

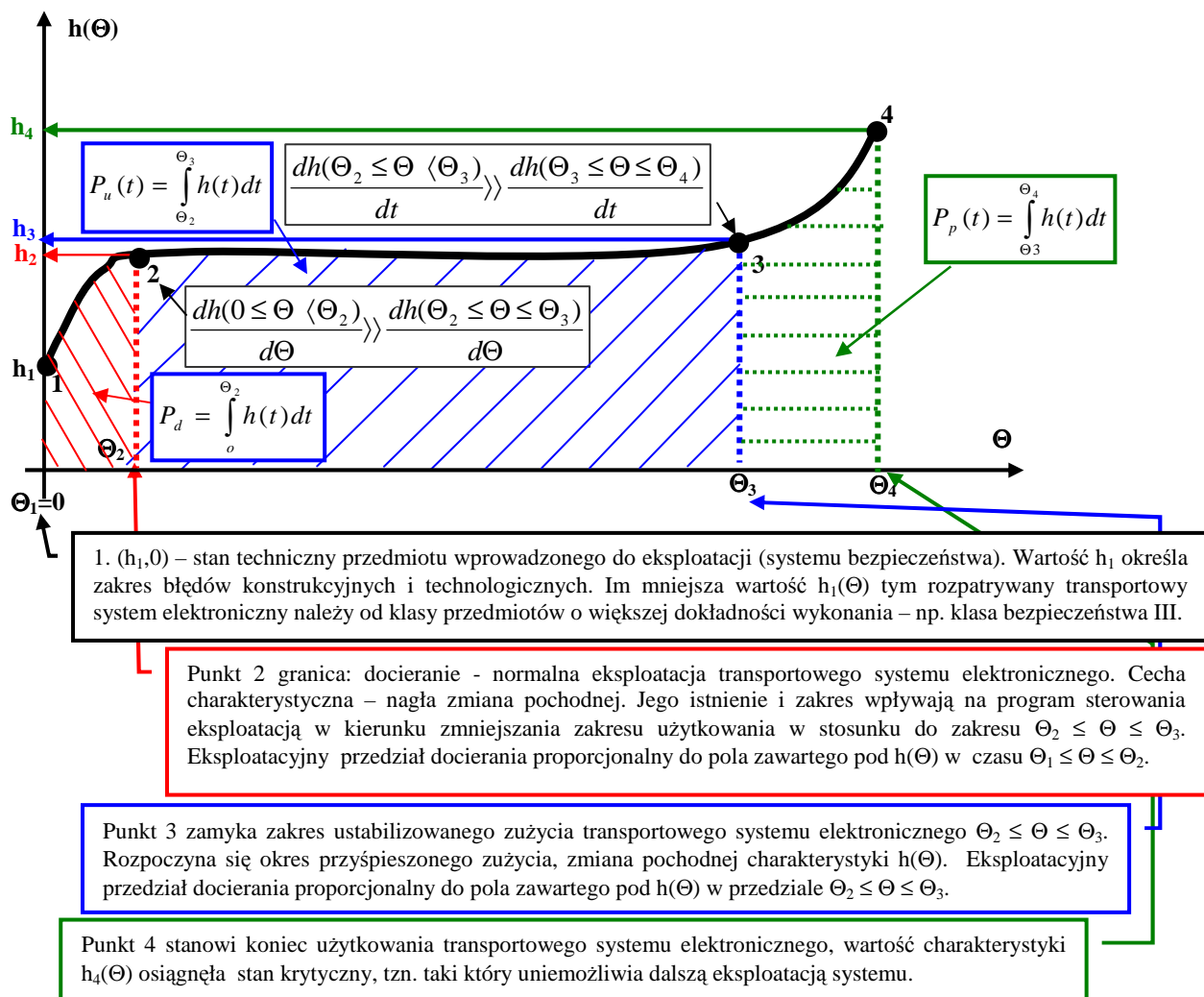


- dwuwymiarowe – sterowanie np. według zmiany współczynnika wzmocnienia modułu mocy w linii transmisyjnej i prądu pobieranego przez daną linię systemu w stanach: dozоровanie, alarmowanie, diagnozowanie;
- wielowymiarowe – według bieżących wskazań parametrów systemu zobrazowanych na panelach informacyjnych w centrali alarmowej lub na ekranie monitora zestawu komputerowego nadzorującego pracę systemu.

