

Problemy niezawodnościowo-eksploatacyjne układów zasilających elektroniczne systemy bezpieczeństwa

Waldemar Szulc

Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Wydział Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa

Streszczenie: W artykule przedstawiono istotne problemy niezawodnościowo-eksploatacyjne dotyczące układów zasilających elektroniczne systemy bezpieczeństwa. Liczne badania długofalowe umożliwiły określenie istotnych wskaźników eksploatacyjnych i niezawodnościowych tak ważnych dla prawidłowego funkcjonowania elektronicznego systemu bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: niezawodność, system bezpieczeństwa, źródło zasilania

1. Wprowadzenie

W artykule zostaną omówione podstawowe problemy dotyczące budowy zasilaczy do różnego typu elektronicznych systemów bezpieczeństwa (dalej ESB), m.in.:

- Systemy Sygnalizacji Włamania i Napadu SSWiN (przewodowe i bezprzewodowe),
- systemy kontroli dostępu,
- systemy monitoringu wizyjnego,
- systemy ppoż. i dźwiękowe systemy ostrzegania,
- zintegrowane systemy bezpieczeństwa,
- budynki inteligentne z okablowaniem strukturalnym,
- inne urządzenia współpracujące z ESB,
- systemy monitorujące,
- ESB w ruchomych środkach transportowych,
- elektroniczne systemy przywoławcze (np. stosowane w szpitalach) zgodne z VDE-0834.

Istotne normy, zgodnie z wymaganiami których muszą być budowane systemy zasilające oraz sposoby ich eksploatacji to: PN-EN 50131-6 oraz PN-EN 54-4:2001/A2. Regulują one zasady budowy i eksploatacji urządzeń zasilających stanowiących integralną część ESB, kontrolowanych systemowo oraz zewnętrznych urządzeń zasilających wraz ze źródłami. Właściwy dobór układów zasilających do przedstawionych ESB to trudne wyzwanie, zważywszy stochastyczny charakter pracy tych systemów (kancelarie tajne, obiekty szczególnego znaczenia, banki, obiekty dziedzictwa narodowego itp.).

W artykule zostaną przedstawione schematy blokowe spotykanych układów zasilających wraz z charakterystycznymi danymi. Będą to urządzenia zasilające zewnętrzne wspomagające prądowo ESB z uwzględnieniem źródeł rezerwowych (akumulatorów). Urządzenia zasilające ESB, można podzielić na:

- zasilacze zintegrowane z płytą główną centrali alarmowej, kontrolowane systemowo (zasilacz zasadniczy i źródło rezerwowe),
- zasilacze zewnętrzne, gdzie głównie kontrolowana jest obudowa, w której zlokalizowano zasilacz, zaś kontrola pracy zasilacza jest zlokalizowana np. na obudowie,

- zasilacze mieszane, które są zintegrowane z płytą główną centrali a ESB jest dodatkowo wspomagany zasilaczami zewnętrznymi,
- UPS – urządzenia zewnętrzne zasilające ESB, ważna rezerwa zasilania (wyposażone w akumulatory żelowe); podtrzymują pracę ESB przez okres zależny od pojemności akumulatora (i jego stanu technicznego)

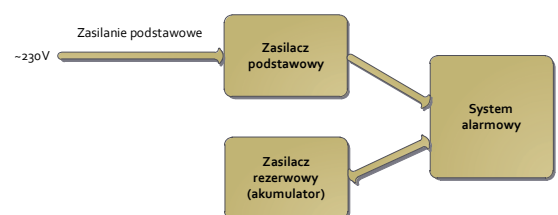
Przedstawione dalej badania techniczne i eksploatacyjno-niezawodnościowe wybranego typu zasilającego ESB wykonano w Laboratorium Systemów Alarmowych w ramach Zespołu Laboratoriów Bezpieczeństwa na Wydziale Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie.

2. Podział układów zasilających wg PN-EN 50131

W elektronicznych systemach bezpieczeństwa stosowane są następujące typy układów zasilania:

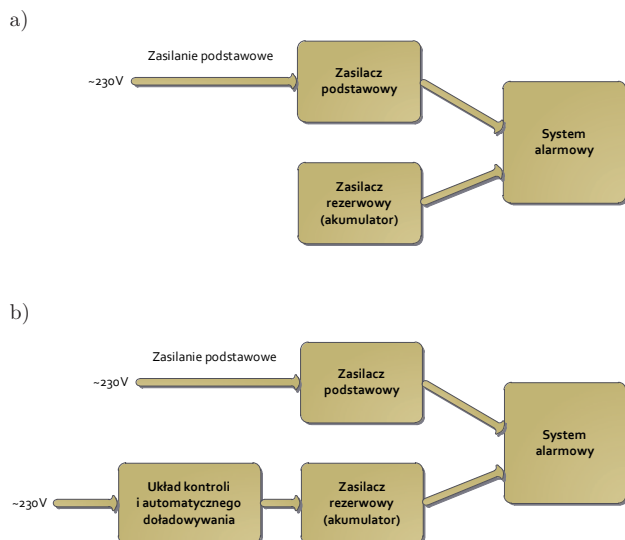
- typ A:** zasilacz podstawowy i zasilacz rezerwy, który jest kontrolowany i doładowywany przez ESB (np. zasilacz podstawowy – zasilanie z sieci prądem przemiennym o napięciu ~230 V, zasilacz rezerwy – akumulator doładowywany przez SSWiN),
- typ B:** zasilacz podstawowy i zasilacz rezerwy, który nie jest doładowywany przez ESB (np. zasilacz podstawowy – zasilanie z sieci prądem przemiennym o napięciu ~230 V, zasilacz rezerwy – akumulator, który nie jest doładowywany),
- typ C:** zasilacz podstawowy o skończonej pojemności (np. akumulator).

W układzie zasilania typu A (rys. 1) stosowany jest zasilacz podstawowy, który zasilą ESB lub jego część w normalnych warunkach pracy. System alarmowy kontroluje stan akumulatora i w razie potrzeby, automatycznie go doładowuje. W przypadku doładowywania źródła rezerwowego (akumu-



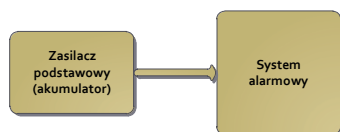
Rys. 1. Przykład układu zasilania typu A systemu alarmowego (układ uproszczony)

Fig. 1. An example of power supply units of type A for an alarm system (simplified arrangement)



Rys. 2. Przykład układu zasilania typu B systemu alarmowego (układy uproszczone): a) przy braku doładowywania zasilacza rezerwowego (akumulatora), b) z kontrolą i automatycznym doładowywaniem zasilacza rezerwowego (akumulatora)

Fig. 2. An example of a power supply unit of type B for an alarm system (simplified arrangement): a) no charging of the reserve supply unit, b) control and automatic charging of the reserve supply unit



Rys. 3. Przykład układu zasilania typu C systemu alarmowego (układ uproszczony)

Fig. 3. An example of a power supply unit of type C for an alarm system (simplified arrangement)

latora) prąd płynie z systemu alarmowego do akumulatora (jako źródła rezerwowego). W przypadku zaniku zasilania podstawowego (~230 V) następuje automatyczne przełączenie na zasilanie rezerwowe (akumulator) i prąd płynie z akumulatora do systemu alarmowego.

W układzie zasilania typu B (rys. 2) stosowany jest zasilacz podstawowy, zasilający ESB lub jego część w normalnych warunkach pracy (system może być rozproszony lub mieszany). W przypadku zaniku zasilania podstawowego (~230 V), następuje automatyczne przełączenie na zasilanie rezerwowe i prąd płynie z akumulatora do systemu alarmowego (rys. 2a). Akumulator nie jest doładowywany przez system alarmowy. Możliwa jest taka konfiguracja ESB (rys. 2b), w której stosuje się układ kontroli i automatycznego doładowywania akumulatora, jednak nie jest on elementem składowym ESB.

W układzie zasilania typu C (rys. 3) stosowany jest zasilacz podstawowy o skończonej pojemności (akumulator), który zasilą ESB. Takie rozwiązanie wymaga od projektanta zastosowania odpowiednio dużych pojemności akumulatorów

(wynikających z bilansu energetycznego), ponieważ w przypadku zmniejszenia napięcia poniżej wymaganego, system alarmowy przestaje funkcjonować i spełniać zadania, do których go zaprojektowano.

