



Wspomaganie komputerowe procesu eksploatacji systemów bezpieczeństwa

JACEK PAŚ

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, jpas@wat.edu.pl

Streszczenie. W zarządzaniu procesem eksploatacyjnym systemów bezpieczeństwa należy stosować wspomaganie komputerowe i coraz bardziej zaawansowane podsystemy diagnostyczne pracujące w czasie rzeczywistym. Stosowanie specjalizowanych zestawów komputerowych i oprogramowania w rozproszonych, zintegrowanych systemach bezpieczeństwa wymaga dekompozycji zadań, które występują podczas procesu eksploatacji. Na system bezpieczeństwa zainstalowany na rozległym obszarze oddziałują zakłócenia zewnętrzne i wewnętrzne. Niniejszy artykuł przedstawia wybrane zagadnienia wspomaganie procesu eksploatacji systemów bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: diagnostyka, proces eksploatacji, środowisko elektromagnetyczne, system bezpieczeństwa

Wstęp

System bezpieczeństwa można zdefiniować jako system detekcji zagrożeń i przeciwdziałania destrukcyjnym procesom. Jest to zespół środków technicznych i zasad taktycznych mających na celu zapewnienie stanu bezpieczeństwa określonego obiektu (człowieka lub mienia) w przestrzeni i zachowanie jego substancji. Oddziaływanie na system bezpieczeństwa wymuszeń zewnętrznych (napad, włamanie, pożar itp.) lub wewnętrznych (pożar, kradzież itp.) musi wywołać zmianę stanu pracy (dozorowanie → alarm). Prawidłowe działanie systemu bezpieczeństwa zależy także od wymuszeń zewnętrznych i wewnętrznych oddziałujących na system bezpieczeństwa (np. zakłóceń elektromagnetycznych przewodzonych i promieniowanych, warunków klimatycznych, wymuszeń mechanicznych i cieplnych; zasileniowych, uszkodzeń poszczególnych elementów systemu bezpieczeństwa wchodzących w jego skład itd.) [1].

Eksploatacja systemów bezpieczeństwa obejmuje zestaw działań prowadzonych w celu racjonalnego użytkowania tego systemu zgodnie z programem zapotrzebowania. Utrzymanie systemu bezpieczeństwa w stanie ciągłej gotowości i sprawności wymaga jego obsługi. Sterowanie procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa obejmuje więc dwa działania:

- sterowanie użytkowaniem;
- sterowanie obsługiwaniem.

Sterowanie użytkowaniem ma na celu takie uruchomienie i działanie na system bezpieczeństwa, które w określonych oddziaływaniach zakłócających (np. elektromagnetycznych) doprowadzi do realizacji zadania zgodnie z przewidywanym programem użytkowania. Jeżeli eksploatowany system bezpieczeństwa określimy przez charakterystykę $y(t)$, a wyznaczony dla niego program użytkowania w okresie T (np. czas użytkowania systemu bezpieczeństwa) wynosi $y_0(t)$, to sterowanie użytkowaniem jest procesem według relacji

$$|y_0(t) - y(t)| = \min. \quad (1)$$

W przypadku rzeczywistych systemów bezpieczeństwa mamy do czynienia ze sterowaniem wielowymiarowym, a więc:

$$|y_{01}(t) - y_1(t)| = \Delta y_1(t), \quad (2)$$

$$|y_{02}(t) - y_2(t)| = \Delta y_2(t), \quad (3)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$|y_{0n}(t) - y_n(t)| = \Delta y_n(t). \quad (4)$$

Zbiór wielkości

$$\overline{\Delta y(t)} = \langle \Delta y_1(t); \Delta y_2(t); \dots; \Delta y_n(t) \rangle \quad (5)$$

nazywamy zbiorem uchybów sterowania procesem użytkowania systemu bezpieczeństwa.

