

DOZOROWANIE UKŁADU KOMUNIKACJI W UJĘCIU POTENCJAŁOWYM

Marcin BEDNAREK**, Lesław BĘDKOWSKI*, Tadeusz DĄBROWSKI*

*Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, fax (22) 6839125,
e-mail: lbedkowski@wel.wat.edu.pl, tdabrowski@wel.wat.edu.pl

**Katedra Informatyki i Automatyki, Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, fax (17) 8542910, e-mail: bednarek@prz.rzeszow.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono układ komunikacji w ujęciu potencjałowym. Krótko scharakteryzowano komunikację pomiędzy komputerem nadrzędnym (stacją operatorską) a sterownikiem (stacją procesową). Omówiono obiekty wielozadaniowe sekwencyjne. Podano potencjałowe kryterium zdolności układu komunikacji. Całość artykułu uzupełnia przykład wykorzystania nadmiaru czasowego.

Słowa kluczowe: układ komunikacji, potencjał, potencjalność

A SUPERVISING OF A COMMUNICATION SYSTEM IN A POTENTIAL APPROACH

Summary

A communication system in a potential approach is presented in the article. A communication between a host computer (an operator station) and a controller (a process station) is briefly characterized. Sequential multitask objects are described as well. The communication system potential fitness criterion is given. The article is supplemented with an example of time redundancy utilization.

Keywords: communication system, potential, potentiality

1. WPROWADZENIE

W referacie rozpatrywana jest komunikacja pomiędzy komputerem nadrzędnym (stacją operatorską prowadzącą działania z zakresu diagnozowania, akwizycji danych i wizualizacji procesu) a sterownikiem obiektywnym (stacją procesową realizującą procesy sterowania). Urządzenia te należą do rozproszonego systemu sterowania. Połączone są magistralą komunikacyjną i zwykle stanowią fragment większego systemu. Oprócz nich, w tego typu systemie, funkcjonują również inne urządzenia (m.in. stacje procesowe). Komunikujące się stacje korzystają z odpowiednio dobranego protokołu komunikacyjnego, zapewniającego w warunkach przemysłowych, przede wszystkim, ściśle określony czas dostarczenia wartości zmiennych. Szczegółowe przykłady i techniczne opisy przytoczone w niniejszej pracy dotyczą komunikacji polegającej na **cyklicznym** „odpytywaniu” (*pooling*) sterowników (urządzeń podrzędnych, które samodzielnie nie inicjują wymian informacji) przez komputer nadrzędny wg zasady *master-slave*. Przykładem takiego typu „porozumiewania się” urządzeń jest protokół Modbus [10], w którym komputer nadrzędny (*master*) odpytuje urządzenia podrzędne – sterowniki (*slave*). Wiele szczegółowych

informacji na ten temat można znaleźć w [7, 8, 11]. Większość spośród podanych tu rozwiązań można rozszerzyć także na inne sposoby komunikacji.

Elementami składowymi układu komunikacji są w szczegółowym ujęciu: interfejs komunikacyjny komputera nadrzędnego z driverem komunikacyjnym wymieniającym informacje z aplikacjami wg pewnej kolejności, magistrala komunikacyjna z protokołem komunikacji (zapewniającym odpowiednie mechanizmy niezawodnościowe), interfejs komunikacyjny stacji procesowej i zadanie obsługujące komunikację. W szerszym znaczeniu układ komunikacji obejmuje komunikujące się urządzenia połączone magistralą komunikacyjną.

Potencjałowe ujęcie procesu komunikacji pomiędzy stacją operatorską a stacją procesową, uwzględniające obecność w otoczeniu innych – przyłączonych do wspólnej magistrali komunikacyjnej – urządzeń, jest przedmiotem niniejszego opracowania.

2. UJĘCIE POTENCJAŁOWE UKŁADU KOMUNIKACJI

Ujęcie potencjałowe układu komunikacji opiera się na następujących podstawowych założeniach:

- zadaniową miarą możliwości eksploatacyjnych (użytkowych i obsługowych) systemu jest potencjał eksploatacyjny,
- zadaniową miarą skutków eksploatacyjnych działania systemu jest efekt eksploatacyjny [1].