**Sterowanie obsługiwaniem** stanowi drugą składową procesy sterowania eksploatacją transportowych systemów elektronicznych. W zakres tego sterowania wchodzi np. przeglądy okresowe, naprawy, konserwacje, remonty, itp. Sterowanie to ma dwa aspekty:

- optymalne ustalenie kolejności czynności w procesach eksploatacyjnych, dla złożonych transportowych systemów elektronicznych – opracowanie np. cyklogramów, harmonogramów prac konserwacyjnych, diagnostycznych, przeglądowych według reguły Gantta;
- powiązanie ich z harmonogramem użytkowania oraz efektywnego sterowania w ramach realizacji każdej z czynności obsługiwania (uwaga: wyłączenie części lub nawet całego transportowego systemu elektronicznego w niektórych przypadkach jest niemożliwe np. ochrona obszaru infrastruktury krytycznej lotniska).

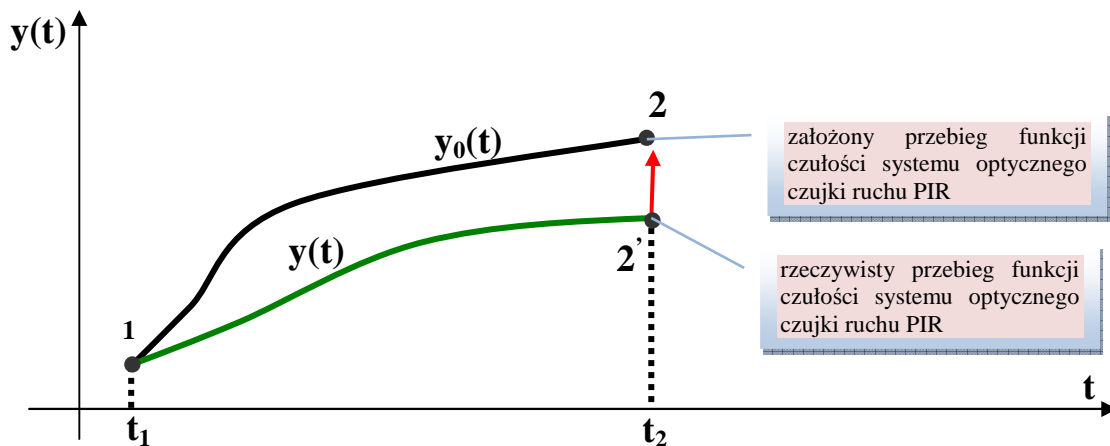
Podstawę opracowania programu sterowania obsługiwaniem stanowi charakterystyka zużycia eksploatacyjnego i starzenia naturalnego przedmiotu eksploatowanego  $h(t)$ , w tym przypadku transportowego systemu elektronicznego. Z badań rozkładu statystycznego stopnia zużycia różnych systemów, maszyn i urządzeń wynika podobny przebieg  $h(t)$  i to niezależnie od różnych schematów funkcjonalnych i rozwiązań konstrukcyjnych przedmiotu eksploatowanego – w tym urządzeń transportowego systemu bezpieczeństwa. Charakterystyka  $h(\Theta)$  przedstawiona na rys. 1 może ulegać zmianom parametrycznym dla różnych systemów, urządzeń (mechanicznych lub elektrycznych), ale jej kształt zawsze pozostaje taki sam [4].



Rys. 1. Fazy zużycia eksploatacyjnego transportowego systemu elektronicznego  $h(t)$  w zależności od czasu eksploatacji  $\Theta$  [4]

Sterowanie łączne, z użytkowaniem i obsługiwaniem, nazywamy sterowaniem zintegrowanym lub sterowaniem procesem eksploatacji transportowych systemów elektronicznych. Jest ono realizowane na przedmiocie w odpowiednio zorganizowanej przestrzeni którą nazywamy systemem eksploatacji. Sterowanie procesem eksploatacji jest to zdolność do zmiany stanu dynamicznego transportowego systemu elektronicznego z punktu 1 do punktu 2 - rys. 2 (np. zmiana wzmocnienia modułu mocy w linii transmisyjnej systemu sygnalizacji i włamania).

W zmianie tej wyróżniamy trzy charakterystyczne działania systemu eksploatacji. Pierwsze działanie polega na utrzymaniu wartości charakterystyki systemu lub odpowiedniej jej zmianie w zakresie czasu eksploatacji  $t_1 \leq t \leq t_2$ . Taką zmianę od punktu 1 do 2 pokazano na rys. 2. Drugie działanie, będące składową procesu sterowania wiąże się z przemieszczeniem stanu dynamicznego transportowego systemu elektronicznego do punktu 2. Trzecie działanie polega na przybliżeniu krzywej 1-2 do założonej charakterystyki 1-2 w całym rozpatrywanym zakresie (czasie)  $t_1 \leq t \leq t_2$ . Rozbieżność między założonym  $y_0(t)$  a rzeczywistym  $y(t)$  przebiegiem charakterystyki zewnętrznej systemu eksploatowanego wynosi  $\Delta y(t)$ . Najczęściej w praktyce eksploatacyjnej złożonych systemów technicznych mamy do czynienia z problem sterowania wielowymiarowego, np. w transportowym systemie bezpieczeństwa: sterowanie czujkami ppoż., czujkami ruchu PIR, urządzeniami kontroli dostępu, kamerami i telewizją użytkową – zmiana ogniskowej lub trybu pracy, w tym zapisywanie strumienia danych wideo na rejestratorze np. w formacie JPEG, MP3 lub 4 [2,3].



