

Jacek Paś, Tadeusz Dąbrowski

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki

POZIOMY BEZPIECZEŃSTWA PRACY TRANSPORTOWYCH SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH W ASPEKTCIE ZAKŁÓCEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Rękopis dostarczono, marzec 2013

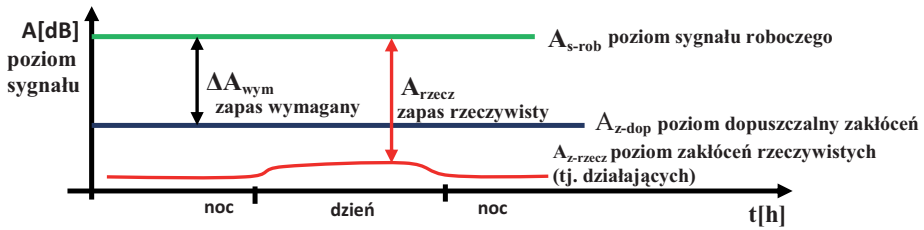
Streszczenie: Wraz z rozwojem elektroniki, w tym transportowych systemów elektronicznych (zawierających m. in. mikroprocesorowe czujniki ruchu, centrale alarmowe, moduły mocy, moduły rozszerzeń), następuje znacząca miniaturyzacja tych urządzeń. Moduły systemu elektronicznego wymagają coraz mniejszej energii do swego działania. Prądy i napięcia robocze poszczególnych urządzeń, które tworzą system, mają coraz mniejsze wartości. Zmniejszenie poziomu sygnałów użytecznych w elektronicznym systemie np. transportowym może skutkować tym, iż mniejsza energia zakłócająca jest potrzebna do zaburzenia ich pracy lub nawet do uszkodzenia [1,2]. W referacie przedstawiono koncepcję określenia wartości poziomów bezpieczeństwa pracy transportowych systemów elektronicznych dla określonego typu zakłóceń elektromagnetycznych. Zadaniem transportowego systemu elektronicznego jest wykrywanie zagrożeń stanu zdadności technicznej i funkcjonalnej występujących w procesie transportowym [9]. Zagrożenia te wynikają z faktu zróżnicowanych warunków klimatycznych i niejednorodnego środowiska elektromagnetycznego, w którym systemy te pracują.

Słowa kluczowe: eksploatacja, zakłócenia elektromagnetyczne, poziom bezpieczeństwa

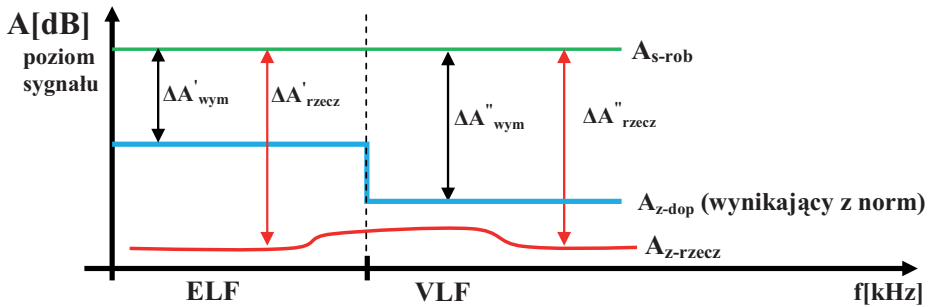
1. WSTĘP

Prawidłowość działania transportowego systemu elektronicznego jest uwarunkowana utrzymywaniem przez sygnały użyteczne określonego poziomu i utrzymywaniem wystarczającego zapasu bezpieczeństwa gwarantującego poprawne działanie. Zagadnienie to należy rozpatrywać zarówno w dziedzinie czasu jak i częstotliwości (rys. 1, rys. 2).

Pojęcie poziomu sygnału może oznaczać np. amplitudę, moc, energię sygnału użytecznego (roboczego) i zakłócającego. Konkretna miara poziomu sygnału określona zostaje na etapie analizy konkretnej rzeczywistej sytuacji eksploatacyjnej.