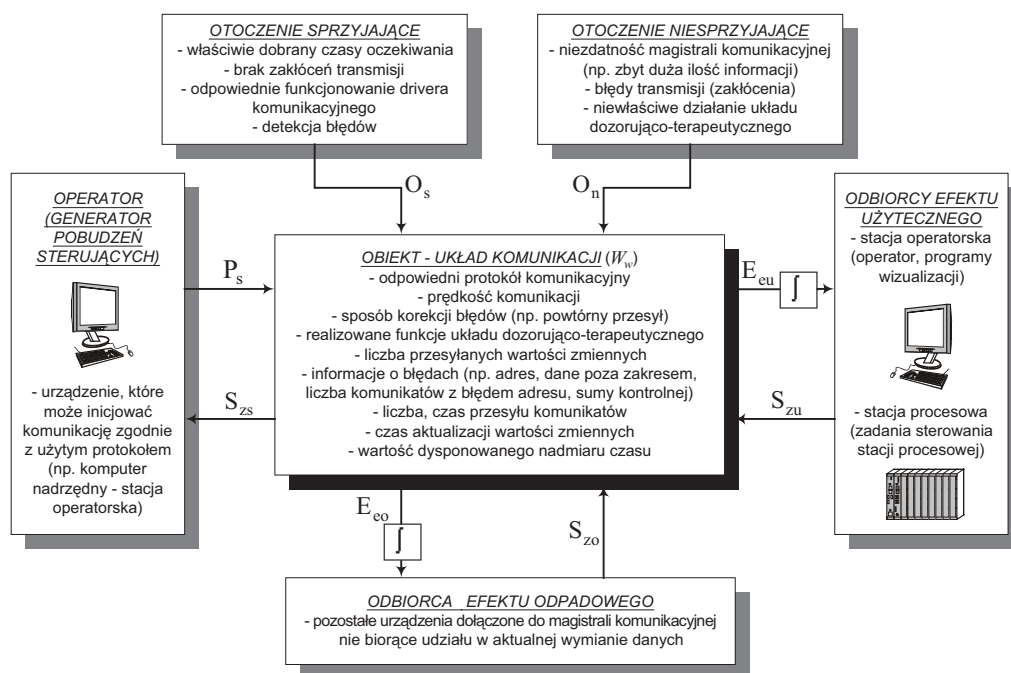
Analogicznie do przedziałowych miar możliwości i skutków działania systemu istnieją jego miary chwilowe, czyli odpowiednio: potencjalność i efektywność.

Na rys. 1 przedstawiony jest model układu komunikacji (UK) w ujęciu potencjałowo-efektowym z uwzględnieniem relacji z otoczeniem [2]. Wielkości opisujące stan układu komunikacji (zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne w stosunku do systemu) tworzą następujący zbiór L_{UK} :

$$L_{UK} = \{W_w, P_s, O_s, O_n, S_{zs}, S_{zu}, S_{zo}\} \quad (1)$$

gdzie:

- W_w - wartości wielkości wewnętrznych opisujących strukturę układu (rys. 1),
- P_s - pobudzenia sterujące,
- O_s - sprzyjające oddziaływanie otoczenia,
- O_n - niesprzyjające oddziaływanie otoczenia,
- S_{zs} - zwrotne oddziaływanie układu na generator pobudzeń sterujących,
- S_{zu} - zwrotne oddziaływanie na układ odbiorcy efektu użytecznego,
- S_{zo} - zwrotne oddziaływanie na układ odbiorcy efektu odpadowego.



Rys. 1. Model układu komunikacji w ujęciu potencjałowo-efektowym

Potencjalność i efektywność układu komunikacji można zapisać jako:

$$E_p(t) = f_p(L_{UK}(t)) \quad (2)$$

oraz:

$$E_e(t) = f_e(L_{UK}(t)) \quad (3)$$

Efekt i potencjał jest funkcją (dokładniej: całką) odpowiednio: efektywności i potencjalności systemu:

$$F_E = f_E(E_e, \Delta t) \quad (4)$$

$$F_P = f_P(E_p, \Delta t) \quad (5)$$

Ze względu na główną funkcję układu komunikacji tj. realizację zadań użytkowych (wymianę informacji pomiędzy stacjami), dalsze rozważania są przeprowadzone dla wielkości dotyczących efektu użytkowego i potencjału użytkowego.