Opisuje on stopień dokładności lub inaczej zakres błędów tego procesu jako składowej sterowania procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa. W zależności od liczby elementów zbioru $\overline{\Delta y(t)}$ wyróżniamy następujące sterowanie systemu bezpieczeństwa:

1. jednowymiarowe

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_1(t) = \min \quad \text{przy } \Delta y_i = 0, \text{ dla } i = 2, 3, \dots, n, \quad (6)$$

2. dwuwymiarowe

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_1(t) = \min, \quad (7)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_2(t) = \min \quad \text{przy } \Delta y_i = 0, \text{ dla } i = 2, 3, \dots, n, \quad (8)$$

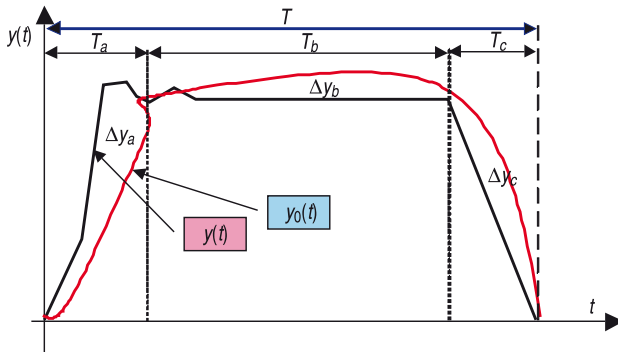
3. wielowymiarowe

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_1(t) = \min, \quad (9)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_2(t) = \min, \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta y_n(t) = \min. \quad (11)$$

Relacja $t \rightarrow \infty$ w rozważaniach jest zwykle zamieniana przez $t \rightarrow T$, przy czym T jest czasem jednego etapu lub okresu eksploatacji systemu bezpieczeństwa (np. czas pracy systemu do obsługi rocznej). W praktyce eksploatacyjnej systemu bezpieczeństwa uwzględniamy czas włączenia systemu bezpieczeństwa do pracy, który składa się z czasu rozruchu T_a (zawarte są w nim czasy: projektowania, instalowania, odbioru technicznego i szkolenia personelu użytkującego system), czasu ustalonego procesu użytkowania T_b i czasu zakończenia działania sterowania eksploatacyjnego T_c — wycofanie z eksploatacji systemu (starzenie moralne systemu) (rys. 1).



Rys. 1. Porównanie charakterystyki założonej i rzeczywistej dla procesu eksploatacji systemu bezpieczeństwa opisanego przez $N(t)$: $y_0(t)$ — założona np. charakterystyka zapotrzebowania na moc w systemie bezpieczeństwa obliczona na podstawie bilansu energetycznego, $y(t)$ — rzeczywista charakterystyka zapotrzebowania na moc w systemie bezpieczeństwa

Sterowanie procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa jest oceną, w jakim stopniu charakterystyka założona odbiega od charakterystyki rzeczywistej. Porównanie to można także realizować przez porównanie pól pod charakterystyką założoną $y_0(t)$ i charakterystyką rzeczywistą $y(t)$ systemu eksploatowanego.

$$\int_0^T \Delta y(t) dt = \int_0^{T_a} \Delta y_a(t) dt + \int_{T_a}^{T_b} \Delta y_b(t) dt + \int_{T_b}^{T_c} \Delta y_c(t) dt. \quad (12)$$

W celu uzyskania optymalnego sterowania procesem użytkowym wyrażenie (12) powinno przyjmować wartości najmniejsze, a więc:

$$\int_0^T \Delta y(t) dt = \min \quad (13)$$

lub

$$\int_0^{T_a} \Delta y_a(t) dt = \min, \quad (14)$$

$$\int_{T_a}^{T_b} \Delta y_b(t) dt = \min, \quad (15)$$

$$\int_{T_b}^{T_c} \Delta y_c(t) dt = \min. \quad (16)$$

Sterowanie obsługiwaniem sytemu bezpieczeństwa stanowi drugą składową procesu sterowania eksploatacji. Zakres tego procesu sterowania eksploatacją systemu bezpieczeństwa stanowią: przeglądy (miesięczne, kwartalne, roczne), naprawa bieżąca systemu, sygnały diagnostyczne wypracowane w systemie w reżimie pracy, dozorowanie, remonty, wymiana baterii akumulatorów itp.