Rys. 1. Ilustracja pożądanego związku między poziomem sygnałów użytecznych (roboczych) a poziomami zakłóceń w funkcji czasu, w transportowym systemie elektronicznym



Rys. 2. Ilustracja pożądanego związku między poziomem sygnałów użytecznych (roboczych) a poziomami zakłóceń w funkcji częstotliwości, w transportowym systemie elektronicznym gdzie: ELF - zakres częstotliwości od 5 do 2000 Hz, VLF - zakres częstotliwości od 2 do 100 kHz

W transportowym systemie elektronicznym można zastosować następujące kryteria stanów funkcjonalno-bezpieczeństwowych w aspekcie zakłóceń [4]:

1. Warunek stabilnej zdatności funkcjonalnej determinującej stan bezpieczeństwa

$$(\Delta A_{rzecz} - \Delta A_{wym}) > 0 \text{ dla } \Delta A_{rzecz} > 0 \text{ i } \Delta A_{wym} > 0 \quad (1)$$

2. Warunek niestabilnej zdatności funkcjonalnej skutkującej stanem zagrożenia

$$(\Delta A_{rzecz} - \Delta A_{wym}) \leq 0 \text{ dla } \Delta A_{rzecz} > 0 \text{ i } \Delta A_{wym} > 0 \quad (2)$$

3. Warunek niezdatności funkcjonalnej skutkującej stanem niebezpieczeństwa

$$\Delta A_{rzecz} \leq 0 \quad (3)$$

$$\text{gdzie: } \Delta A_{wym} = (A_{s-rob} - A_{z-dop}); \Delta A_{rzecz} = (A_{s-rob} - A_{z-rzecz}) \quad (4)$$

Zauważmy, że:

- a) zapas rzeczywisty poziomu sygnału ΔA_{rzecz} to odpowiednik **dysponowanego potencjału bezpieczeństwa** $\Delta P_{B\ dys}$ systemu w aspekcie zakłóceń;
- b) zapas wymagany poziomu sygnału ΔA_{wym} to odpowiednik **wymaganego potencjału bezpieczeństwa** $\Delta P_{B\ wym}$ systemu w aspekcie zakłóceń [4].

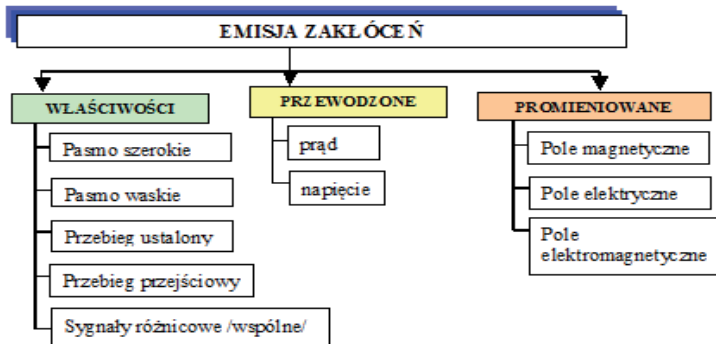
Zapas ΔA_{wym} jest zależny od następujących faktów:

- od skuteczności działania urządzeń, których niezdatność funkcjonalna wywołana zakłóceniami może spowodować zagrożenie dla życia ludzkiego (do tej grupy urządzeń należą m. in.: transportowy system elektroniczny, system sygnalizacji pożarowej - SSP, system sterowania ruchem kolejowym – SRK). W tym przypadku wymaga się zapasu ΔA_{wym} o wartości co najmniej 20 dB;
- od skuteczności działania urządzeń, których niezdatność funkcjonalna wywołana zakłóceniami może spowodować zakłócenie pracy systemu transportowego (do tej grupy urządzeń należą m. in.: czujki ppoż., czujki ruchu, urządzenia składowe SRK wyposażone w nadmiary strukturalne). W tym przypadku wymaga się zapasu ΔA_{wym} o wartości co najmniej 10 dB;
- od skuteczności działania urządzeń, których niezdatność funkcjonalna wywołana zakłóceniami nie powoduje dysfunkcji systemu transportowego. W tym przypadku zaleca się stosowanie zapasu ΔA_{wym} o wartości 6 dB.