3. Informacje o źródłach zasilania rezerwowego

Urządzenia zasilające ESB wymagają źródeł rezerwowych – akumulatorów o określonych pojemnościach wynikających z bilansu energetycznego. Według PN-EN 50131-1:2009 należy stosować akumulatory:

- zapewniające 12 h pracy w przypadku klasy zabezpieczenia 1 i 2 dla zasilacza typu A,
- zapewniające 60 h pracy w przypadku klasy zabezpieczenia 3 i 4 dla zasilacza typu A,
- zapewniające 24 h pracy w przypadku klasy zabezpieczenia 1 i 2 dla zasilacza typu B,
- zapewniające 120 h pracy w przypadku klasy zabezpieczenia 3 i 4 dla zasilacza typu B,
- zapewniające 720 h pracy w przypadku klasy zabezpieczenia 1, 2, 3 i 4 dla zasilacza typu C.

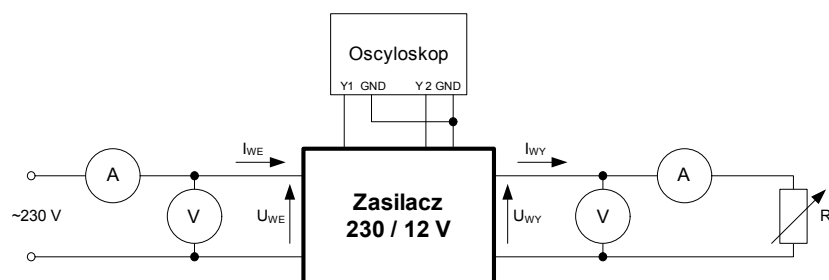
Przedstawione czasy mogą ulec skróceniu, jeśli nastąpi spełnienie jednego z określonych warunków. I tak, jeśli SSWiN:

- jest klasy zabezpieczenia 3 lub 4 i jest przekazywana informacja o stanie zasilacza do alarmowego centrum odbiorczego (system bezpieczeństwa jest monitorowany), to czas ulega skróceniu do 50 % wartości początkowej.
- jest klasy zabezpieczenia 2 lub 3 lub 4 i zastosowano dodatkowy zasilacz podstawowy z automatycznym układem przełączania zasilacza podstawowego na dodatkowy zasilacz podstawowy (np. agregat prądotwórczy lub zasilanie linią energetyczną z oddzielnej stacji transformatorowej), to czas ulega skróceniu do 4 h.

Gdy stan zasilania sieciowego powróci do normalnej wartości, źródło rezerwowe, jakim jest akumulator powinien doładowywać się w ciągu 72 h dla klas 1 i 2, i w ciągu 24 h dla klas 3 i 4.

4. Prosty układ do pomiarów podstawowych charakterystyk układów zasilających ESB

Przedstawiony na rys. 4 układ pomiarowy umożliwia pomiar podstawowych charakterystyk z pominięciem źródła rezerwowego:



Rys. 4. Układ do pomiarów podstawowych charakterystyk układów zasilających stosowanych do zasilania elektronicznych systemów bezpieczeństwa

Fig. 4. An apparatus for measuring basic characteristics of power supply units for electronic safety systems

- a. $U_{WY} = f(U_{WE})$ przy obciążeniu $R_0 = \text{const}$,
- b. $U_{WY} = f(U_{WE})$ przy obciążeniu $R_0 \text{ min} < R_0 < R_0 \text{ max}$,
- c. $U_{WY} = f(R_0)$ przy $U_{WE} = \text{const}$,
- d. $U_{TET} = f(I_{WY})$ przy $U_{WE} = \text{const}$ (poziom tętnień oscyloskopowy),
- e. sprawność zasilacza: $\eta = \frac{P_{wy}}{P_{we}} \times 100 \%$, gdzie: $P_{WY} = U_{WY} \times I_{WY}$, $P_{WE} = U_{WE} \times I_{WE}$,
- f. $U_{WY} = f(U_{WE}, I_{WY}, T)$, gdzie T – temperatura,
- g. określenie współczynnika stabilizacji,
- h. badanie ograniczenia prądowego układów zasilających.

Pomiar wymienionych charakterystyk umożliwia określenie wskaźników eksploatacyjno-niezawodnościowych tak ważnych dla prawidłowej pracy całego ESB. Do najważniejszych wskaźników dla elektronicznych układów bezpieczeństwa, włączając również układy zasilające, zalicza się wskaźnik gotowości K_G , którego wartość powinna być bliska 1.

5. Przykładowe rozwiązania układów zasilających ESB

Poniżej przedstawiono przykładowe rozwiązania krajowego producenta zasilaczy do ESB, twórcy ponad 150 typów rozwiązań. Na bazie wszystkich rozwiązań, wybrano trzy typy zasilaczy do ESB, szczególnie nadających się do prac badawczych. Zasilacze poddano testom eksploatacyjnym i badaniom niezawodnościowo-eksploatacyjnym w Zespole Laboratoriów Bezpieczeństwa w Wyższej Szkole Menedżerskiej na Wydziale Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa, zbierano również dane z obiektów rzeczywistych, w których eksploatowane są ESB. Wyniki potwierdziły przydatność tych urządzeń do zasilania ESB. Badano wpływ zakłóceń radioelektrycznych pochodzących od trakcji oraz innych urządzeń emitujących zakłócenia w procesach eksploatacyjnych. Na rys. 5 przedstawiono prosty zasilacz impulsowy z przetwornikiem AC/DC wyposażonym w filtr sieciowy wejściowy (EMI) do eliminacji zakłóceń wejściowych.

Zasilacz buforowy przeznaczony jest do „nieprzerwanego” zasilania ESB, które wymagają stabilizowanego napięcia $U = 12 \text{ V} (\pm 15\%)$. Badania laboratoryjne wykazały, że zasilacz dostarcza napięcie w zakresie od 13,4 V do 13,8V, a do pracy z buforowym źródłem zasilania (akumulator żelowy) od 10,8 V do 13,8 V, o wydajności prądowej $I = 7 \text{ A}$.

W przypadku zaniku napięcia zasadniczego (sieciowego), następuje natychmiastowe przełączenie na zasilanie rezerwowe (akumulatorowe). Konstrukcja zasilacza bazuje na module

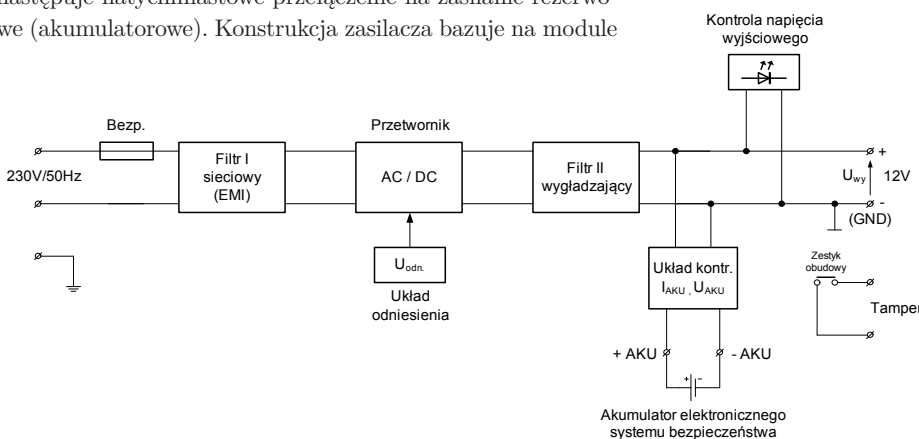
zasilacza impulsowego o wysokiej sprawności energetycznej $\eta = 94 \%$ z korektą współczynnika mocy (PFC). Zasilacz został wyposażony w zabezpieczenia przeciwzwarceniowe, przeciążeniowe, termiczne, nadnapięciowe. Układ zasilacza (choć prostego) umożliwia kontrolę automatycznego procesu ładowania i konserwacji źródła rezerwowego, wyposażony został w ochronę źródła rezerwowego przed nadmiernym rozładowaniem oraz odwrotną polaryzację podłączenia. Zasilacz tego typu został wyposażony w optyczną sygnalizację pracy (diody LED) informującą o aktualnym stanie pracy (kontrola napięcia wyjściowego). Wszystkie elektroniczne systemy bezpieczeństwa, w tym zasilacze muszą być wyposażone w układ antysabotażowy (Tamper).