Sterowanie procesem obsługiwaniania systemu bezpieczeństwa zawiera dwa aspekty:

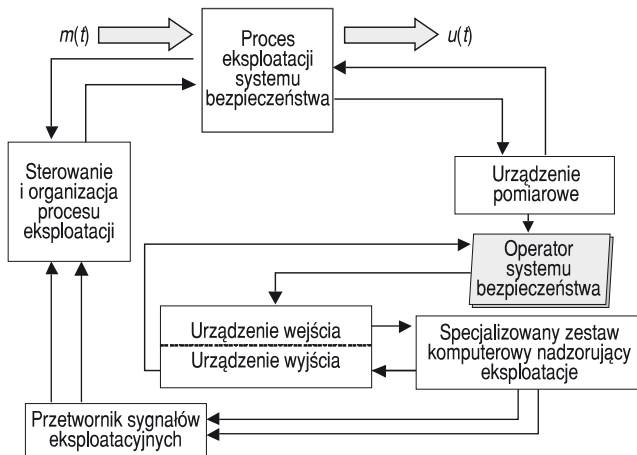
- optymalne ustalenie poszczególnych czynności w czasie eksploatacji systemu, np. harmonogramu wykonywania przeglądów okresowych czujek w systemie sygnalizacji pożarowej;
- powiązanie ich z harmonogramem użytkowania oraz efektywnego sterowania w ramach realizacji każdej z czynności obsługiwaniania.

Sterowanie procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego

Jednym z charakterystycznych wskaźników eksploatacji systemów bezpieczeństwa jest szybkość działania tych systemów mierzona czasem t_{op} od wykrycia zagrożenia do powiadomienia odpowiednich służb (wykrycie zagrożenia — wypracowanie sygnału elektrycznego — transmisja sygnału do centrali alarmowej — uruchomienie alarmowania i powiadamiania linią telefoniczną lub drogą radiową). W innych systemach nie przywiązuje się zbyt dużej uwagi do szybkości działania czy sterowania procesem eksploatacji. Do takich systemów eksploatacji można zaliczyć np.: niektóre systemy energetyczne, systemy usługowe, systemy masowej obsługi, systemy eksploatacji maszyn roboczych itd. Zwiększenie prędkości lotu samolotów

i raket automatycznie narzuciło wymagania odnośnie do szybkości działania systemów sterujących. Podobną tendencję obserwujemy w technice samochodowej i kolejnictwie — systemy ABS, ESP, komputerowe systemy sterowania ruchem kolejowym — np. sterowanie rogateką, samoczynną blokadą. Rozwój elektroniki, układów cyfrowych, układów mikroprocesorowych, układów mechatronicznych umożliwił sterowanie procesem eksploatacji systemów w czasie rzeczywistym.

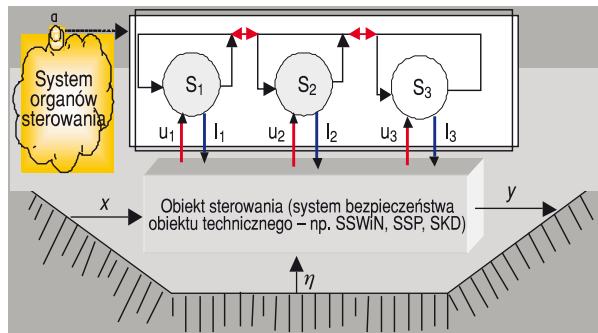
Wprowadzenie zestawów komputerowych z odpowiednim oprogramowaniem w systemach bezpieczeństwa umożliwiło przyspieszenie obiegu informacji w procesie eksploatacji. W eksploatacji systemu bezpieczeństwa można zastosować mikrokomputer, który jest regulatorem programowym w procesie eksploatacji. W tym przypadku specjalizowany zestaw komputerowy jest sprzężony z procesem eksploatacji i na podstawie informacji otrzymywanych od operatora lub bezpośrednio od nadzorowanego obiektu steruje procesem eksploatacji poprzez przetwornik sygnałów eksploatacyjnych (rys. 2).