Rys. 2 Ilustracja rozbieżności między rzeczywistą a założoną charakterystyką eksploatowanego transportowego systemu elektronicznego

## 2. PROCES STEROWANIA EKSPLOATACJĄ W TRANSPORTOWYCH SYSTEMACH ELEKTRONICZNYCH

Do oceny sterowania procesem eksploatacji transportowych systemów elektronicznych należy wprowadzić zbiór opisujący zestaw rozbieżności między zadaniami a rzeczywistymi przebiegami charakterystyk zewnętrznych eksploatowanego systemu – tj. zależność (6).

$$\overline{\Delta y(t)} = \langle \Delta y_1(t), \Delta y_2(t), \dots, \Delta y_n(t) \rangle \quad (6)$$

Przy założeniu, że poszczególne rozbieżności ze zbioru  $\overline{\Delta y(t)}$  są mniejsze niż jeden, uzyskujemy relację na uogólnioną wartość błędu sterowania w postaci

$$\Delta y_1(t) \Delta y_2(t) \dots \Delta y_n(t) < 1 \text{ lub } \prod_{i=1}^{i=n} \Delta y_i(t) < 1 \quad (7)$$

Im mniejsze są rozbieżności, a więc im mniejsze są wartości elementów zbioru (6), tym sterowanie procesem eksploatacji transportowego systemu elektronicznego jest dokładniejsze, a popełniane błędy sterowania są mniejsze. Powiększenie liczby elementów tego zbioru (np. poprzez zwiększenie liczby parametrów technicznych które są kontrolowane w centrali alarmowej lub całym systemie nadzorowanym przez zestaw komputerowy) powoduje zwiększenie dokładności modelu sterowania, ale jednocześnie zaostrza znak nierówności w relacjach (7). Zmniejszenie błędów sterowania wymaga optymalizacji, weryfikacji a nie raz i udoskonalień, zarówno samego transportowego systemu elektronicznego (np. jego wewnętrznej struktury technicznej lub niezawodnościowej) jak i samego procesu eksploatacji. Im większe są wymagania dokładności sterowania, tym większe nakłady musimy przewidzieć na działania optymalizacyjne i doskonalenie (zbyt duża ilość parametrów kontrolnych – to rozbudowa centrali alarmowej o dodatkowe tablice synoptyczne lub nowy zestaw komputerowy nadzorujący pracę systemu). Hipotetyczna relacja między dokładnością sterowania a kosztami poniesionymi na doskonalenie tego sterowania w procesie eksploatacji transportowych systemów elektronicznych może przyjąć następującą postać [4]

$$K(\bar{e}, \bar{r}) = \frac{A(\bar{e}, \bar{r})L(\bar{e}, \bar{r})}{\Delta \bar{y}} \quad (8)$$

gdzie:  $K(\bar{e}, \bar{r})$  - koszty przeznaczone na zwiększenie dokładności sterowania,  $L(\bar{e}, \bar{r})$  - praca włożona w poprawę i optymalizację systemu ochrony,  $A(\bar{e}, \bar{r})$  - współczynnik proporcjonalności,  $\Delta \bar{y}$  – uogólniony błąd sterowania,  $\bar{e}$  - zbiór parametrów eksploatacji transportowego systemu elektronicznego,  $\bar{r}$  - zbiór parametrów systemu eksploatowanego.

Ze zależności (8) wynika, że dla

$$\Delta\bar{y} \rightarrow 0 \text{ mamy } K(\bar{e}, \bar{r}) \rightarrow \infty \text{ lub } \lim_{\Delta\bar{y} \rightarrow 0} \frac{A(\bar{e}, \bar{r})L(\bar{e}, \bar{r})}{\Delta\bar{y}} = \infty \quad (9)$$

Wynika stąd wniosek podstawowy dla zagadnień sterowania procesami eksploatacyjnymi transportowych systemów elektronicznych:

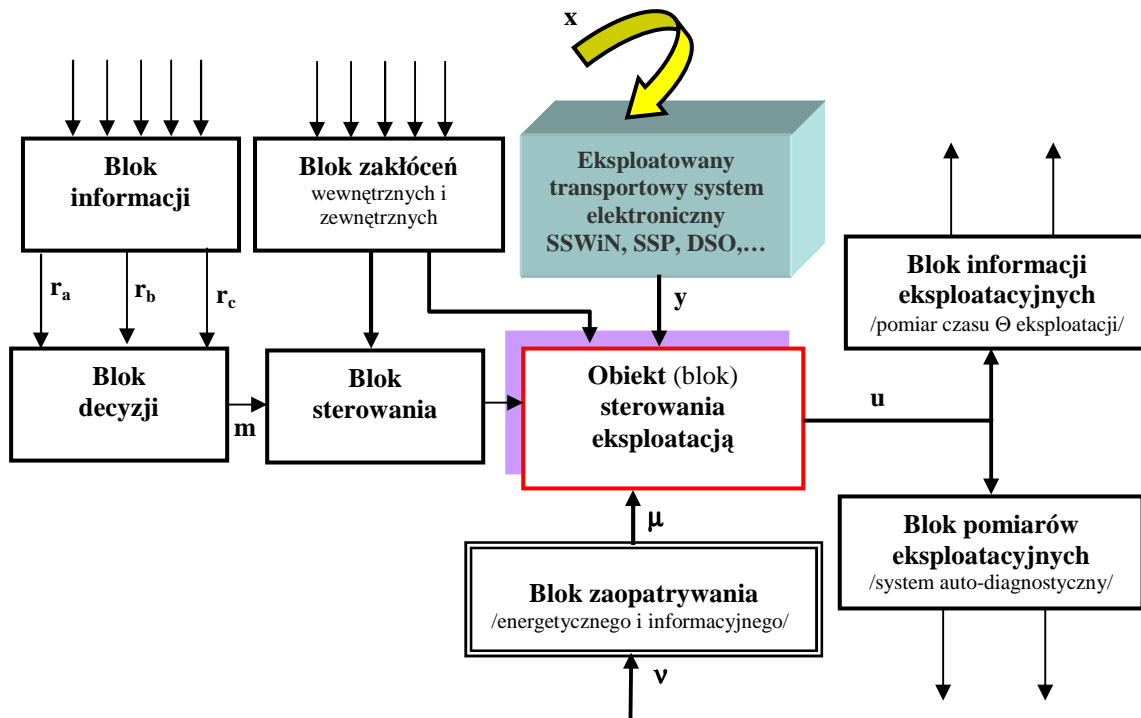
*sterowanie idealne w transportowych systemach bezpieczeństwa może wystąpić tylko wtedy, kiedy wszystkie składowe rozbieżności charakterystyk systemu eksploatowanego dążą do zera lub jeśli przynajmniej jedna z tych rozbieżności wynosi zero.*

W praktyce wszystkie działania eksploatacyjne które występują w transportowych systemach elektronicznych powinny iść w kierunku minimalizacji błędów sterowania, a nie ich likwidacji. Relacja uzależniająca błędy sterowania od pracy włożonej w poprawę sterowania transportowych systemów elektronicznych oraz modyfikację jego eksploataowania nabiera większej realności, jeśli jest zapisana w postaci:

$$\lim_{\Delta\bar{y} \rightarrow \min} \frac{A(\bar{e}, \bar{r})L(\bar{e}, \bar{r})}{\Delta\bar{y}} = \max \quad (10)$$

*Każde działanie człowieka (w tym operatora transportowego systemu elektronicznego) powodujące uruchomienie i korzystanie z określonych sił i środków, przejawiające się wytworzeniem nowych wartości nazywamy procesem eksploatacji.*

Proces ten składa się z obsługiwaniania oraz użytkowania i występuje w przestrzeni ograniczonej wymiarowo, ciężarowo i funkcjonalnie, zwanej systemem eksploatacji (ograniczenia przestrzeni wynikające np. z czasu, kosztów, struktury systemu, zasilania energetycznego i informacyjnego, itd.). Model schematu funkcjonalnego sterowania przedstawiono na rys. 3, gdzie zilustrowano zasadnicze bloki funkcjonalne oraz występujące między nimi relacje informacyjne.