Ciekawym rozwiązaniem jest zasilacz analogowy z nadzorem mikroprocesorowym (rys. 6). Jest to urządzenie stabilizowane transformatorowo, o galwanicznej izolacji sieci zasilającej (m.in. względy bezpieczeństwa). Jego konstrukcja umożliwia uzyskanie bardzo wysokiego współczynnika stabilizacji (1).

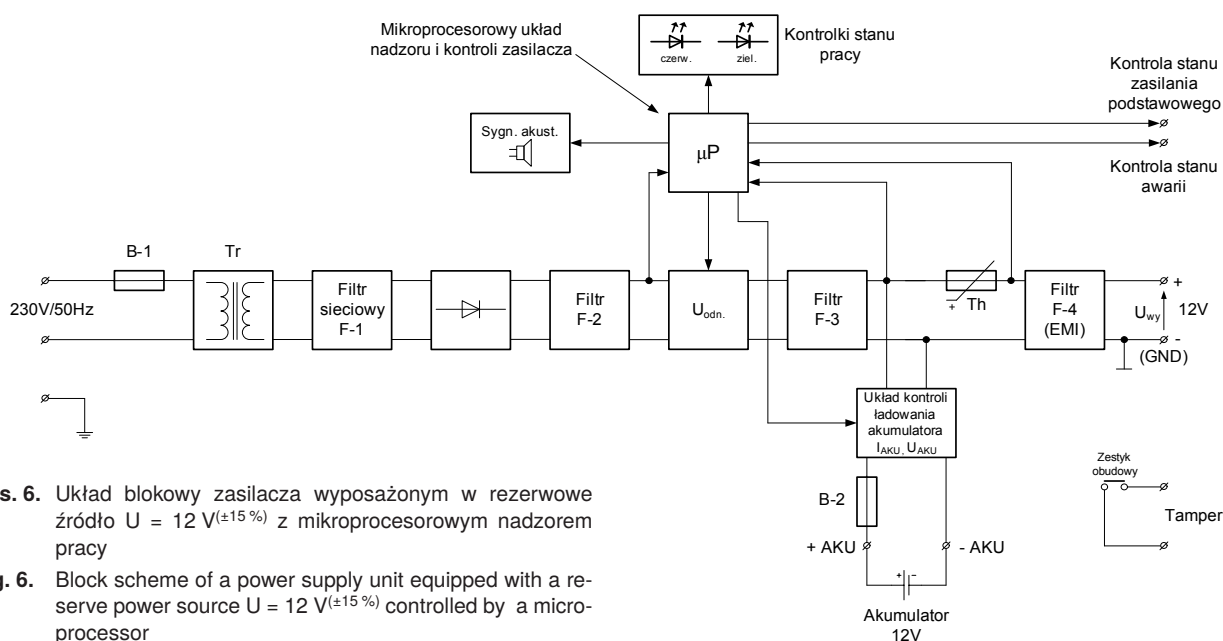
$$S = \frac{\Delta U_{we}}{\Delta U_{wy}} = 120 \tag{1}$$

Napięcie sieci $U_{zasil.} = \sim 230 \text{ V}$ (zmieniane zgodnie z obowiązującymi przepisami wynikającymi z rozporządzenia Min. Gospodarki: Dz.U. Nr 80 poz. 911 od: $\sim 207 \text{ V}$ do $\sim 241,5 \text{ V}$ a docelowo do $\sim 253 \text{ V}$), obniżane jest za pomocą transformatora, następnie starannie eliminowane są zakłócenia radioelektryczne filtrem sieciowym F-1 (EMI). Następnie napięcie wyjściowe po odpowiedniej obróbce jest prostowane przez układ prostownikowy i odfiltrowane filtrem dolnoprzepustowym (F-2). Kolejny etap to stabilizacja napięcia. Napięcie wyjściowe (DC) korygowane jest w zależności od trybu pracy zasilacza, a więc dotyczy fazy ładowania akumulatora i jego konserwacji. Jest również filtrowane i wygładzane filtrem F-3. Termiczna kontrola zasilacza jest realizowana za pomocą elementu realizującego funkcję $R_{TH} = f(T)$ (termistor Th). Informacja o niebezpiecznych fluktuacjach temperaturowych jest wczytywana do mikroprocesora, a ten (po analizie) reguluje pracę zasilacza. Ze względu na możliwość pojawienia się zakłóceń radioelektrycznych, układ zasilacza został wyposażony w kolejny filtr F-4 (EMI). Nad poprawną pracą zasilacza czuwa układ mikroprocesorowy (μP), który informuje i kontroluje stan zasilania podstawowego, jak również kontroluje stan awarii.

Zasilacz buforowy (rys. 6) jest przeznaczony do nieprzerwanego zasilania elektronicznych urządzeń bezpieczeństwa, wymagających stabilizowanego napięcia $U = 12 \text{ V} (\pm 15\%)$. Badany zasilacz dostarcza napięcia U_{WY} od 11 V do 13,8VDC o maksymalnej wydajności prądowej $I_{MAX} = 1,5 \text{ A}$. Układ zasilacza umożliwia kontrolę automatycznego procesu ładowania i konserwacji źródła rezerwowego, wyposażony został w ochronę źródła rezerwowego przed nadmiernym rozładowaniem oraz odwrotną polaryza-



Rys. 5. Układ blokowy prostego zasilacza impulsowego wyposażonym w rezerwowe źródło zasilania
Fig. 5. Block scheme of a simple impulse power supply unit equipped with a reserve power source



Rys. 6. Układ blokowy zasilacza wyposażonym w rezerwowe źródło $U = 12\text{ V}(\pm 15\%)$ z mikroprocesorowym nadzorem pracy

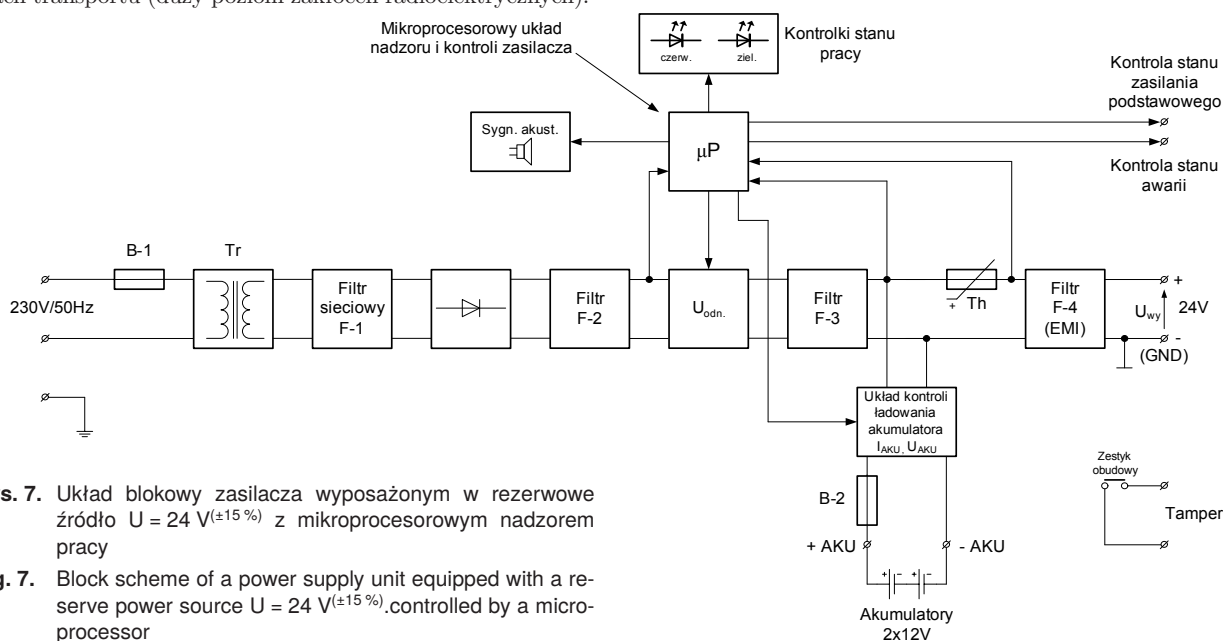
Fig. 6. Block scheme of a power supply unit equipped with a reserve power source $U = 12\text{ V}(\pm 15\%)$ controlled by a microprocessor

