELSKU-BIAŁEJ, KATEDRA PODSTAW BUDOWY MASZYN  
ul. Willowa 2, 43-300 Bielsko-Biała

## Badania diagnostyczne parametrów przekładni z zastosowaniem przemysłowych elementów automatyki oraz protokołu http

**Dr inż. Jacek RYSIŃSKI**

Absolwent Wydziału Budowy Maszyn Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej. Od 1995 roku zatrudniony w Katedrze Podstaw Budowy Maszyn. Pracę doktorską obronił na Wydziale Budowy Maszyn i Informatyki Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej w 2003 r. Zajmuje się zagadnieniami diagnostyki przekładni zębatych oraz analizą pęknięć zmęczeniowych kół zębatych. Interesuje się również komputerowym wspomaganiami projektowania części maszyn oraz symulacją komputerową procesu pęknięcia.



e-mail: jrysinski@ath.bielsko.pl

**Dr inż. Marcin SIDZINA**

Absolwent Wydziału Automatyki Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Od 2004 roku zatrudniony w Katedrze Podstaw Budowy Maszyn na stanowisku naukowo-dydaktycznym. Pracę doktorską obronił na Wydziale Automatyki Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach w 2008 r. W pracy zawodowej zajmuje się analizą rozproszonych systemów sterowania czasu rzeczywistego. Interesuje się programowaniem w szczególności sterowników PLC oraz robotów przemysłowych.



e-mail: msidzina@ath.bielsko.pl

**Streszczenie**

W niniejszym artykule przedstawiono badania związane z pomiarem temperatury, jako jednego z symptomów uszkodzenia przekładni, na stanowisku mocy zamkniętej z wykorzystaniem wybranych elementów automatyki. Stanowisko badawcze podłączone było do sieci Ethernet, w ramach której odbywała się komunikacja z urządzeniami wykonawczymi oraz rejestracja wyników. Realizując badania skupiono się na wyznaczeniu czasu dostępu do urządzeń z wykorzystaniem protokołu http.

**Słowa kluczowe:** temperatura, systemy czasu rzeczywistego, protokół http.

### In situ diagnostic investigations of gear parameters with use of industrial automation installations and http protocol

**Abstract**

Aiming for assurance of constant work of a particular machine, monitoring of its current technical characteristics is needed nowadays. In many cases, devices allowing for performance of this task have an option of a remote monitoring as well as configuration via a WLAN network. Usually, a protocol TCP/IP is used. It is a very convenient solution because via an internet browser or a program of Telnet type – a serviceman can connect to an adequate device and analyze the registered data. However, it is worth recognizing whether an access time (to the device) as well as a delay time after which information is presented on the monitoring screen is sufficient for making a decision e.g. connected with emergency on-off switch of the machine. Therefore, in this paper, an attempt of analysis of the gear monitoring system is described. We measured the duration time of a transaction of data exchange in the proposed (applied) distributed monitoring system of the power-closed-loop gear. In our case, TCP/IP stack of protocols was responsible for data exchange. In majority of installations for diagnostics – PLC industrial controllers are used. They are also equipped with PID or FLC controllers. They enable simultaneous registering and analyzing (in a real time) of several symptoms characteristic for machine work status. However, some manufacturers offer series of new industrial solutions which allow for an access using the http protocol – i.e. for example via an internet browser. A diagnostic procedure enabling spotting/detection of a failure e.g. during a work of a gear - without any necessity of its disassembly and breakage in service duties – ensures reducing the stoppage time as well as preventing a failure of the entire system i.e. drive system.