Rys.3. Model schematu funkcjonalnego systemu sterowania procesem eksploatacji z uwzględnienie oddziaływań zewnętrznych (blok zakłóceń) dla transportowego systemu elektronicznego /oznaczenia w tekście/

Proces eksploatacji obejmujący użytkowanie i obsługiwanie zachodzi w bloku sterowania eksploatacją pod wpływem oddziaływania sterującego oraz zakłóceń zewnętrznych – rys. 3. Proces ten jest realizowany na transportowym systemie elektronicznym którego charakterystyki wejściowe można opisać następująco

$$\mathbf{x} = \{x_1; x_2; \dots; x_n\} \quad (11)$$

a charakterystyki wyjściowe można przedstawić jako

$$\mathbf{y} = \{y_1; y_2; \dots; y_n\} \quad (12)$$

Proces eksploatacji transportowego systemu elektronicznego jest zaopatrywany w materiały, energię, informację i środki techniczne przez blok zaopatrywania o charakterystykach  $v$  i  $\mu$ . Jego podstawowymi charakterystykami są: wektor wielkości wejściowych o następującym zbiorze elementów

$$\mathbf{m} = \{m_1; m_2; \dots; m_n\} \quad (13)$$

i wektor wielkości wyjściowych o następującym zbiorze elementów

$$\mathbf{u} = \{u_1; u_2; \dots; u_n\} \quad (14)$$

Każda ze składowych wektorów  $m$  i  $u$  jest funkcją czasu  $t$ , czasu eksploatacji  $\Theta$  oraz parametrów eksploatacji  $\bar{e}$ , a więc

$$m_i = m_i\{t, \Theta, \bar{e}\} \quad (15)$$

$$u_j = u_j\{t, \Theta, \bar{e}\} \quad (16)$$

przy czym  $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Oprócz tego przebieg procesu eksploatacji zależy od charakterystyk  $x, y$  i wskaźników oraz parametrów  $\bar{e}$  systemu eksploatowanego – tj. transportowego systemu bezpieczeństwa. Dlatego w funkcjach opisujących składowe wektorów  $m$  i  $u$  mogą wystąpić parametry  $\bar{r}$  oraz wielkości wejściowe  $x$  i wyjściowe  $y$  przedmiotu eksploatowanego. W ogólnym przypadku funkcje (15) i (16) mogą przyjąć następującą postać:

$$m_i = m_i\{t, \Theta, \bar{e}, x, y, \bar{r}\} \quad (17)$$

$$u_j = u_j\{t, \Theta, \bar{e}, x, y, \bar{r}\} \quad (18)$$

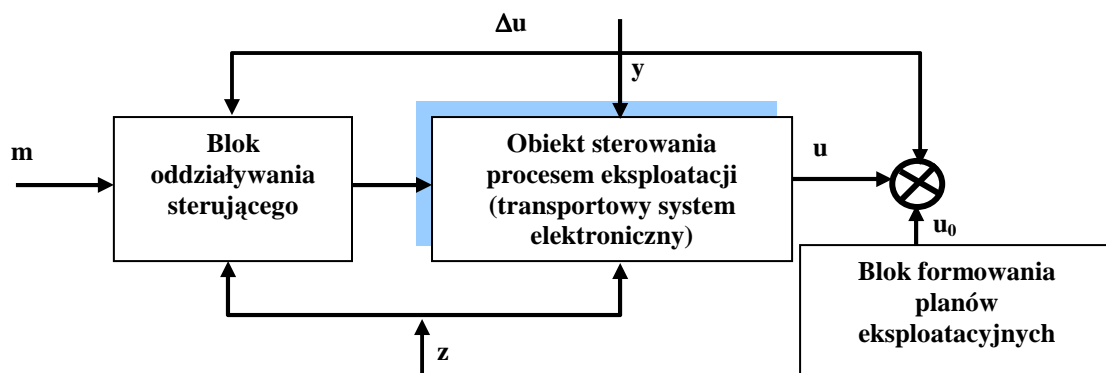
Sygnały wejściowe systemu eksploatacji  $m$  są precyzowane w bloku decyzji na podstawie sygnałów z trzech kanałów informacji – rys. 3. Są to kanały:

- ◀◀ informacji o zapotrzebowaniu użytkownika  $r_c$ ;
- ◀◀ informacji o możliwościach ekonomicznych systemu  $r_b$ ;
- ◀◀ informacji o możliwościach technicznych  $r_a$ .

Zapotrzebowanie na proces eksploatacji transportowego systemu elektronicznego jest wypracowywane w warunkach kompromisu między potrzebami na ochronę obiektu transportowego, możliwościami ekonomicznymi budowy takiego systemu, oraz bazą techniczną, zawierającą aktualny stan środków technicznych z których zbudowany jest system. Ocena sterowania procesem eksploatacji może być precyzowana na podstawie wielkości  $\Delta u$  jako różnica składowych wektora potrzeb  $u_0$  i wektora faktycznego stanu  $u$ . Wykorzystując pojęcie jakości procesu eksploatacji - rys. 4, oznaczone przez  $J(\bar{e})$  budujemy model oceny według następującej relacji

$$J(\bar{e}) = \int_0^{\infty} (u_0 - u)^{\chi} \rho \cdot dt \quad (19)$$

gdzie:  $\rho$  - funkcja lub wskaźnik wagi zawarty w granicach  $0 \leq \rho \leq 1$ ,  $\chi = \langle \chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n \rangle$  - wykładnik formy.