cję podłączenia. W przypadku zaniku zasilania głównego (zasadniczego), następuje bezprzerwowe przełączenie układu na zasilanie rezerwowe (akumulator żelowy). Podczas pracy zasilacza na rezerwowym źródle (akumulatorze), system kontroluje napięcie akumulatora ($U = 12\text{ V}$), jeśli chodzi o wartość minimalną, tzn. gdy napięcie akumulatora osiągnie 10 V (krytyczna wartość akumulatora). Taka konfiguracja chroni akumulator przed trwałym uszkodzeniem. W przypadku powrotu głównego napięcia zasilania ($\sim 230\text{ V}$), zasilacz wraca do pracy bezawaryjnej z opcją doładowania akumulatora i jego konserwacji. Zasilacz dodatkowo wyposażono w opcję sygnalizacji optycznej – diody LED, które sygnalizują stan awarii, jak również stan zasilania (AC/DC). Dodatkowo stan awarii jest sygnalizowany w sposób akustyczny.

Wszystkie ESB, również i zasilacze tego typu, muszą być wyposażone w układ antysabotażowy (Tamper) i w wyjście techniczne. Ze względu na bezpieczeństwo oraz dużą niezawodność idealnie nadają się do zasilania ESB, np. w systemach transportu (duży poziom zakłóceń radioelektrycznych).

Do ESB stosowanych w stacjonarnych lub ruchomych środkach transportowych zaliczane są systemy ppoż. oraz elementy wykonawcze (niektóre) kontroli dostępu. Tego typu elektroniczne systemy bezpieczeństwa zasilane są napięciem stałym $U = 24\text{ V}$. Układ zasilacza (rys. 7) o napięciu wyjściowym $U_{WY} = 24\text{ V}(\pm 15\%)$ jest stosowany w systemach ppoż., CCTV i KD. Zasada działania zasilacza jest identyczna jak przedstawionego wcześniej (rys. 6). Ważny jest wpływ wszystkich czterech filtrów na bezawaryjną pracę zasilacza oraz elektronicznych urządzeń bezpieczeństwa do transportu. Dlatego badania wykonywano m.in. w okolicach dworców z trakcją elektryczną.

Zastosowany w zasilaczu liniowy układ stabilizacyjny dostarcza napięcie o mniejszym poziomie szumów i znacznie krótszym czasie odpowiedzi na zakłócenia niż w przypadku stosowania układu impulsowego, o wartościach U_{WY} z zakresu od 22 V do $27,6\text{ V}$, a dla pracy akumulatorowej $U_{WY(BAT)}$ z zakresu od 20 V do $27,6\text{ V}$ i o maksymalnej wydajności prą-



Rys. 7. Układ blokowy zasilacza wyposażonym w rezerwowe źródło $U = 24\text{ V}(\pm 15\%)$ z mikroprocesorowym nadzorem pracy

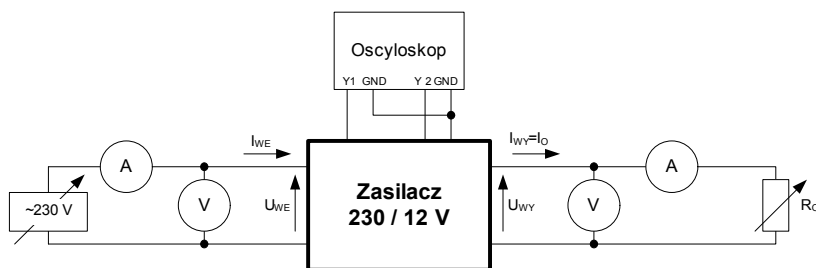
Fig. 7. Block scheme of a power supply unit equipped with a reserve power source $U = 24\text{ V}(\pm 15\%)$ controlled by a microprocessor

dowej $I_{MAX} = 2$ A. W przypadku zaniku zasilania głównego (zasadniczego) następuje bezprzerwowe przełączenie układu na zasilanie rezerwowe (akumulator żelowy). Zasilacz został wyposażony w systemy bezpieczeństwa: przeciwzwarciowe, przeciążeniowe, termiczne, nadnapięciowe. Zasilacz (rys. 7) kontroluje automatycznie procesy ładowania i konserwacji akumulatorów (2×12 V). Jest również wyposażony w dynamiczny test źródła rezerwowego oraz ochronę przed jego nadmiernym rozładowaniem (poniżej 10 V/jednostkę). Zasilacz (podobnie jak i jego poprzednik) został wyposażony w optyczną i akustyczną sygnalizację, która informuje o jego pracy (zasilanie i awarie). Zasilacz ma wyjścia techniczne do zdalnej kontroli pracy. Zasada jego pracy jest identyczna jak zasilacza z rys. 6. Jest również wyposażony w system ochrony antysabotażowej (Tamper), służy do zasilania transportowych ESB ze względu na jego zasilanie ~ 230 V (obiekty stacjonarne). ESB dla potrzeb transportowych stacjonarnych są szczególnie narażone na zakłócenia radioelektryczne od trakcji elektrycznej. W trakcie badań uwzględniono dopuszczalną fluktuację napięcia wejściowego, które zgodnie z przepisami może zmieniać się w zakresie: od ~ 207 V do $\sim 241,5$ V. Badania wykonywano też w warunkach laboratoryjnych, zmieniając napięcie wejściowe od $\sim 146,3$ V do $\sim 292,6$ V. Urządzenia transportowe ruchome, np. wagony pasażerskie wyposażone w system ppoż. mają nieco inną konstrukcję ze względu na brak napięcia przemiennego ~ 230 V. Wymagana jest wtedy przetwornica DC/DC. Napięcie pokładowe w wagonach to ~ 24 V, a w jednostkach trakcyjnych wynosi $U_{WE} = 110$ V (od 70 V do 140 V). Konieczne są układy zasilające dostosowane do podanych napięć. W wagonach pasażerskich są już stosowane systemy ppoż. o zasilaniu ~ 24 V.

6. Wyniki badań technicznych i eksploatacyjno-niezawodnościowych układu zasilającego ESB

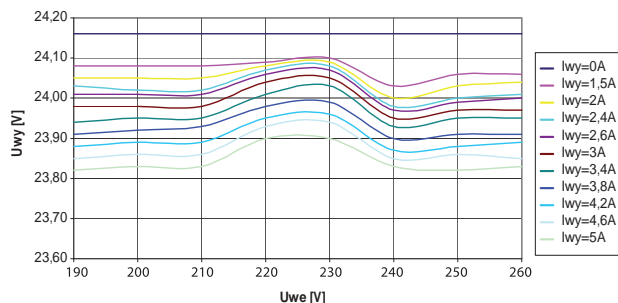
Badania techniczne wybranego zasilacza współpracującego z elektronicznym układem bezpieczeństwa przeprowadzono w układzie laboratoryjnym (rys. 8). Badany układ to zasilacz zewnętrzny o znamionowym napięciu wejściowym $U_{WE} = \sim 230$ V i stabilizowanym napięciu $U_{WY} = 12$ V oraz $U_{WY} = 24$ V, oraz o maksymalnym prądzie obciążenia $I_{WY} = I_0 = 5$ A. Badania przeprowadzono stosując obciążenie $R_0 = \text{const}$, jak również przy zmiennym prądzie wyjściowym I_0 (zmiennie obciążenie).

Uwaga! może być również stosowany do zasilaczy 230 V/24 V.