**Keywords:** temperature, real-time systems, http protocol.

**1. Wstęp**

Projektując nowe maszyny oraz urządzenia za cel nadrzędny stawia się zapewnienie ciągłej pracy. Możemy go osiągnąć poprzez monitoring oraz analizę w czasie rzeczywistym podstawowych parametrów pracy. Niejednokrotnie urządzenia umożliwiające realizację tego zadania posiadają możliwość zdalnego dostępu oraz konfiguracji poprzez sieć rozległą, wykorzystując do tego

celu protokół, m.in. TCP/IP. Jest to bardzo wygodne rozwiązanie, ponieważ poprzez np. przeglądarkę internetową lub program typu Telnet możemy połączyć się z urządzeniem i analizować zarejestrowane dane. Warto się jednak zastanowić czy czas dostępu do urządzenia oraz czas, w którym wyświetlana jest informacja na ekranie komputera jest wystarczający do podjęcia decyzji np. związanej z wyłączeniem maszyny, gdy doszło do awarii. Dlatego w niniejszym artykule podjęto próbę pomiaru czasu trwania transakcji wymiany danych w zaproponowanym rozproszonym systemie monitoringu na stanowisku mocy zamkniętej, gdzie za wymianę części danych odpowiedzialny jest stos protokołów TCP/IP. W większości przypadków do budowy tego typu układów diagnostycznych wykorzystywane są powszechnie sterowniki przemysłowe PLC wyposażone w regulatory PID lub FLC [2, 3]. Pozwalają one na rejestrację oraz analizę w czasie rzeczywistym wielu symptomów występujących podczas pracy maszyny. Jednakże producenci oferują szereg nowych przemysłowych rozwiązań, niejednokrotnie dużo tańszych, które umożliwiają dostęp z wykorzystaniem np. protokołu http – czyli poprzez tradycyjną przeglądarkę internetową. Hypertext Transfer Protocol (http) jest protokołem przesyłania dokumentów w sieci www. Protokół ten umożliwia publikowanie informacji poprzez dokumenty, jakimi są strony www. Obecnie często można spotkać urządzenia, które przedstawiają aktualne wartości pomiarowe w formie dokumentów www. Dlatego też podjęto próbę oceny, sprawdzenia możliwości zastosowania tej metody prezentacji do zbierania danych online w celu diagnostyki usterek.

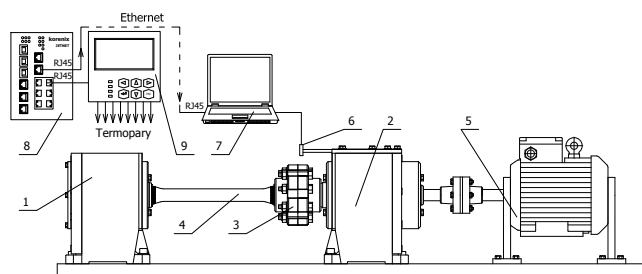
**2. Analiza wymiany danych w sieci Ethernet**

Do budowy rozproszonych systemów sterowania coraz częściej próbuje się stosować sieć Ethernet. Jak wiadomo nie spełnia ona podstawowych warunków stawianych sieci przemysłowej, wymagającej do realizacji wymiany danych, zdefiniowanego w czasie dostępu do łącza. Stosowany w sieci Ethernet mechanizm wykrywania i rozstrzygania kolizji CSMA/CD (ang. *Carrier Sense Multiple Access / with Collision Detect*) nie pozwala na budowę rozproszonych systemów czasu rzeczywistego. Jednym ze sposobów eliminacji niedogodności tego mechanizmu, jest zarządzanie transakcjami wymiany danych w warstwie aplikacji. Metoda ta powoduje, że wspomniany mechanizm wykrywania i rozstrzygania kolizji, w sposób logiczny zostaje wyłączony, gdy wymiany danych wysyłane są zgodnie z jednym ze zdefiniowanych czasowo protokołów transmisji [1].

Podejmując próbę wykonania analizy pomiaru czasu wymiany danych konieczne jest wytypowanie tych parametrów, które w sposób jednoznaczny będą przedstawiały ruch w sieci Ethernet. W przypadku sieci przemysłowych (podobnie jak w innych sieciach komputerowych) możemy mówić o zarządzaniu efektywnością. Pomiar efektywności można podzielić na dwie kategorie: monitorowanie i raportowanie [1].