Rys. 2. przedstawia układ łączący stację operatorską i procesową. Można tu wyróżnić 2 przypadki:

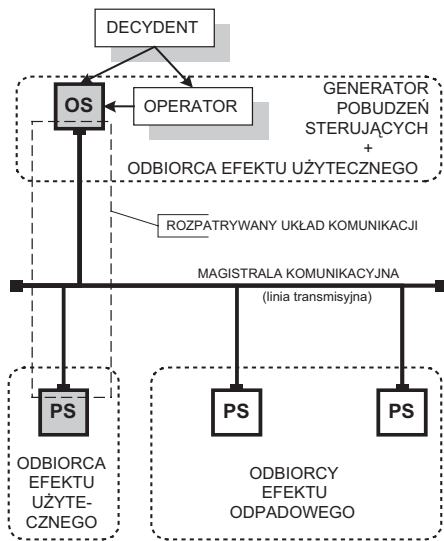
- Przy pomocy układu komunikacji informację wymieniają tylko 2 stacje (komputer nadrzędny – OS i sterownik – PS). Wtedy odpadowy efekt użytkowy układu komunikacji jest zerowy. Informacji przesyłanych magistralą komunikacyjną nie odbiera żadne inne urządzenie (brak odbiorcy efektu odpadowego):

$$F_{Eo} = 0. \quad (6)$$

- Oprócz „pary” OS-PS (ciemny kolor – por. rys. 2) wymieniającej informację, do magistrali komunikacyjnej przyłączone są również inne stacje (PS). Wszystkie komunikaty przesyłane poprzez układ komunikacji pomiędzy parą OS-PS trafiają też do pozostałych urządzeń. Każda stacja (niezależnie, czy to właśnie ona uczestniczy w procesie komunikacji, czy też należy jedynie do otoczenia) może odebrać informację. Można –

w tym przypadku – mówić o równości efektu odpadowego i użytecznego UK:

$$F_{Eo}=F_{Eu} \quad (7)$$



Rys. 2. Rola elementów układu komunikacji w ujęciu potencjałowym
 Oznaczenia: OS – stacja operatorska (Operator Station), PS – stacja procesowa (Process Station)

Tę własność (7) wykorzystuje się w przypadku wysyłania informacji do kilku urządzeń (nadawanie rozgłoszeniowe). Przykładem może być komunikat zawierający zerowy adres urządzenia docelowego w protokole Modbus. Otrzymują go wszystkie stacje dołączone do układu komunikacji (właściwa – odbiorca efektu użytecznego i pozostałe z otoczenia – odbiorcy efektu odpadowego).

Podobną metodę można zastosować do celów dozorowania układu komunikacji. Przyłączone do magistrali urządzenie dozorujące – UD (np. w miejsce jednej ze stacji PS) może zbierać informacje przesyłane po magistrali (efekt odpadowy) [6]. Jeśli zostanie mu dodatkowo przyporządkowany adres, to po zwróceniu się o przekazanie informacji statystycznych dotyczących komunikacji, diagnozer (np. oprogramowanie stacji operatorskiej) na podstawie odpowiedzi UD będzie mógł podjąć działania uruchamiające czynności terapeutyczne. Czynności te mogą polegać np. na powtórnym przesłaniu uszkodzonych części komunikatu.

3. UKŁAD KOMUNIKACJI JAKO OBIEKT WIELOZADANIOWY

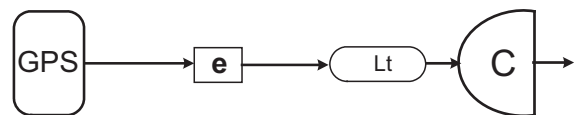
Układ komunikacji można traktować jako obiekt wielozadaniowy, sekwencyjny, jednotorowy, o destrukcyjnych procesach średniozmiennych.