Rys. 2. Schemat zautomatyzowanego systemu eksploatacji z komputerem jako regulatorem programowym: gdzie: $m(t)$ — charakterystyka sterowania procesem eksploatacji, $u(t)$ — odpowiedź systemu eksploatacji

W obiektach (systemach bezpieczeństwa), w których występują złożone zadania sterowania procesem eksploatacji, zachodzi konieczność podziału (dekompozycji) funkcji (zadania) sterowania i przydzielenie ich oddzielnym organom sterowania eksploatacji (np. złożony system eksploatacji technicznej ochrony obiektów zlokalizowany na rozległym obszarze kolejowym obejmujący: dworzec, perony, infrastrukturę sterowania ruchem kolejowym oraz elektroenergetyczne systemy zasilające) [6]. Podstawową przyczyną dekompozycji zadania sterowania, a zatem i wprowadzania wielu organów sterowania, jest możliwość zebrania, przechowywania i przetwarzania dużej ilości informacji w jednym organie sterowania i w zadanym przedziale czasu oraz możliwość nadzoru nad bezpieczeństwem obiektu technicznego. Istnienie tylko

jednego organu sterowania prowadzi do niepełnej (uproszczonej) realizacji zadania wyboru decyzji eksploatacyjnej (informacji sterującej) oraz do korzystania przy wyborze decyzji z niepełnej i nieadekwatnej informacji o obiekcie technicznym, otoczeniu i zakłóceniach. Powstaje bariera informacyjna, którą przy istniejących środkach zbierania, przesyłania, przechowywania i przetwarzania informacji trudno przełamać. Metodą obejścia bariery informacyjnej w procesach sterowania eksploatacją jest dekompozycja zadań sterowania i wprowadzenie wielu organów sterowania (rys. 3).



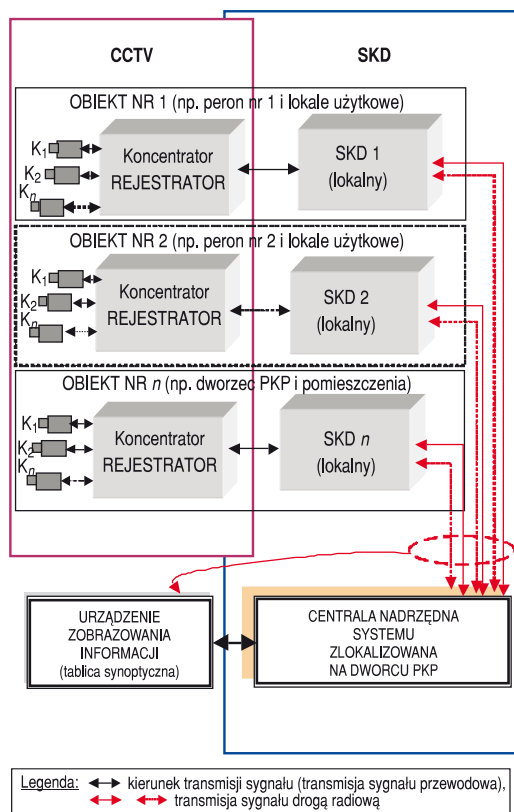
Rys. 3. Przykład podziału parametrów obiektu, gdzie: u_1, u_2, u_3 — informacje sterujące, I_1, I_2, I_3 — informacje bieżące, S_1 — system sygnalizacji włamania i napadu, S_2 — system sygnalizacji pożaru, S_3 — system kontroli dostępu; x, y, η — sygnały sprzężenia systemów z otaczającym środowiskiem elektromagnetycznym, klimatycznym (x, η oddziaływanie otoczenia na system, y — oddziaływanie systemu na otoczenie)

Wprowadzenie dekompozycji zadań, a zatem i decentralizacji sterowania, prowadzi do pojawienia się nowych problemów wynikających z pewnej samodzielności działania poszczególnych organów sterowania. Powstaje przy tym zasadniczy problem rozdziału zadań, wzajemnego dopasowania i koordynacji tych zadań, tak aby ich realizacja zapewniała realizację zadania sterowania globalnego, dotyczącego całego systemu bezpieczeństwa na rozległym obszarze kolejowym.