Rys.4. Model oceny działania systemu eksploatacji,  $\Delta u$  – sygnał uchybu (niedokładności procesu eksploatacji systemu),  $y$  – charakterystyka przedmiotu eksploatowanego,  $z$  – zakłócenia wewnętrzne i zewnętrzne,  $m$  – charakterystyka wejściowa

### 3. HIERARCHICZNE SYSTEMY STEROWANIA EKSPLOATACJĄ TRANSPORTOWYCH SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH

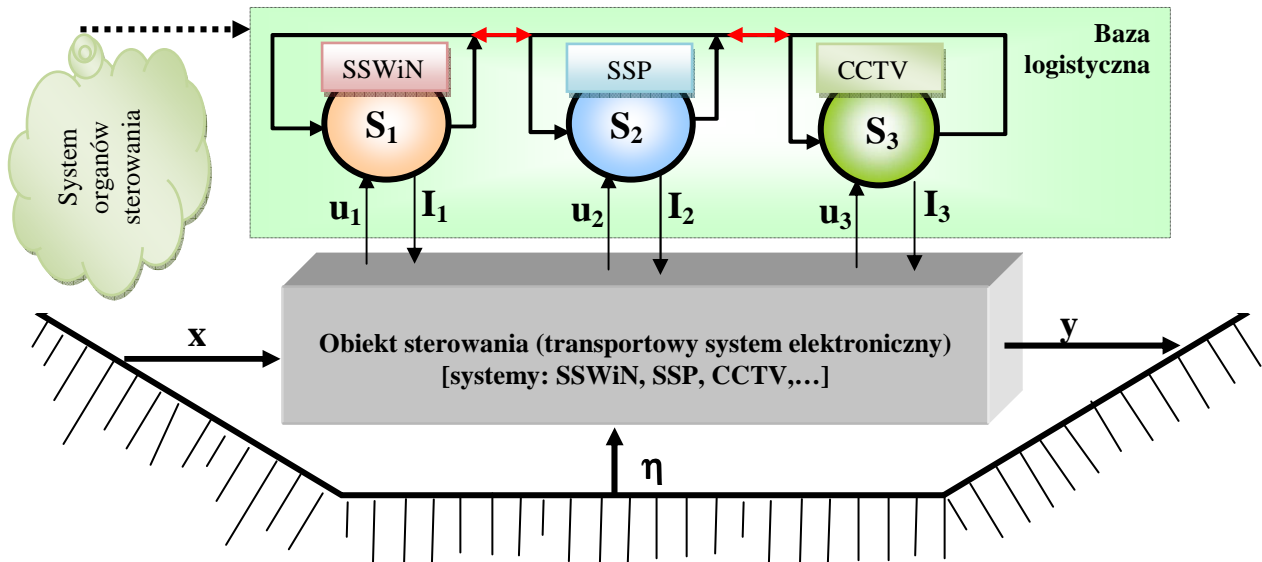
W obiektach (systemach bezpieczeństwa), w których występują złożone zadania sterowania procesem eksploatacji zachodzi konieczność podziału (dekompozycji) funkcji (zadania) sterowania i przydzielenie ich oddzielnym organom sterowania eksploatacji (złożony system eksploatacji technicznej ochrony obiektów transportowych – np. baza logistyczna z rozproszonymi systemami bezpieczeństwa SSWiN i SSP-DSO) [5]. 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. 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, otoczeniu i zakłóceniach [6,7]. 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. Metoda ta ukształtowała się w sposób naturalny w obiektach społecznych, ekonomicznych, biologicznych i technicznych [4,5].

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 ochrony kilku obiektów.