Monitorowanie polega na zdalnym zbieraniu i oszacowaniu ilości przesyłanych informacji z urządzeń sieciowych, natomiast raportowanie polega na przedstawieniu zebranych danych. Oczywiście możliwe jest wykonanie analizy z wszystkich w/w obszarów, jednak ze względów technicznych jest to uciążliwe.

Z perspektywy sieci przemysłowych dostępność przedstawia niezawodność poszczególnych składników sieci. Jednakże różne zadania mogą zakłócić poprawne działanie urządzeń sieciowych np.: przerwanie medium komunikacyjnego, wadliwy sprzęt lub jego składniki, zakłócenia elektryczne, ludzkie pomyłki i błędy. Pomiar dostępności usług jest niezwykle skomplikowany i niezbyt praktyczny. Wymaga pomiaru dostępności usług z każdego punktu sieci dla każdego innego punktu sieci lub pomiaru z perspektywy jednego lub więcej stanowisk odpytywania. Jeżeli jedno ze stanowisk zawiedzie lub zostanie odłączone, znacznie brakować danych i raportowanie stanie się niedokładne [1].



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – przekładnia badana, 2 – przekładnia zamykająca, 3 – sprzęgło, 4 – wałek skrętny, 5 – silnik, 6 – czujnik prędkości obrotowej, 7 – rejestrator, 8 – switch, 9 – urządzenie pomiarowe

Fig. 1. Functional scheme of the measurement stand: 1 - investigated (test) gear, 2 - closing (passive) gear, 3 - spanning clutch, 4 - twisting shafts, 5 - three-phase motor, 6 - rotational velocity gauge, 7 - data logger, 8 - switch, 9 - controller

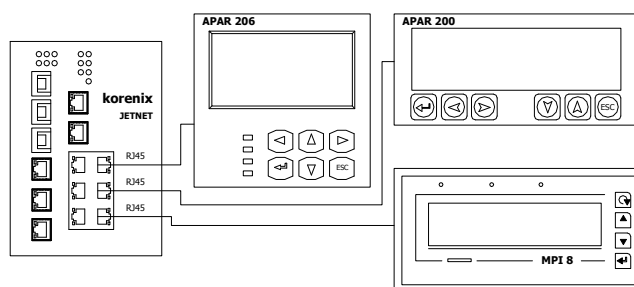
W niniejszym artykule podjęto próbę wyznaczenia czasu reakcji, czyli czasu potrzebnego do przemieszczenia się pakietu pomiędzy dwoma punktami (interfejsami sieci). Zazwyczaj mierzy się go dla obiektu zamkniętego, co oznacza, że wyznaczany jest czas, w jakim dany pakiet dotrze na miejsce przeznaczenia oraz informacja zwrotna dotrze z powrotem do źródła. Czas reakcji, według autorów, jest najlepszym miernikiem postrzegania efektywności sieci. Jeżeli ruch w sieci ma opóźnienia, poszczególne interfejsy przestają właściwie działać i nie jest ważne, jaki jest tego powód. Użytkownik zawsze stwierdzi, że „sieć działa powoli”. W przypadku sieci rozproszonych, na czas reakcji ma wpływ wiele czynników, m.in.: zatory w sieci, zbyt słabe zasilanie, brak trasy do celu itp. Czas reakcji powinno się mierzyć w ten sposób, w jaki jest on postrzegany przez użytkownika, czyli jaki czas mija od momentu uruchomienia cyklu pomiarowego do momentu otrzymania wyniku np. na sterowniku. W ramach badań doświadczalnych zbudowano stanowiska pomiarowe i wyznaczono dla serii kilkunastu prób czasy reakcji.

Innym ze sposobów oszacowania efektywności sieci może być wyznaczenie wydajności. W największym skrócie wydajność tę definiuje się jako ruch przez interfejs, który nie daje błędów. Wyznacza się ją jako wartość procentową. Jeżeli np., dziesięć pakietów na każde sto wysłanych jest błędnych, to odsetek błędów wyniesie dziesięć procent, natomiast wydajność interfejsu będzie czterdzieści procent.