Podział (dekompozycja) zadania sterowania procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa (rys. 3) może, ogólnie mówiąc, zależeć od:

- klasy systemu bezpieczeństwa (klasa I do klasy IV powiązana z elementami w wykonaniu S), kategorii zagrożonej wartości (Z1 — mienie małej wartości, które można wymienić i zastąpić do Z4 — mienie bardzo dużej wartości, przedmioty zabytkowe, życie wielu osób — dworzec kolejowy, lotniczy, morski), systemów skupionych, rozproszonych lub mieszanych [2];
- warunków określających zadanie sterowania, tzn. formułowania wydzielonych funkcji sterowania, np. powiązanie systemu identyfikacji osób i systemu CCTV z systemem kontroli dostępu (weryfikacja biometryczna wchodzących/wychodzących osób z dworca lotniczego, kolejowego, terminalu obsługi);

- czasu, w którym formułowane jest zadanie sterowania procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa (np. powiązanie czasowe systemu CCTV i SKD w przypadku wypracowania informacji diagnostycznych zobrazowanych na tablicy(ach) synoptycznej(ych) lokalnej(ych) lub panelu umieszczonego w centrali alarmowej (rys. 4).



Rys. 4. Powiązanie systemów bezpieczeństwa CCTV i SKD na rozległym obszarze kolejowym

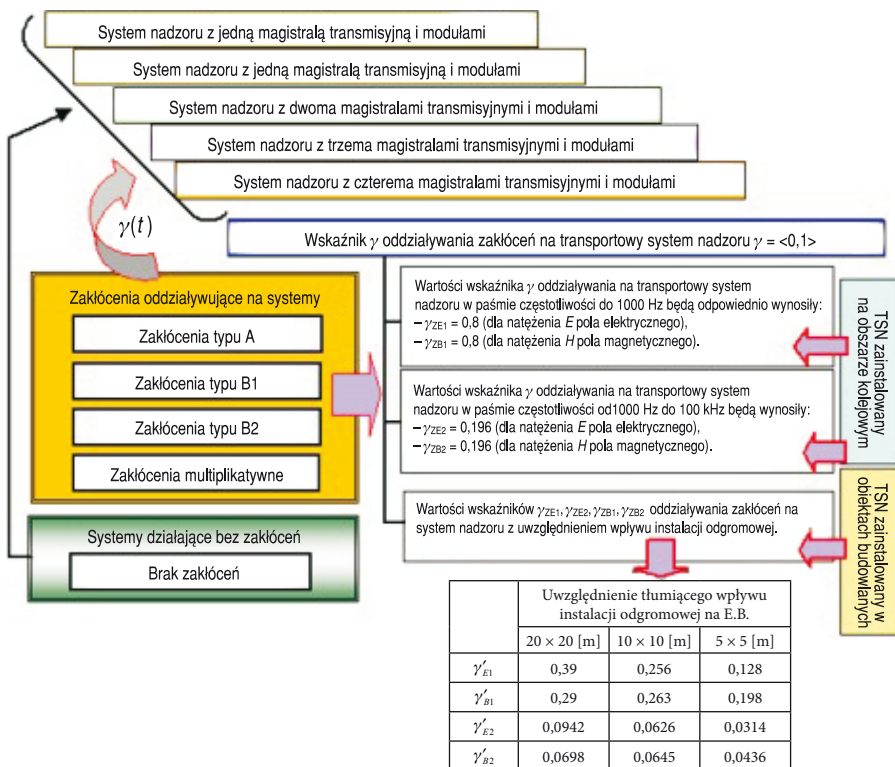
W przypadku podziału parametrów sterowania eksploatacją złożonego systemu bezpieczeństwa (rozproszony system bezpieczeństwa) formułuje się osobno zadania sterowania dotyczące tylko tych wydzielonych parametrów — wydzielone podsystemy sterowania S_1 - S_3 (rys. 3). Wydzielony organ sterowania S_1 - S_3 powinien zapewnić realizację tylko tego częściowego zadania sterowania procesem eksploatacji np. S_1 — nadzór nad eksploatacją systemu sygnalizacji włamania i napadu.