**Podział (dekompozycja) zadania sterowania może, ogólnie mówiąc, dotyczyć:**

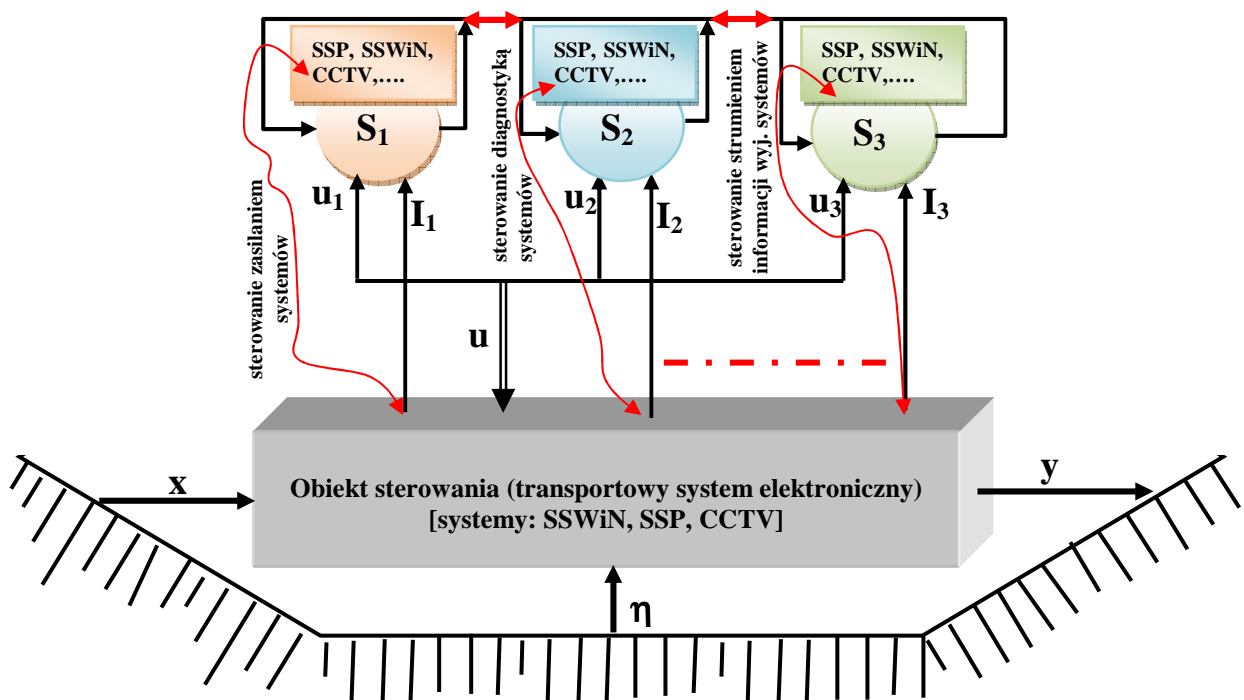
- parametrów ochranianego obiektu np. lotniska, dworca kolejowego, bazy logistycznej – rozległość obszarowa ;
- warunków określających zadanie sterowania, tzn. formułowania wydzielonych funkcji sterowania dla np. ochrony obwodowej, peryferyjnej, wewnętrznej traktowanej jako całość dla danego obiektu technicznego;
- okresu czasu, w którym formułowane jest zadanie sterowania – czas  $\Theta$  eksploatacji systemów bezpieczeństwa.

W przypadku podziału parametrów systemu bezpieczeństwa formułuje się zadanie sterowania dotyczące tylko tych wydzielonych parametrów. Wydzielony organ sterowania powinien zapewnić realizację tego częściowego zadania. Powyższą sytuację zilustrowano na rys. 5.



Rys. 5. Przykład podziału parametrów obiektu

oznaczenia dla rys.5, 6:  $x$  – powiązania które oddziałują na obiekt (np. zakłócenia, klimat),  $y$  – powiązania za pomocą których obiekt oddziałują na otoczenie,  $\eta$  - oddziaływanie otoczenia na obiekt, dla przypadku kiedy użytkownik nie ma informacji, SSWiN – system sygnalizacji włamania i napadu, SSP – system sygnalizacji pożaru, CCTV – telewizja przemysłowa,  $I_{1,2,3}$  – odpowiednie informacje sterujące,  $u_{1,2,3}$  – informacje bieżące o systemie sterowania



Rys. 6. Przykład podziału funkcji sterowania- oznaczenia jak na rys. 5

W danym przykładzie parametry elektronicznych systemów transportowych podzielono na (trzy grupy). Na każdą grupę parametrów oddziałuje wydzielony organ sterowania. Powstaje system organów sterowania, który realizuje całościowo sterowanie eksploatacją ochrony obiektu. Poszczególne organy sterowania mogą być ze sobą powiązane informacyjnie. W przypadku podziału funkcji poszczególne organy sterowania eksploatacją obiektu ochrony realizują mniejsze zadanie sterowania (wynikające z podziału pełnego zadania), ale dotyczące całości ochranianego obiektu.

Ilustrację tego podziału zadania przedstawiono na rys. 6. W danym przypadku każdy organ sterowania eksploatacją wybiera informację sterującą, która dotyczy całego obiektu sterowania (np. portu lotniczego), ale wynika z realizacji przydzielonego mu zadania (funkcji). Organy sterowania mogą być powiązane ze sobą informacyjnie.