### 3. Stanowisko badawcze

Badania doświadczalne wykazują, że dominujące znaczenie w procesie degradacji zębów kół odgrywają obciążenie i temperatura [4]. Biorąc pod uwagę, że uszkodzenia przekładni stanowią ponad 60% mechanicznych defektów ogniw wirujących oraz to, że przekładnie zębate stanowią szeregowy człon modelu struktury niezawodnościowej obiektu złożonego, można stwierdzić, że niesprawność któregośkolwiek z jej elementów jest niesprawnością

całego obiektu. Defekty elementów wirujących przekładni mogą spowodować wzrost temperatury powierzchni zewnętrznych, przekraczając temperatury dopuszczalne określone np. normą. Przekładnia zębata charakteryzuje się tym, że podczas normalnej pracy może wytwarzać temperaturę wyższą od dopuszczalnej. W praktyce projektowej stosuje się szereg badań wytrzymałościowych przekładni opartych m.in. o międzynarodową normę ISO 6336, uwzględniających wpływ wymienionych czynników. Dynamiczny rozwój systemów komputerowych oraz elementów automatyki umożliwił budowę skomplikowanych układów regulacji i monitoringu elementów maszyn. Ze względu na posiadane laboratorium zdecydowano się na rejestrację symptomów uszkodzenia na stanowisku mocy zamkniętej. W niniejszej pracy zdecydowano się na zastosowanie kilku, dostępnych na rynku urządzeń do pomiaru temperatury: MPI-8T-1-1, APAR 200/S2, APAR 206/8/S2 (rys. 2.). Przeprowadzając doświadczenia na stanowisku mocy zamkniętej dokonano pomiaru zmiany temperatury podczas rozgrzewania i studzenia przekładni dla różnych wartości momentów obciążających. W różnych miejscach przekładni umieszczono 8 termopar (rys. 1.). Rejestrowano zmianę temperatury oleju w przekładni badanej i zamykającej, temperaturę obudowy łożysk oraz ścianek korpusu, temperaturę otoczenia, temperatury wewnątrz przekładni itp.



Rys. 2. Układ pomiarowy

Fig. 2. Sample measuring system

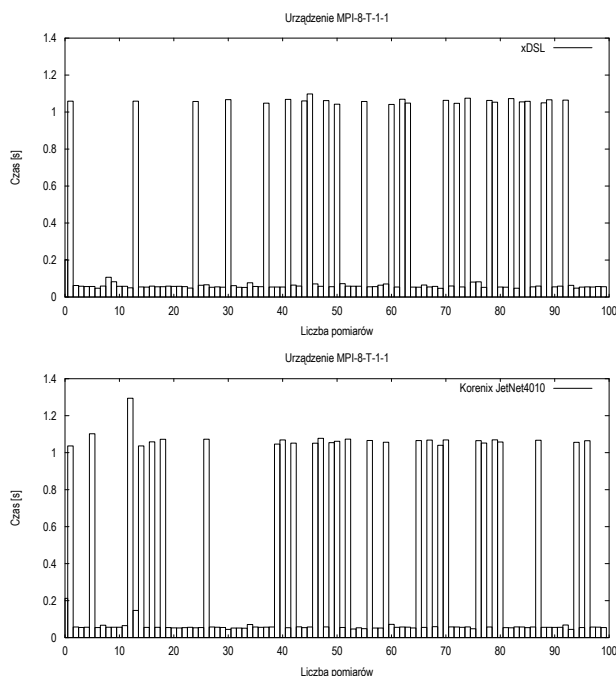
Budując układ pomiarowy kierowano się następującymi założeniami:

- zapewnienie pomiaru w systemie czasu rzeczywistego, (system czasu rzeczywistego nie oznacza z góry systemu szybkiego, dlatego ważne jest określenie maksymalnego czasu dostępu do danych),
- możliwość sprzężenia wielu sygnałów pomiarowych w jednym urządzeniu,
- skalowalność układu i zastosowanie urządzeń pomiarowych wykorzystujących standardowe sygnały analogowe i cyfrowe, będących w posiadaniu Katedry Podstaw Budowy Maszyn,
- wizualizacja i archiwizacja danych (online),
- możliwość zastosowania systemów redundantnych na poziomie czujników, urządzeń pomiarowych oraz urządzeń archiwizujących dane (sieć, karta pamięci).