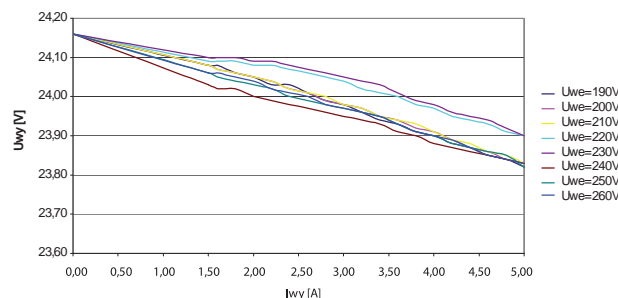


Rys. 8. Układ do badania podstawowych charakterystyk układu zasilającego elektroniczny system bezpieczeństwa (~ 230 V/12 V)

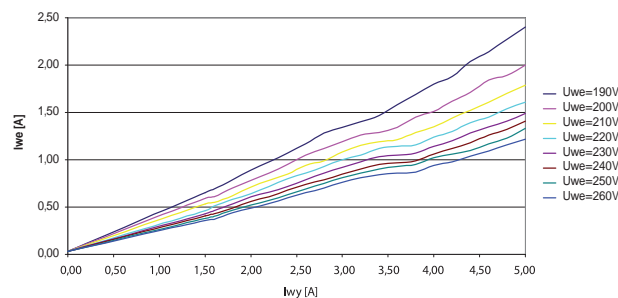
Fig. 8. An apparatus for measuring basic characteristics of power supply units for electronic safety systems (~ 230 V/12 V)



Rys. 9. Charakterystyki: $U_{WY} = f(U_{WE})$ dla $I_{WY} = I_0 = \text{const}$
Fig. 9. Characteristics: $U_{OUT} = f(U_{IN})$ for $I_{OUT} = I_0 = \text{constant}$



Rys. 10. Charakterystyki: $U_{WY} = f(I_{WY})$ dla $U_{WE} = \text{const}$
Fig. 10. Characteristics: $U_{OUT} = f(I_{OUT})$ for $U_{IN} = \text{constant}$

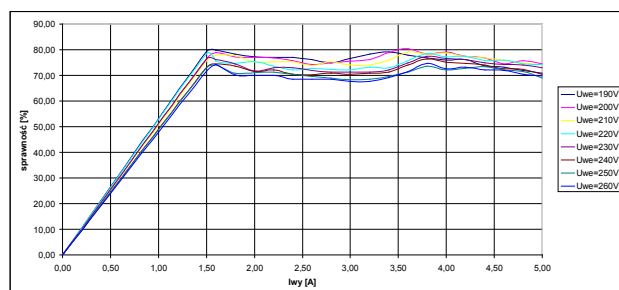


Rys. 11. Charakterystyki: $I_{WE} = f(I_{WY})$ dla $U_{WE} = \text{const}$
Fig. 11. Characteristics: $I_{IN} = f(I_{OUT})$ for $U_{IN} = \text{constant}$

Układ do badania podstawowych charakterystyk zasilaczy dla ESB umożliwia pomiar wielu różnych charakterystyk, np.:

- charakterystyki $U_{WY} = f(U_{WE})$ dla $I_{WY} = I_0 = \text{const}$ (rys. 9), pomiary wykonano dla 11 wartości prądów obciążenia $I_{WY} = I_0$, napięcie wyjściowe dla $U_{WE} = 230$ V waha się w granicach $23,9 \text{ V} \leq U_{WY} \leq 24,1 \text{ V}$;
- charakterystyki $U_{WY} = f(I_{WY})$ dla $U_{WE} = \text{const}$ (rys. 10), dla 8 wartości $U_{WE} = \text{const}$;
- charakterystyki $I_{WE} = f(I_{WY})$ gdy $U_{WE} = \text{const}$ (rys. 11), dla 8 wartości $U_{WE} = \text{const}$;
- charakterystyki sprawności $\eta = f(I_{WY})$ dla $U_{WE} = \text{const}$ (rys. 12), dla 8 wartości $U_{WE} = \text{const}$; badany układ zasilacza to układ transformatorowy, jego sprawność można uznać za dobrą i wahać się w przedziale: $72\% \leq \eta \leq 84\%$.

Niezmiernie ważnym wskaźnikiem jakości zasilacza jest współczynnik stabilizacji S (2). Dla badanego zasilacza o charakte-



Rys. 12. Charakterystyki: sprawność $\eta = f(I_{WY})$ dla $U_{WE} = \text{const}$

Fig. 12. Characteristics: efficiency $\eta = f(I_{OUT})$ for $U_{IN} = \text{constant}$

rystyce przedstawionej na rys. 9 można odczytać, że: $\Delta U_{WE} = 34,5 \text{ V}$ ($U_{WE \min} = 207 \text{ V}$, $U_{WE \max} = 241,5 \text{ V}$, a docelowo $U_{WY \max} = 253 \text{ V}$) oraz odpowiadający przyrost napięcia wyjściowego $\Delta U_{WY} = 0,18 \text{ V}$.

$$S = \frac{\Delta U_{we}}{\Delta U_{wy}} = 191 \quad (2)$$

Wykonano również pomiary tętnień w zakresie obciążenia $0 \text{ A} \leq I_{WY} \leq 5 \text{ A}$ przy $U_{WE} = 230 \text{ V}$ i $0,2 \text{ mV} \leq U_T \leq 4 \text{ mV}$. Wynik można uznać jako bardzo dobry.

Sprawność η dla zasilaczy impulsowych z nadzorem mikroprocesorowym starannie zaprojektowanych znacznie wzrasta i może zawierać się w granicach: $84 \% \leq \eta \leq 94 \%$. Badano również wskaźnik gotowości K_G zasilacza.

6.1. Struktura niezawodnościowa systemu zasilającego ESB

Prezentowany sposób budowania struktury niezawodnościowej, a także modelowania niezawodności systemu zasilającego, wymaga wprowadzenia założeń upraszczających. Przyjęcie konkretnego modelu niezawodnościowego powinno być zweryfikowane badaniami eksploatacyjnymi, których wyniki pozwolą uaktualnić strukturę niezawodnościową (zwiększyć lub zmniejszyć stopień agregacji układów systemu), jak też określić zbiór stanów niezawodnościowych systemu oraz rozkładów przejść między nimi.

Przy ocenie przydatności proponowanych modeli należy wziąć pod uwagę możliwość opisanego funkcjonowania systemu z wykorzystaniem procesów losowych.

Proponowane modele mogą być przydatne do oceny niezawodności nie tylko systemu zasilającego, ale również innych systemów realizujących podobne funkcje, jak system zasilający ESB, ale zbudowanych w innych konfiguracjach.

Jeżeli pewien zbiór urządzeń (obiektów) ma wykonać jakieś zadanie, a niezawodność można rozpatrywać dla całego zbioru lub, jeżeli w danym obiekcie można wyróżnić części, których niezawodność rozpatrywana oddzielnie ma wpływ na niezawodność obiektu, mówi się wówczas o systemie i jego elementach.

W pierwszym przypadku system tworzy zbiór urządzeń (obiektów), a jego elementami są poszczególne urządzenia (obiekty), w drugim przypadku systemem jest sam obiekt (urządzenie) a elementami są wyróżnione części.

Jeżeli niezawodność elementów wyznacza jednoznacznie niezawodność systemu, mówi się, że określona jest struktura niezawodnościowa systemu. Strukturę tę trzeba odróżnić

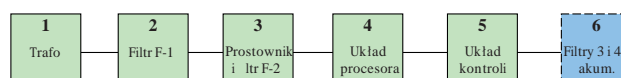
od innych struktur systemu, np. od struktury funkcjonalnej, która określa sposób współdziałania elementów (układów) – na ogół są to inne elementy niż elementy tego systemu rozpatrywanego pod kątem niezawodności – przy wykonywaniu zadań nałożonych na system.

Modelem matematycznym systemu jest para uporządkowana (N, φ) , którą można nazwać systemem, gdzie N – zbiór liczb naturalnych przyporządkowanych poszczególnym wyróżnionym elementom systemu, φ – funkcja określająca stan systemu w zależności od stanu jego elementów.

Funkcja φ nazywa się strukturą systemu. Znajomość struktury niezawodnościowej systemu jest niezbędna m.in. do wyznaczenia jego niezawodności. Strukturę niezawodnościową systemu można przedstawić w postaci tablicy, schematu blokowego (najczęściej stosowany) lub analitycznej.