#### 4. WNIOSKI

Przedstawione zagadnienia opisują procesy sterowania eksploatacją w transportowych systemach elektronicznych. W eksploatacji można wyróżnić co najmniej dwa podstawowe procesy, tj. proces użytkowania i proces obsługi [8,9]. Zadaniem procesu użytkowania jest taka jego organizacja oddziaływania, aby przy danych zakłóceniach i ograniczeniach wydobyć z procesu roboczego maksimum np. energii, sprawności i efektywności przy możliwie najmniejszych nakładach – w transportowych systemach elektronicznych np. minimalizacja prawdopodobieństwa fałszywego alarmu przy danych nakładach finansowych na urządzenia (klasa urządzeń A, B, C i S).

W opracowaniu przedstawiono model schematu funkcjonalnego systemu sterowania procesem eksploatacji transportowego systemu elektronicznego z uwzględnienie oddziaływań zewnętrznych (blok zakłóceń).

Zapotrzebowanie na proces eksploatacji transportowego systemu elektronicznego jest wypracowywane w warunkach kompromisu między potrzebami społecznymi a intelektualnymi człowieka, możliwościami ekonomicznymi oraz bazą techniczną, zawierającą aktualny stan środków technicznych (dostępne rozwiązania i możliwości techniczne poszczególnych urządzeń które tworzą transportowy system bezpieczeństwa).

W procesie analizy złożonych transportowych systemów elektronicznych właściwości i wskaźniki całego systemu należy rozdzielić na dwie grupy:

- całościowe, które są właściwe tylko dla całości transportowego systemu elektronicznego – np. skuteczność stosowanych zabezpieczeń (parametrem charakteryzującym skuteczność może być np. czas sforsowania zabezpieczeń obwodowych, wewnętrznych, mechanicznych, parametrycznych, itd);
- addytywne – które są określone wprost jako suma możliwości wszystkich podsystemów zastosowanych do ochrony infrastruktury transportowej, tj. systemów SSWiN, CCTV, SSP, DSO, itd. – parametrem może być czas wykrycia np. intruza, dymu, pożaru w przypadku systemu SSP lub podania informacji o ewakuacji z dźwiękowego systemu ostrzegawczego DSO.

W obiektach, gdzie występują złożone zadania sterowania (podsystemy SSWiN, CCTV, SSP, DSO które wchodzi w skład transportowych systemów elektronicznych) zachodzi konieczność podziału (dekompozycji) funkcji (zadania) sterowania i przydzielenie ich oddzielnym organom sterowania – rys. 5, 6 [5,9]. W tym przypadku nadzór nad eksploatacją podsystemów odbywa się w alarmowym centrum odbiorczym ACO, gdzie system antropotechniczny (operator – urządzenie pomiarowe - np. zestaw komputerowy lub panel informacyjny) kontroluje proces. Wprowadzenie dekompozycji zadań, a zatem i decentralizacji sterowania prowadzi do pojawienia się nowych problemów wynikających z pewnej samodzielności działania poszczególnych organów sterowania – problem podziału zadań, wzajemnego dopasowania i koordynacji tych zadań, tak aby ich realizacja zapewniała realizację zadania globalnego, które dotyczy ochrony całego obiektu transportowego.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Mikulik J. (praca pod red. E. Niezabitowskiej): *Budynek inteligentny. T. 2, Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2005.
- [2] Norma PN-EN 50131-1:2009: Systemy alarmowe – Systemy sygnalizacji włamania i napadu – Wymagania systemowe.
- [3] Norma PN-EN 50132-7:2003: Systemy alarmowe – Systemy dozoru CCTV stosowane w zabezpieczeniach – Część 7: Wytyczne stosowania.
- [4] Staniszewski R.: *Sterowanie procesami eksploatacji*, Warszawa, WNT 1998.
- [5] Paszkowski S.: *Podstawy teorii systemów i analizy systemowej*, Instytut Automatyki i Robotyki WAT, Warszawa, 1999.
- [6] Dyduch J., Paś J.: Eksploatacja transportowych systemów nadzoru na rozległym obszarze kolejowym, VII Krajowa Konferencja „Diagnostyka Techniczna Urządzeń i Systemów” Diag’ 2009 Ustroń.
- [7] Paś J., Dyduch J.: *Oddziaływanie zakłóceń elektromagnetycznych na transportowe systemy bezpieczeństwa*, Pomiary Automatyka Robotyka nr 10/2009.
- [8] Dyduch J., Moczarki J.: *Podstawy eksploatacji systemów sterowania ruchem kolejowym*, Radom, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2009.
- [9] Dyduch J., Paś J., Rosiński A.: *Podstawy eksploatacji transportowych systemów elektronicznych*, Radom, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2011.