### 4. Wyniki badań

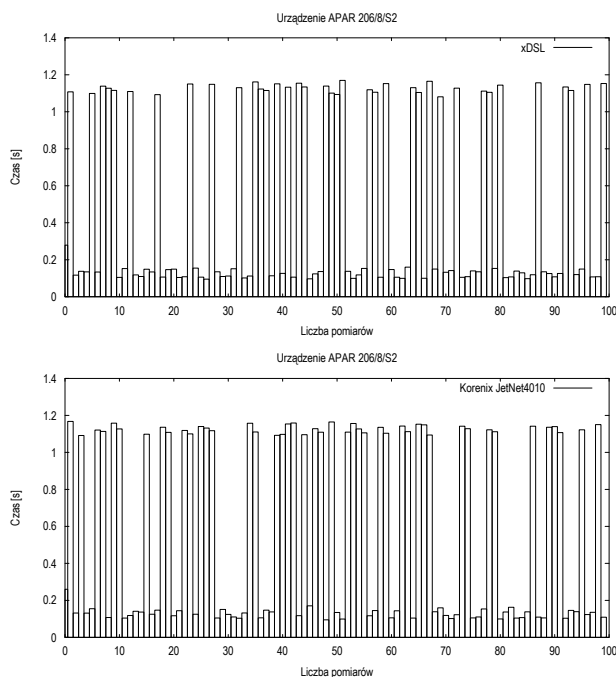
Przedstawione w rozdziale wyniki z pomiarów zostały uzyskane z zastosowaniem komputera PC z systemem wirtualnym OpenSUSE 11.3. Napisana przez autorów aplikacja podczytywała się pod przeglądarkę internetową i odczytywała dane umieszczone na stronach www urządzeń pomiarowych. Badania polegały na wysłaniu żądania odczytu strony internetowej i pomiarze czasu odpowiedzi. Zadaniem aplikacji było permanentne wysyłanie w pętli zapytania do urządzenia pomiarowego w celu zmuszenia go do ciągłego odpowiadania.

Przedstawione na rys. 3, 4, 5 wyniki badań przedstawiają dość podobny rozkład opóźnień dla różnych urządzeń, także w przypadku zastosowania dwóch różnych przełączników sieciowych.



Rys. 3. Czas odczytu 850 bajtów danych przy wykorzystaniu switcha z modemem xDSL oraz przemysłowy Korenix JetNet4010

Fig. 3. Data reading time from the device MPI-8 using the switch with xDSL modem and industrial Korenix JetNet4010