Uwzględniając schemat blokowy zasilacza zawierający wszystkie podstawowe bloki funkcjonalne i ich wzajemne powiązania, można przedstawić strukturę niezawodnościową systemu zasilającego.

Jeśli uwzględnimy układy pomocnicze, to w układzie zasilacza jest 6 bloków (tak więc obliczenia należy wykonać dla $n = 6$): trafo (1), filtr F-1 (2), układ prostowniczy i filtr F-2 (3), układ kontroli mikroprocesorowej (4), układ kontroli ładowania akumulatora rezerwowego (5), filtry F-3 i F-4 oraz akumulator jako źródło rezerwowe. Otrzymana struktura jest strukturą szeregową z punktu widzenia niezawodności (rys. 13).



Rys. 13. Struktura niezawodnościowa zasilacza zasilającego elektroniczny system bezpieczeństwa

Fig. 13. Reliability structure of power supply units for electronic safety systems

6.2. Model niezawodnościowy systemu zasilacza zasilającego ESB

Zmiany w czasie systemu nie zawsze mogą być opisane zmianami stanów jego elementów składowych. Prowadzi to do próby określenia stanu systemu w czasie za pomocą pewnego wielowymiarowego procesu. Ponieważ na system działają prawie zawsze czynniki losowe, więc proces ten będzie procesem stochastycznym. Zakłada się, że proces opisujący zachowanie systemu pozwala, aby w każdej chwili, znając stan procesu, można było określić, czy system jest sprawny.

Opisany w ten sposób proces oznaczmy przez $\epsilon(t)$, a zbiór jego stanów przez E . Zbiór E rozkłada się na dwa rozłączne podzbiory $E = E_+ \cup E_-$.

Jeżeli $t \in E_+$ to system w chwili t jest sprawny, a jeżeli $t \in E_-$ to jest on w chwili t niesprawny.

Przejście procesu ze zbioru E_+ do zbioru E_- jest uszkodzeniem systemu, a przejście z E_- do E_+ jest odnową systemu. W artykule podjęto próbę opracowania modelu niezawodnościowego systemu zasilacza wykorzystując teorię procesów semi-Markowa. Podstawowymi założeniami przy konstrukcji tego modelu są:

1. System zasilający jest systemem naprawialnym o szeregowej strukturze niezawodnościowej.

- Uszkodzenie dowolnego elementu powoduje przejście systemu do stanu niezdatności, a uszkodzony element (blok funkcjonalny) poddawany jest naprawie lub wymianie.
- Czas poprawnej pracy każdego z elementów tworzących strukturę systemu jest nieujemną zmienną losową T_k opisaną rozkładem wykładniczym z parametrem λ_k ($k=1, \dots, 6$)

$$F_k(t) = P\{T_k < t\} = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda_k t} & \text{dla } t > 0 \\ 0 & \text{dla } t \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Przyjęcie tego założenia jest podyktowane faktem, że elementy i układy systemu zasilającego są urządzeniami elektronicznymi.

- Czas naprawy lub wymiany uszkodzonego k-tego elementu (bloku) jest nieujemną zmienną losową θ_k o dystrybucji:

$$G_k(t) = P\{\theta < t\} \quad (4)$$

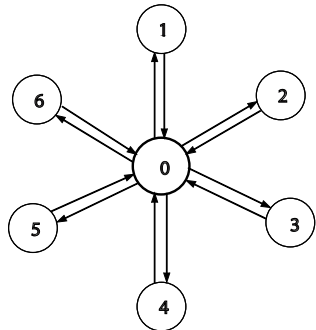
oraz dodatniej wartości oczekiwanej, skończonej wariancji i dowolnym rozkładzie skoncentrowanym w nieujemnej przestrzeni liczb rzeczywistych.

- Zmienne losowe T_1, T_2, \dots, T_6 oraz $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_6$ są wzajemnie niezależne.

- Przyjmuje się następujące stany niezawodnościowe:

0 – stan zdatności systemu zasilającego,
 k – stan naprawy (wymiany) k-tego elementu
 $k = 1, 2, \dots, 6$.

Możliwe zmiany stanów obrazuje graf z rys. 14.



Rys. 14. Graf zmiany stanów niezawodnościowych systemu zasilającego

Fig. 14. Graph showing reliability states of power supply units

Niech $0 = \tau_0 < \tau_1 < \dots < \tau_n \dots$ oznaczają chwile, w których następuje zmiana stanów systemu. Czasy te są chwilami uszkodzeń systemu lub momentami, w których rozpoczyna się użytkowanie zdatnego systemu. Ponieważ zmienne losowe T_k ($k = 1, 2, \dots, 6$) mają rozkład wykładniczy, więc w związku z tzw. „brakiem pamięci” rozkładu wykładniczego, chwila zakończenia wymiany lub naprawy jest jednocześnie chwilą odnowy systemu.

Niech $\{X(t) : t \geq 0\}$ będzie procesem stochastycznym o zbiorze stanów $S = \{0, 1, \dots, 6\}$. Stan systemu w chwili τ_{n+1} oraz czas trwania stanu osiągniętego w chwili τ_n nie zależy od stanów przyjętych w chwilach $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_{n-1}$ oraz czasów ich trwania. Zatem proces $\{x(t) : t \geq 0\}$ jest procesem semi-Markowa. Jak wynika z grafu zmiany stanów niezawodnościowych systemu zasilającego, jądro ma postać (5):

$$Q(t) = \begin{bmatrix} 0 & Q_{01}(t) & \dots & Q_{06}(t) \\ Q_{10}(t) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{60}(t) & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Należy określić elementy $Q_{0k}(t)$, $k=1, 2, \dots, 6$.

Zmiana stanu z 0 na k w czasie mniejszym niż t następuje tylko wtedy, gdy zachodzi zdarzenie:

$$\{T_k < t, T_1 > T_k, \dots, T_{k-1} > T_k, T_{k+1} > T_k, \dots, T_n > T_k\}$$

gdzie $k = 1, 2, \dots, n$

Z tego wynika równość (6):

$$Q_{0k} = P\{X(\tau_{n+1}) = k, \tau_{n+1} - \tau_n < t / X(\tau_n) = 0\} = P\{T_k < t, T_1 > T_k, \dots, T_{k-1} > T_k, T_{k+1} > T_k, \dots, T_n > T_k\} \quad (6)$$

Wykorzystując niezależność zmiennych losowych i po zmianie całki n-krotnej po obszarze D na całkę iterowaną otrzymuje się (7).

$$Q_{0k}(t) = \lambda_k \int_0^t \exp\left\{-\sum_{i=1}^n \lambda_i X_k\right\} dx_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \left[1 - \exp\left\{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right\}\right] \quad (7)$$

przyjmując:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (8)$$

otrzymuje się ostateczną zależność:

$$Q_{0k}(t) = \frac{\lambda_k}{\Lambda} (1 - e^{-\Lambda t}) \quad (9)$$

gdzie: $k = 1, 2, \dots, n$.

Zmiana stanu z k na 0 w czasie mniejszym niż t ma miejsce wtedy i tylko wtedy, gdy zachodzi zdarzenie:

$$\{Q_k < t\}$$

Zatem:

$$Q_{k0} = P\{Q_k < t\} = G_k(t) \quad (10)$$

Jądro procesu SM, który stanowi model procesu zmian stanów niezawodnościowych systemu zasilającego, wyraża się macierzą (11):

$$Q(t) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\lambda_1}{\Lambda}(1 - e^{-\Lambda t}) & \dots & \frac{\lambda_6}{\Lambda}(1 - e^{-\Lambda t}) \\ G_1(t) & 0 & \dots & 0 \\ G_2(t) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_6(t) & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Dodatkowo zakłada się, że stanem początkowym procesu jest stan zdatności, tj. stan 0

$$P\{X(0) = 0\} = 1 \quad (12)$$

Tym więc sposobem model procesu zmian stanów niezawodnościowych został skonstruowany. Model ten pozwala na wyznaczenie różnych (wybranych) charakterystyk niezawodnościowych systemu zasilającego.