Cechy takiego obiektu są następujące:

- wykonanie zadania globalnego polega na wykonaniu n zadań cząstkowych;
- procesy destrukcyjne nie są wykrywane w trakcie

rozwoju, co uniemożliwia ich przerywanie;

- skutki procesów destrukcyjnych są wykrywane na podstawie diagnozowania zadań cząstkowych;
- możliwe jest szybkie wykrycie efektu wadliwego i jego korekta przez powtórne uruchomienie (powtórna transmisja); oznacza to, że proces destrukcyjny należy do **procesów średniozmiennych**;
- nadmiar czasu pozwala na uzupełnienie uszkodzonych (błędnie wykonanych) zadań cząstkowych przed upływem wymaganego czasu wykonania zadania globalnego;
- występuje jeden tor wykonawczo-transmisyjny, który sekwencyjnie realizuje zadania cząstkowe (rys. 3);
- elementy e_i pracują sekwencyjnie (tj. przesyłają efekty cząstkowe do zasobnika C sekwencyjnie w czasie); w zasobniku jest przeprowadzana synteza efektu globalnego.



Rys.3. Model obiektu wielozadaniowego, sekwencyjnego, jednotorowego
 Oznaczenia: GPS – generator pobudzeń sterujących (zadań); e – element (moduł) realizujący zadanie cząstkowe; Lt – linia transmisyjna; C – zasobnik zbierający efekt realizacji zadań cząstkowych (suma arytmetyczna lub iloczyn logiczny – por. tab. 1)

Układ komunikacji można porównać do obiektu typu „iloczyn logiczny” (tab. 1).

Tab. 1. Podział obiektów ze względu na sposób gromadzenia efektu cząstkowego

Typ obiektu	suma arytmetyczna	iloczyn logiczny
Sposób gromadzenia efektu cząstkowego	Zadanie globalne jest sumą arytmetyczną zadań cząstkowych z_i $Z = \sum_{i=1}^{i=n} z_i$	Zadanie globalne jest iloczynem logicznym zadań cząstkowych z_i $Z = \bigwedge_{i=1}^{i=n} z_i$
Uwagi	Z – zadanie globalne n – liczba wymaganych zadań cząstkowych z_i	

Główne założenia takiego modelu są następujące:

- zadania cząstkowe mają różne treści (np. przesłanie zbioru komunikatów cząstkowych zawierających wartości zmiennych, w całości tworzących zadanie globalne); częściowe wykonanie takiego zadania **nie może** być uznane za jego **zrealizowanie** jeśli złożenie tylko części

odebranych zmiennych nie ma wartości użytkowej – zbiór zmiennych musi być kompletny;

- niezdatności elementów występujące w czasie realizowania zadania (np. wskutek zakłóceń) mają charakter zanikający;
- występuje brak możliwości wykrywania symptomów procesów destrukcyjnych w elementach; zatrzymanie procesów destrukcyjnych przed wystąpieniem niezdatności i przed zniszczeniem efektu cząstkowego nie jest możliwe;
- niezdatność polega na wadliwym produkcie cząstkowym;
- suma produktów cząstkowych wykonanych poprawnie może być uznawana za wykonanie części zadania globalnego (zakłada się wówczas zapamiętywanie przez zasobnik zbierający efekt realizacji zadań cząstkowych błędnie przesłanych komunikatów; ilustracją takiej sytuacji jest opisany dalej przykład wykorzystania nadmiaru czasowego – por. p.4 oraz rys.5).

Dla układu komunikacji traktowanego jako obiekt wielozadaniowy, sekwencyjny, z uwzględnieniem średniozmiennych procesów destrukcyjnych, można zdefiniować kryterium zadaniowej zdadności użytkowej (8). W przypadku gdy występuje nadmiar potencjału destrukcyjnego część zadań cząstkowych zostaje zniszczona.

Kryterium zdadności przyjmuje postać:

$$F_{P\ u\z\ dys} \geq F_{P\ u\z\ nzb} + F_{P\ u\z\ nad} \quad (8)$$

gdzie:

$$F_{P\ u\z\ nad} = F_{P\ destr} - F_{P\ pdestr} = n' \quad (9)$$

$F_{P\ u\z\ nad}$ - nadmiar potencjału użytkowego, niezbędny dla odtworzenia zniszczonego efektu (komunikatów), wyrażony liczbą dodatkowych zadań cząstkowych n' (komunikatów), które należy uruchomić;

$$F_{P\ u\z\ dys\ gr} = F_{P\ u\z\ nzb} + F_{P\ u\z\ nad} \quad (10)$$

$F_{P\ u\z\ dys\ gr}$ - wartość graniczna użytkowego potencjału dysponowanego, przy której możliwe jest zrealizowanie wymaganego zdania globalnego (uzyskanie wymaganego efektu);