W omawianym przykładzie parametry systemu bezpieczeństwa ochranianego obiektu podzielono na trzy oddzielne grupy związane z poszczególnymi systemami bezpieczeństwa. Na każdą grupę wydzielonych parametrów eksploatacyjnych

oddziałuje organ sterowania. Powstaje system organów sterowania, który realizuje całościowo sterowanie eksploatacją ochrony obiektu. Poszczególne organy sterowania mogą być ze sobą powiązane informacyjnie (rys. 3).

Wspomaganie procesu eksploatacji

Ocenę bezpieczeństwa eksploatacji transportowych systemów nadzoru, na które oddziałują zakłócenia elektromagnetyczne, umożliwia aplikacja komputerowa (rys. 5). Bezpieczeństwo eksploatacji systemu ochrony zależy od zakłóceń elektromagnetycznych, które oddziałują na system. W programie komputerowym uwzględniono następujące zakłócenia: typu A, tj. zakłócenie katastroficzne — np. wyładowanie atmosferyczne, typu B1 oraz B2, tj. zakłócenia addytywne, a także zakłócenia multiplikatywne. Zakłócenia oddziałują na systemy bezpieczeństwa o następujących strukturach: od jednej magistrali transmisyjnej



Rys. 5. Określenie typu zakłóceń elektromagnetycznych oddziałujących na system bezpieczeństwa (nadzoru) o różnej strukturze technicznej uwzględniający zakres zmian wskaźnika γ oddziaływania zakłóceń (TSN — transportowy system nadzoru)

z modułami do systemu złożonego z czterech magistrali i modułów. Wskaźnik γ oddziaływania zakłóceń na system bezpieczeństwa jest funkcją, która zależy od: pasma częstotliwości sygnału zakłócającego, składowej E, H pola elektromagnetycznego; miejsca, w którym zainstalowano system (ekranujące właściwości budynków, przegród budowlanych).

Podając następujące wartości wejściowe:

- liczbę badanych systemów,
- czas prowadzonych badań,
- liczbę uszkodzonych elementów badanego typu systemu

oraz dla systemów, na które oddziałują zakłócenia, następujące dane:

- wskaźniki γ oddziaływania zakłóceń na system nadzoru znajdujący się w obiekcie budowlanym (dworzec kolejowy) dla przypadków:
 - wskaźniki γ dla uszkodzenia typu A dla zakresu częstotliwości do 100 kHz (składowa pola elektryczna i magnetyczna),
 - wskaźniki γ dla uszkodzeń typu B1, B2 dla zakresu częstotliwości do 100 kHz (składowa pola elektryczna i magnetyczna),
 - wskaźniki γ dla uszkodzeń typu multiplikatywnych dla zakresu częstotliwości do 100 kHz (składowa pola elektromagnetycznego elektryczna i magnetyczna),
- uwzględniając różne wartości tłumienia składowych E, H przez poziomy budynek,
- uwzględniając wskaźniki γ oddziaływania zakłóceń na system nadzoru znajdujący się na rozległym terenie kolejowym dla przypadków:
 - wskaźniki γ dla uszkodzenia typu A dla zakresu częstotliwości do 100 kHz (składowa pola elektryczna i magnetyczna),
 - wskaźniki γ dla uszkodzeń typu B1, B2 dla zakresu częstotliwości do 100 kHz (składowa pola elektryczna i magnetyczna),

program wyznacza następujące wartości:

- niezawodność poszczególnych elementów, które tworzą badany system nadzoru (np. dla systemu szeregowego — niezawodność jednostek centralnych, modułów mocy, modułów rozszerzających),
- niezawodność całego systemu,
- średni czas pracy poszczególnych urządzeń tworzących system nadzoru;
- wartość oczekiwaną czasu pracy badanego systemu,
- intensywność uszkodzeń poszczególnych urządzeń tworzących system nadzoru,
- intensywność uszkodzeń badanego systemu,
- wartość oczekiwaną czasu pracy poszczególnych urządzeń tworzących system nadzoru,
- wskaźniki gotowości poszczególnych urządzeń tworzących system nadzoru,

Do realizacji tego procesu niezbędne są: zestaw(y) komputerowe z odpowiednim oprogramowaniem, elementy systemu bezpieczeństwa, które automatycznie realizują funkcję autodiagnostyki, tablice synoptyczne umożliwiające przegląd sytuacji eksploatacyjnych rozmieszczone w rozległym obiekcie. Realizacja złożonych systemów bezpieczeństwa wymusza stosowanie podziału (dekompozycji) funkcji sterowania i przydzielenie ich oddzielnym organom sterowania, innym specjalizowanym zestawom komputerowym. Nadzór nad procesem eksploatacji zintegrowanych systemów bezpieczeństwa powinien sprawować komputer nadrzędny z odpowiednim oprogramowaniem. Ze względu na zapewnienie odpowiedniej niezawodności działania systemów bezpieczeństwa powszechnie wykorzystuje się nadmiarowość — informacyjną, parametryczną, strukturalną itd. [4, 5]. Rolą operatora systemu bezpieczeństwa jest nadzór nad procesem eksploatacji systemu bezpieczeństwa poprzez reagowanie na komunikaty wyświetlane na panelu synoptycznym.

Artykuł wpłynął do redakcji 13.06.2011 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w czerwcu 2011 r.

LITERATURA

- [1] J. PAŚ, *Oddziaływanie zakłóceń elektromagnetycznych na transportowy system bezpieczeństwa o strukturze szeregowej*, Logistyka — Nauka, 6, 2010.
- [2] J. PAŚ, J. DYDUCH, T. DĄBROWSKI, *Ocena bezpieczeństwa eksploatacji transportowych systemów bezpieczeństwa użytkowanych na rozległym obszarze kolejowym*, International Scientific Conference TRANSPORT OF 21ST CENTRY Białowieża, 21-24.09.2010.
- [3] W. SZULC, A. ROSIŃSKI, J. PAŚ, *Zakłócenia elektromagnetyczne w elektronicznych systemach alarmowych*, Zabezpieczenia, 1, 71, 2010, 94-104.
- [4] L. BĘDKOWSKI, T. DĄBROWSKI, *Podstawy eksploatacji, cz. II. Podstawy niezawodności eksploatacyjnej*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2006.
- [5] J. JAŻWIŃSKI, K. WAŻYŃSKA-FIOK, *Bezpieczeństwo systemów*, PWN, Warszawa, 1993.
- [6] K. WAŻYŃSKA-FIOK, *Podstawy teorii eksploatacji i niezawodności systemów transportowych*, WPW, Warszawa, 1993.

J. PAŚ

Computer aiding exploitation process of security system

Abstract. The facilitation of management of the exploitation process of security systems requires application of computer aiding as well as more and more advanced real-time diagnostic subsystems. Use of specialized computers and software in distributed integrated security systems requires decomposition of tasks in the exploitation process. A security system installed in a large area is affected by diverse inner and outer disturbances. This paper presents chosen issues concerning aiding of exploitation process of security systems.

Keywords: diagnostics, process of exploitation, electromagnetic enlivenments, security system