a) prawdopodobieństwo poprawnej pracy systemu zasilającego

Prawdopodobieństwa zmian stanów określone są przez prawdopodobieństwa przejścia włożonego łańcucha Markowa w proces $\{X(t); t \geq 0\}$. Dokonując przekształceń otrzymuje się macierz prawdopodobieństw przejścia włożonego łańcucha Markowa (13):

$$P = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\lambda_1}{\Lambda} & \frac{\lambda_2}{\Lambda} & \dots & \frac{\lambda_6}{\Lambda} \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Zmienna losowa T_0 o rozkładzie:

$$G_0(t) = P\{T_0 \leq t\} = P\{\tau_{n+1} - \tau_n \leq t / X(0) = 0\} \quad (14)$$

oznacza czas użytkowania zdatnego systemu. Rozkład zmiennej losowej T_0 jest związany z elementami macierzy $Q(t)$ zależnością:

$$G_0(t) = \sum_{k=0}^6 Q_{0k}(t) \quad (15)$$

Z zależności tej oraz wzoru otrzymuje się:

$$G_0(t) = 1 - e^{-\Lambda t} \quad t > 0 \quad (16)$$

Prawdopodobieństwo poprawnej pracy systemu wynosi:

$$R(t) = 1 - G_0(t) = e^{-\Lambda t} \quad t > 0 \quad (17)$$

b) wartość oczekiwana czasu zdatności systemu zasilającego

Ponieważ

$$\Lambda = \sum_{k=0}^n \lambda_k$$

zatem uwzględniając założenie 3, czas poprawnej pracy systemu zasilającego, przy tak przedstawionym modelu, ma również rozkład wykładniczy. Wartość oczekiwana zdatności wyraża się zależnością:

$$E(T_0) = \frac{1}{\Lambda} \quad (18)$$

c) stacjonarne prawdopodobieństwa przebywania systemu zasilającego w różnych stanach

Wykorzystując twierdzenie o rozkładzie granicznym można wyznaczyć stacjonarne prawdopodobieństwa P_j przebywania systemu zasilającego w wyróżnionych stanach niezawodnościowych:

$$P_j = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{X(t) = j\} \quad j \in S \quad (19)$$

Rozwiązując układ równań:

$$[\Pi_0, \Pi_1, \dots, \Pi_6] \times P = [\Pi_0, \Pi_1, \dots, \Pi_6] \quad (20)$$

$$\sum_{k=0}^6 \Pi_k = 1$$

otrzymuje się rozkład graniczny włożonego łańcucha Markowa

$$\Pi_0 = \frac{1}{2}, \quad \Pi_k = \frac{\lambda_k}{2\Lambda} \quad (21)$$

Ponieważ

$$\Lambda = \sum_{k=0}^n \lambda_k$$

zatem uwzględniając założenie 3, czas poprawnej pracy systemu zasilającego przy tak przedstawionym modelu, ma również rozkład wykładniczy, a wartość oczekiwana zdatności wyraża się zależnością (18).

Wykorzystując twierdzenie o rozkładzie granicznym można wyznaczyć stacjonarne prawdopodobieństwa P_j przebywania systemu w wyróżnionych stanach niezawodnościowych:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \lambda_1 E(\theta_1) + \dots + \lambda_6 E(\theta_6)} \quad (22)$$

$$P_k = \frac{\lambda_k E(\theta_k)}{1 + \lambda_1 E(\theta_1) + \dots + \lambda_6 E(\theta_6)} \quad k = 1, \dots, 6 \quad (23)$$

Prawdopodobieństwo P_0 wyrażone wzorem (22) oznacza współczynnik gotowości systemu zasilającego. Z kolei prawdopodobieństwo P_k dla ustalonego k oznacza graniczne prawdopodobieństwo naprawy k -tego elementu systemu.

Przedstawiony model niezawodnościowy ocenianego systemu zasilającego pozwala na wyznaczenie podstawowych wskaźników niezawodnościowych. W celu wyznaczenia ich wartości liczbowych konieczne są informacje o zachowaniu się systemu, jak też jego elementów w czasie rzeczywistej eksploatacji. Dotyczy to głównie rozkładów zmiennych losowych czasu zdatności, jak też czasu napraw. Założony wykładniczy rozkład czasu pracy poszczególnych elementów systemu zasilającego, został potwierdzony w praktyce jako rozkład trwałości większości urządzeń elektronicznych.

Gdyby to założenie nie potwierdziło się w badaniach praktycznych, model umożliwia obliczanie przedstawionych charakterystyk niezawodnościowych przy innym określeniu macierzy $Q(t)$, będącej jądrem procesu semi-Markowa.

Zaproponowane wskaźniki pozwalają wyznaczać ich wartości liczbowe, a badania mające na celu uzyskanie wartości tych wskaźników, są jednymi z podstawowych badań niezawodnościowych (rejestracja czasów poprawnej pracy i czasów napraw).

6.3. Wybór miar oceny niezawodności zasilaczy dla ESB

Wskaźniki niezawodności obiektów odnawialnych mogą być podzielone na następujące klasy

- wskaźniki niezawodnościowe opisujące stan obiektu: stan pracy i stan odnowy; do wskaźników niezawodności związanych ze stanem pracy zaliczamy dystrybucję czasu

poprawnej pracy obiektu, funkcje gęstości prawdopodobieństwa rozkładu czasu poprawnej pracy; do wskaźników niezawodnościowych związanych ze stanem odnowy można zaliczyć dystrybucję czasu pracy obiektu do wystąpienia n-tej odnowy;

- wskaźniki czasowe, określane dla stanów pracy i stanów odnowy, dotyczące alternatywnego strumienia odnowy;
- wskaźniki wyznaczające prawdopodobieństwo przebywania obiektu w stanie gotowości lub niezdatności, do tego typu wskaźników zaliczany jest współczynnik gotowości i współczynnik gotowości operacyjnej;
- wskaźniki charakteryzujące liczbę przejść obiektu do poszczególnych stanów, wskaźnikiem jest funkcja odnowy oraz gęstość odnowy.

Grupa wskaźników niezawodności jest liczna. Wskaźniki najczęściej stosowane zostały zebrane w normach. Oprócz zawartych w normie istnieją wskaźniki uwzględniające specyfikę różnych dziedzin techniki, np. wskaźniki stosowane w elektronice, elektrotechnice czy w elektronicznych systemach bezpieczeństwa.

Bardzo ważny jest trafny wybór odpowiedniego zbioru wskaźników do oceny niezawodności danego obiektu. Wymagana jest szczegółowa znajomość zagadnień związanych z pracą obiektu. Każda dziedzina stosuje wskaźniki najlepiej uwzględniające jej specyfikę.

Po przeprowadzeniu analizy wskaźników niezawodności wybrano te, które służą do oceny niezawodności opisywanego systemu zasilania ESB. Dysponując wielką liczbą danych o uszkodzeniach, stosowanymi wskaźnikami będą:

- średni czas poprawnej pracy między uszkodzeniami T_m ,
- średni czas naprawy T_n ,
- współczynnik gotowości K_G .

a) średni czas poprawnej pracy między uszkodzeniami systemu zasilającego T_m

Czas poprawnej pracy między dwoma kolejnymi uszkodzeniami obiektu to czas pracy obiektu naprawialnego, jaki upływa od końca naprawy do początku następnego uszkodzenia tego obiektu. Średni czas poprawnej pracy między uszkodzeniami jest wartością oczekiwaną czasu poprawnej pracy, a więc:

$$T_m = E[\tau'] \tag{24}$$

Można go również określić następującą zależnością:

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_i'}{k} \quad i=1, 2, \dots, k \tag{25}$$

gdzie: k – liczba uszkodzeń obiektu w rozpatrywanym okresie, τ_i' – czas poprawnej pracy obiektu między $i = 1$, a i-tym uszkodzeniem.