$F_{P\ u\z\ dys}$ - użytkowy potencjał dysponowany wyrażony liczbą $n_{u\z\ dys}(t_{wym\ glob})$ zadań cząstkowych, które można wykonać w sesji roboczej i w wymaganym czasie ($t_{wym\ glob}$);

$F_{P\ u\z\ nzb}$ - niezbędny (wymagany) potencjał użytkowy wyrażony liczbą n zadań cząstkowych, zamówionych przez stacje systemu;

$F_{P\ destr}$ - potencjał destrukcyjny wyrażony liczbą zniszczonych zadań cząstkowych (np. błędnie przesłanych komunikatów) zamówionych przez stacje systemu (w najgorszym przypadku można założyć, że „celem” systemu destrukcji jest zniszczenie wszystkich n zadań);

$F_{P\ pdestr}$ - potencjał przeciwdestrukcyjny wyrażony liczbą n_{zre} zadań cząstkowych zrealizowanych w czasie sesji transmisyjnej;

$F_{P\ destr} - F_{P\ pdestr} = n_{nzre}$ - nadmiar potencjału destrukcyjnego wyrażony liczbą n_{nzre} niezrealizowanych zadań cząstkowych.

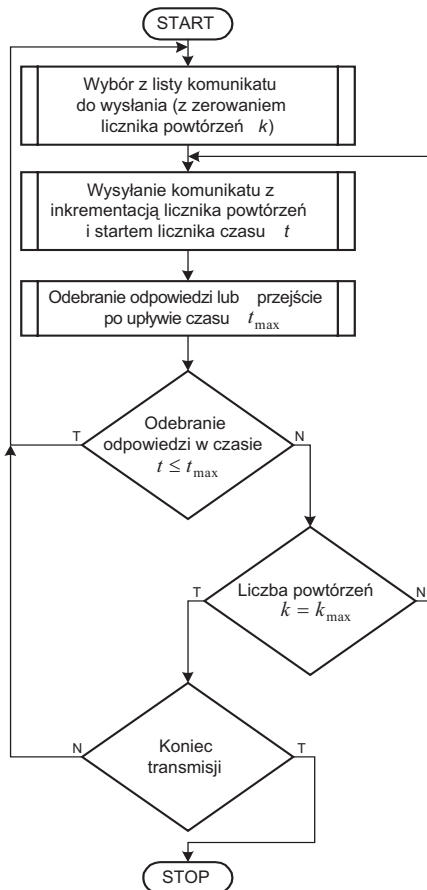
Kryterium (8) oznacza, że dysponowany potencjał użytkowy nie może być mniejszy od sumy wymaganego potencjału użytkowego i nadmiaru potencjału użytkowego.

W przypadku błędnego przesłania w czasie podstawowej sesji części zadań cząstkowych (komunikatów) powinny nastąpić dodatkowe, powtórkowe sesje, zawierające brakujące komunikaty (efekty cząstkowe), aż do wykonania wszystkich zadań cząstkowych. Wydłuża to czas zrealizowania zadania. Zatem powtarzanie sesji jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy istnieje nadmiar czasowy wykonania zdania globalnego [9].

4. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA REZERWY CZASOWEJ

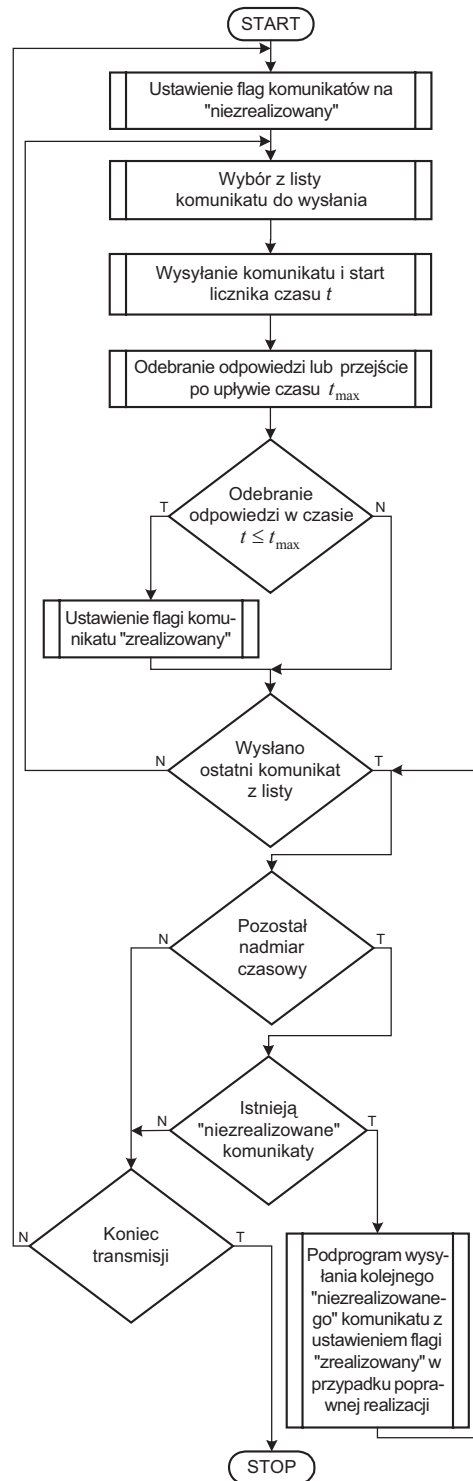
Standardowe działanie driver'a komunikacyjnego komputera nadrzędnego jest podobne do przedstawionego na rys. 4 (Modbus). Polega ono na cyklicznym wysyłaniu komunikatów i oczekiwaniu na odpowiedź od urządzenia podrzędnego. W razie niezdatności spowodowanej brakiem odpowiedzi (w założonym czasie t_{max}) lub błędem, transmisja jest powtarzana. Stosowany jest tu parametr krotności powtórzeń - k_{max} . Repetycja (w najgorszym przypadku kilkakrotna) wysyłania komunikatu, powinna doprowadzić do uzyskania poprawnej odpowiedzi. Konsekwencją „uporczywego” dopytywania się o wartość zmiennej jest, z drugiej strony, opóźnienie w dostarczeniu następnych, pozostałych wiadomości z wcześniej ustalonej listy.

Modyfikacją funkcjonowania aplikacji komputera nadrzędnego wykorzystującą nadmiar czasu do przesłania *komunikatów-pytań*, na które nie uzyskano odpowiedzi podczas pierwotnej sesji wysyłania, jest algorytm przedstawiony na rys. 5 (dla uproszczenia schematu przedstawiono przypadek wysyłania komunikatów z jednym cyklem).



Rys. 4. Schemat algorytmu standardowego wysyłania komunikatów przez komputer nadrzędny

Realizacja zmodyfikowanego procesu wysyłania komunikatów nie podlega kryteriom krotności i natychmiastowych powtórek. Podczas kolejnych sesji „odpytywania” flaga poprawnie zrealizowanych zadań cząstkowych (komunikatów z poprawną odpowiedzią) jest ustawiana na „zrealizowany”. Błędnie wykonane zadania cząstkowe pozostają w stanie „niezrealizowane”. Po zakończeniu każdej sesji sprawdzany jest warunek istnienia nadmiaru czasu, który pozostał do następnej sesji. Jeśli rezerwa czasu istnieje, wykonywane są kolejne próby wysyłania (selektywnej retransmisji [3]) niezrealizowanych komunikatów, do chwili poprawnej realizacji całego zadania globalnego [4]. Zakończenie dodatkowych repetycji następuje także z chwilą wyczerpania dostępnego czasu.



Rys. 5. Propozycja schematu algorytmu wykorzystania nadmiaru czasu do powtórnego wysyłania komunikatów

5. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono wstępną charakterystykę układu komunikacji jako obiektu wielozadaniowego sekwencyjnego, jednorodowego o średniozmiennych procesach destrukcyjnych. Rozwinięciem przedstawionego ujęcia układu

komunikacji oraz procesu wnioskowania eksploatacyjnego na podstawie potencjałowego, przedziałowego kryterium zdadności, może być propozycja wskaźników potencjałowych: potencjału destrukcyjnego i potencjału przeciwdstrukcyjnego np. w postaci wartości oczekiwanych liczb niezrealizowanych i zrealizowanych – w kolejnych próbach (sesjach) – zadań. Realizacja cząstkowych zadań nadmiarowych (niezrealizowanych wcześniej) w przypadku braku nadmiaru strukturalnego (obiekt jednorodny) może nastąpić dopiero w trakcie przeznaczonego do tego celu nadmiaru (rezerwy) czasu.