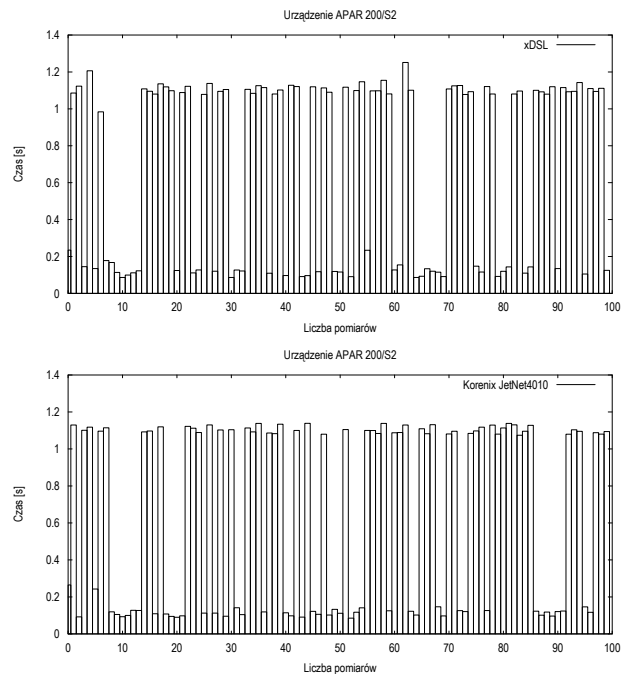


Rys. 4. Czas odczytu 850 bajtów danych przy wykorzystaniu switcha z modemem xDSL oraz przemysłowy Korenix JetNet4010

Fig. 4. Data reading time from the device APAR206 using the switch with xDSL modem and industrial Korenix JetNet4010

## 5. Wnioski

Podstawową zaletą przedstawianych urządzeń jest możliwość zbierania danych na kartę pamięci SD czy Flash Disk jak również poprzez interfejs RS-485 z zastosowaniem protokołu Modbus/RTU. Dodatkowo urządzenia te są wyposażone w interfejs Ethernet. Interfejs ten umożliwia komunikację poprzez stos protokołów TCP/IP. W każdym z omawianych urządzeń została zaimplementowana funkcja udostępniania danych poprzez dokumenty www.



Rys. 5. Czas odczytu 850 bajtów danych przy wykorzystaniu switcha z modemem xDSL oraz przemysłowy Korenix JetNet4010

Fig. 5. Data reading time from the device APAR200 using the switch with xDSL modem and industrial Korenix JetNet4010

W dokumentach tych znajdują się aktualne wartości pomiarowe oraz alarmy. Rozwiązanie to stanowi niejako pokusę do budowy układu archiwizacji danych opartego o protokół http. Aby rozpocząć prace nad takim systemem należy najpierw określić możliwość jego zastosowania, a w szczególności określić czas odpowiedzi każdego z urządzeń na zapytania pochodzące od stacji archiwizującej dane. Z drugiej strony pojawia się łatwość z jaką można zbierać informacje oraz możliwość budowy struktur sieciowych umożliwiających pracę przewodową jak i bezprzewodową. Zastosowanie interfejsu Ethernet do systemów czasu rzeczywistego jest obciążone wieloma wadami, które według niektórych autorów wykluczają jego zastosowanie w systemach sterowania. Jednak argumenty te nie wykluczają zastosowania takiego rozwiązania w układach prezentujących dane. Jak już wspomniano zastosowane urządzenia mogą być również odpytywane poprzez inne interfejsy sieciowe co jest również ich dużym atutem.

## 6. Literatura

- [1] Kwiecień A., Rysiński J., Sidzina M.: Analiza wymiany danych w sieci Ethernet dla sterowników swobodnie programowalnych. W: Kwiecień A., Gaj P. (eds.): Systemy informatyczne z ograniczeniami czasowymi, pp. 233-246, WK, Warszawa (2006).
- [2] Kwiecień A.: Analiza przepływu informacji w komputerowych sieciach przemysłowych. Studia Informatica, Gliwice (2002).
- [3] Sidzina M.: Dynamiczne modyfikacje programu aplikacji sterownika swobodnie programowalnego celem zwiększenia częstości wymian komunikatów w przemysłowych systemach rozproszonych czasu rzeczywistego. Rozprawa doktorska, Politechnika Śląska, Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki, Gliwice (2008).
- [4] Rysiński J., Sidzina M.: Measurements of gear temperature distribution by means of free-programmable controllers. Acta Mechanica Slovakia 2006, R10 4-B, pp. 295-304.
- [5] Gaj P.: Określenie jakości informacji użytecznej przy stosowaniu protokołu TCP/IP w informatycznych systemach rozproszonych. Mat. konf.: Systemy Czasu Rzeczywistego, tr. 369-378, Ustroń.
- [6] Stallings W.: Organizacja i architektura systemu komputerowego: projektowanie systemu a jego wydajność, Warszawa WNT, 2000.