Posługiwanie się tą zależnością wymaga określenia chwil uszkodzeń wszystkich badanych obiektów. Jeśli badaniom poddaje się nie jeden, a n obiektów jednocześnie, wówczas:

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \Delta\tau_{ij}'}{k_n} \tag{26}$$

gdzie:

$$k_n = \sum_{j=1}^n k_j \tag{27}$$

$\Delta\tau_{ij}'$ – czas pracy j-tego obiektu między $i = 1$, a i-tym uszkodzeniem, k_j – liczba uszkodzeń j-tego obiektu, $i = 1, 2, \dots$, $k; j = 1, 2, \dots, n$.

b) średni czas naprawy systemu zasilającego T_n

Czas naprawy obiektu to okres, który upływa od początku uszkodzenia do chwili zakończenia naprawy i przywrócenia stanu zdadności. Średni czas naprawy, który jest wartością oczekiwaną czasu naprawy uszkodzonego obiektu wyraża się wzorem:

$$T_n = E[\tau''] \tag{28}$$

Czas ten można również określić zależnością (29):

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_i''}{k} \tag{29}$$

gdzie: k – liczba uszkodzeń obiektu w rozpatrywanym okresie, τ_i'' – okres naprawy między $i = 1$, a i-tym uszkodzeniem.

c) współczynnik gotowości systemu zasilającego K_G

Współczynnik gotowości jest stosunkiem wartości oczekiwanej czasu pracy do sumy wartości oczekiwanej czasu poprawnej pracy i czasu naprawy (30):

$$K_G = \frac{E[\tau']}{E[\tau'] + E[\tau'']} \tag{30}$$

Współczynnik gotowości jest to prawdopodobieństwo tego, że w określonej chwili t obiekt będzie się znajdował w stanie gotowości. Współczynnik gotowości jest więc stosunkiem całkowitego czasu poprawnej pracy i czasu naprawy, wziętych w tym samym okresie eksploatacji. Można go wyrazić następująca zależnością:

$$K_G = \frac{T_m}{T_m + T_n} \tag{31}$$

gdzie: K_G – wskaźnik gotowości, który jest stosunkiem wartości oczekiwanej czasu pracy układu zasilającego T_m do sumy wartości oczekiwanej: czasu poprawnej pracy układu zasilającego T_m i czasu naprawy układu zasilającego T_n (także jego wymiany). Współczynnik gotowości K_G to prawdopodobieństwo tego, że w określonej chwili t obiekt będzie w stanie gotowości. Wskaźnik gotowości K_G przedstawia równanie (31).

Na podstawie uzyskanych liczbowych wartości wskaźników niezawodności, dla poszczególnych elementów (bloków), dokonana zostanie ocena niezawodności systemu zasilającego ESB jako całego systemu oraz ocena prawidłowości jego funkcjonowania.

W trakcie badań niezawodnościowo-eksploatacyjnych trwających 12 miesięcy (8760 h), przyjmując czas naprawy pojedynczego uszkodzenia $T_n = 0,5$ h, określono wskaźnik gotowości $K_G = 0,9994$ (zgodnie z 31). Należy wyraźnie pod-

kreślić, że badane zasilacze były wykonane bardzo starannie przez renomowaną polską firmę specjalizującą się w budowie tego typu urządzeń. Nie wygląda to tak dobrze z tanimi zasilaczami sprowadzanymi z Chin i Dalekiego Wschodu – tutaj wskaźnik K_G waha się w granicach 0,4–0,5. Autor, który takie badania przeprowadził, przestrzega przed tego typu urządzeniami, gdyż stanowią bardzo poważne zagrożenie dla poprawnej pracy ESB.

7. Zakończenie

Problematyka zasilania ESB to poważne wyzwanie zważywszy warunki pracy tych urządzeń – warunki klimatyczne, środowiskowe, zakłócenia elektromagnetyczne oraz ich wpływ na urządzenia nadzorujące bezpieczeństwo obiektu. Zawarto ogólne informacje dotyczące budowy i zasad działania zasilaczy ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb w elektronicznych systemach bezpieczeństwa. Podano przykładowe praktyczne rozwiązania (jako zewnętrzne systemy zasilające). Pominęto zasilacze, które uwzględniają źródła rezerwowe zasilaczy, czyli buforowy system pracy źródeł zasilających (rys. 1, 2, 3). Tutaj wymagana jest wiedza dotycząca przepisów normatywnych oraz wiedza o prawidłowym ładowaniu akumulatorów jako źródła rezerwowe. Problematyka ta wynika m.in. z tzw. bilansu energetycznego, kontroli pracy zasilaczy, a więc ich zdatności lub niezdatności. Istotnym problemem jest ciągła kontrola źródeł rezerwowych, by w wyniku wadliwej eksploatacji nie doszło do ich trwałego uszkodzenia. ESB dla potrzeb obiektów specjalnego przeznaczenia w tym np. transportowe, powinny charakteryzować się bezawaryjną pracą w procesach eksploatacyjnych. Nie powinny również stanowić zagrożenia dla innych układów elektronicznych zlokalizowanych w danym obiekcie. Warto również mieć wiedzę, jak powinny być dobrane akumulatory zgodnie z obowiązującymi przepisami aby spełnić wymagania normatywne w zależności od klasy zabezpieczenia.

Bibliografia

1. Haase L.: *Zakłócenia w aparaturze elektronicznej*, Wyd. Radioelektronik, Warszawa 2008.
2. Dusza J., Gortat G., Leńiewski A.: *Podstawy miernictwa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
3. Horowitz P., Hill W.: *Sztuka Elektroniki*, t. 1. WKiŁ, Warszawa 2006.
4. Kaźmierowski P., Matysik J.: *Wprowadzenie do elektroniki i energoelektroniki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
5. Szulc W., Rosiński A.: *Badania własne „Zespół Laboratoriów Systemów Bezpieczeństwa”*. Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Wydział Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa, Zakład Bezpieczeństwa Obiektów i Informacji, Warszawa 2011.
6. Szulc W., Rosiński A.: *Wybrane zagadnienia z miernictwa i elektroniki dla informatyków (cz. I – analogowa)*. Oficyna Wydawnicza WSM, Warszawa 2008.

7. Szulc W., Rosiński A.: *Wybrane zagadnienia z elektroniki cyfrowej dla informatyków (cz. II – cyfrowa)* Oficyna Wydawnicza WSM, Warszawa 2010.
8. Szulc W.: *Prace naukowe własne i statutowe*, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Telekomunikacji w Transporcie, Warszawa od 1999 (praca doktorska) do 2005.
9. Szulc W., Rosiński A.: *Eksploatacja układów zasilających elektroniczne systemy bezpieczeństwa (cz. 1)*, „Zabezpieczenia” Nr 3 i 4/ 2011.
10. PULSAR Materiały informacyjne (instrukcje obsługi i montażu), stanowiska badawcze w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie, Wydział Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa, Zakład Bezpieczeństwa Obiektów i Informacji, Warszawa 2011.
11. PN-EN-50131-6, PN-EN 50131-1 Zasilacze, PN-E-08350-4:1997 Systemy pożarowe, Zasilacze, PN-EN 50132-7:2003 Systemy alarmowe. Systemy dozorowe CCTV w zastosowaniach dotyczących zabezpieczenia. Zalecenia dotyczące zastosowań. ■

Reliability and operation aspects of power supply units for electronic safety systems

Abstract: In the paper the important reliability and operation aspects of power supply units for electronic safety systems are presented. The author has done an extensive long-term research which made possible the identification of reliability and operation indicators important for the proper functioning of electronic safety systems.

Keywords: reliability, safety system, power supply unit

doc. dr inż. Waldemar Szulc

Od 1965 roku pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej na Wydziałach: Komunikacji, Elektroniki, Instytutu Transportu oraz na Wydziale Transportu. Zajmował się problematyką: Telekomunikacji, Radiokomunikacji, Radiolokacji, Podstaw Elektroniki i Elektroniki ze szczególnym uwzględnieniem układów dla potrzeb Transportu oraz Elektronicznymi Systemami Bezpieczeństwa Obiektów. Jest autorem lub współautorem ponad 10 patentów oraz autorem lub współautorem ponad 52 wdrożeń urządzeń elektronicznych dla potrzeb PKP. Jest autorem lub współautorem ponad 150 publikacji. Brał udział w ponad 35 pracach o charakterze naukowo-badawczym. Był dziekanem i prodziekanem Wydziału Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie. Jest autorem lub współautorem wielu unikalnych rozwiązań z dziedziny Bezpieczeństwa Obiektów o charakterze specjalnym. Współautor koncepcji, zaprojektowania i uruchomienia Zespołu Laboratorium Systemów Bezpieczeństwa w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie.

e-mail: waldemar.szulc@mac.edu.pl