LITERATURA

- [1] Dąbrowski T.: Diagnostowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym. Rozprawa habilitacyjna. WAT, Warszawa 2001.
- [2] Będkowski L., Dąbrowski T.: Podstawy eksploatacji. Część I. Podstawy diagnostyki technicznej. WAT, Warszawa 2000, rozdział 3.
- [3] Simmonds A.: Data Communications and Transmission Principles An Introduction. Macmillan Press LTD, 1997 (Wprowadzenie do transmisji danych, WKiŁ, Warszawa 1999), rozdział 7.
- [4] Baran Z. (red.): Podstawy transmisji danych, WKiŁ, wyd. 1, Warszawa 1982, rozdział 10.
- [5] Seidler J.: Nauka o informacji. Sygnały niosące informację i jej odtwarzanie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, tom II, wyd. 1, Warszawa 1983.
- [6] Bednarek M., Trybus L.: Sterownik modemu dla rozproszonego systemu sterowania. Materiały XIII KKA. Opole, 21÷24.09.1999, t.2, str. 67-72.
- [7] Będkowski L., Dąbrowski T., Bednarek M.: Wpływ systemu dozorująco-terapeutycznego na właściwości układu komunikacji systemu wielofunkcyjnego. Materiały XXXII Ogólnopolskiego Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”, Węgierska Górka, 28.02÷05.03.2005.
- [8] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: Procedury przeciwdstrukcyjne układu komunikacji w ujęciu wieloprotocowym. Materiały XXXII Ogólnopolskiego Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”. Węgierska Górka, 28.02÷5.03.2005.
- [9] Będkowski L., Dąbrowski T.: Wskaźniki niezawodnościowe w aspekcie skuteczności procesu diagnozowania. Materiały XXXII Ogólnopolskiego Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”, Węgierska Górka, 28.02÷05.03.2005.
- [10] Modicon Modbus Protocol Reference Guide. PI-MBUS-300 Rev. J, Modicon Inc., June 1996.
- [11] Dokumentacja Wonderware Factory Suite



Prof. dr hab. inż. **Lesław Będkowski** jest absolwentem Wydziału Elektrycznego Szkoły Inżynierskiej w Szczecinie. Od 1951 roku pracuje jako nauczyciel akademicki w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Dorobek naukowy Profesora skupia się głównie wokół następujących problemów: teoria diagnostyki technicznej, optymalizacja procedur diagnostycznych, diagnostyka systemów antropotechnicznych, diagnostyka w ujęciu potencjałowo-efektowym, teoria użytkowania w ujęciu wieloprotocowym, wieloprotocowe systemy dozorująco-terapeutyczne, diagnostyka bezpieczeństwa. Dorobek ten wyraża się liczbą ok. 180 różnych publikacji.



Dr hab. inż. **Tadeusz Dąbrowski**, prof. WAT – absolwent Wydziału Elektroradiotechnicznego WAT. Obecnie pełni funkcję prodziekana ds. kształcenia w Wydziale Elektroniki WAT. Zainteresowania naukowe Tadeusza Dąbrowskiego koncentrują się w obszarze teorii eksploatacji – głównie na diagnostyce technicznej. Do ważniejszych zagadnień, którymi się zajmuje należą: diagnostyka systemów antropotechnicznych; optymalizacja procesów diagnostyczno-obsługowych; komputerowe wspomaganie procesu diagnostyczno-obsługowego; diagnozowanie obiektów technicznych. Jego dorobek naukowy obejmuje m. in. ponad 100 artykułów i referatów, 8 skryptów akademickich, ok. 30 opracowań naukowo-badawczych nie publikowanych.



Mgr inż. **Marcin Bednarek** jest absolwentem Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej. W 1995 roku uzyskał dyplom magistra inżyniera z wyróżnieniem. Pracuje na stanowisku asystenta w Katedrze Informatyki i Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Głównym obszarem jego zainteresowań jest diagnostyka systemów, komunikacja w sieciach komputerowych oraz wizualizacja procesów.