Przy analizie wymaganego zapasu ΔA_{wym} (rys. 1, rys.2) należy uwzględnić także następujące zmiany spowodowane „normalną” eksploatacją transportowych systemów elektronicznych:

- starzenie się elementów składowych tworzących transportowy system elektroniczny; zmiana parametrów elementów optycznych i chemicznych wchodzących w skład systemów nadzoru; zmiana parametrów elektrycznych tych elementów; zmiana korozyjna połączeń masy wewnątrz systemu i systemów zainstalowanych na obszarze kolejowym; uszkodzenie lub zmiana parametrów znamionowych elementów odłączających [2, 3];
- zmiany modernizacyjne w strukturze transportowego systemu elektronicznego np. zmiany w ułożeniu okablowania, zmiany typów urządzeń składowych, zmiany sposobu transmisji i kodowania sygnałów diagnostycznych, alarmowych itd.;
- inne czynniki wewnętrzne lub zewnętrzne, które mogą mieć wpływ na właściwości kompatybilnościowe transportowego systemu elektronicznego, jak np. zainstalowanie w pobliżu nadajnika RTV, stacji bazowej systemu GSM lub radaru; modernizacja taboru kolejowego poprzez zastosowanie np. elektrowozów lub elektrycznych zespołów trakcyjnych o wyższych mocach znamionowych lub wykorzystujących inne sposoby zasilania energetycznego itp. [3].

Zakłócenia wytwarzane na obszarze kolejowym, które oddziałują na transportowy system elektroniczny, można podzielić ze względu sposób rozchodzenia się i parametry sygnałów w sposób przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Podział zakłóceń wytwarzanych na obszarze kolejowym

Istniejące zakłócenia elektromagnetyczne na obszarze kolejowym oddziałują na transportowe systemy elektroniczne za pomocą sprzężeń:

- promieniowanych (zakres częstotliwości od 30 MHz) – wartość zakłóceń proporcjonalna do parametrów pola elektromagnetycznego;
- przewodzonych – poziom zakłóceń proporcjonalny do wartości prądu $I[A]$ oraz napięcia $U[V]$ sygnału zakłócającego;
- indukcyjnych – amplituda zakłóceń proporcjonalna do szybkości zmian prądu w czasie;
- pojemnościowych – amplituda zakłócenia proporcjonalna do szybkości zmian napięcia w czasie [1,2,5].

2. NORMATYWNE WARUNKI BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMU W ASPEKCIE ZAKŁÓCEŃ

W transportowych systemach elektronicznych zainstalowanych na obszarze kolejowym problemem, ze względu na oddziaływanie zakłóceń elektromagnetycznych, są połączenia elektryczne wykonane za pomocą kabli zasilających, sygnałowych, magistral transmisyjnych. Połączenia te integrują m. in. czujki oraz elementy wykonawcze systemu z „sercem” systemu – tj. centralą alarmową. W systemach nadzoru zainstalowanych na obszarze kolejowym kable zasilające, sygnałowe i magistrale transmisyjne muszą przebiegać przez obszary, na których wstępują stacjonarne lub ruchome źródła zakłóceń [3]. Mogą krzyżować się lub przebiegać w pobliżu linii energetycznych zasilających systemy sterowania ruchem kolejowym, trakcję kolejową lub systemy oświetlenia. Przewody energetyczne, przez które płynie prąd zasilający, wytwarzają wokół siebie niezamierzone pole elektryczne i magnetyczne proporcjonalne do napięcia oraz płynącego prądu. Pole to stanowi źródło zakłóceń i w ogólnym przypadku może prowadzić do zakłócenia pracy systemu. W celu wskazania jak uniknąć istotnego wpływu zakłóceń

emitowanych przez wymienione połączenia opracowano normy, które określają minimalne, dopuszczalne odległości w jakich należy układać w/w okablowanie. W Polsce obowiązuje rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 04.09.1997 r. w sprawie wymagań technicznych i eksploatacyjnych dla urządzeń, linii i sieci telekomunikacyjnych (załącznik nr 23 – Wymagania techniczne na okablowanie strukturalne”). W 2002 roku przyjęto nową normę PE-EN 50174-2:2002 „Technika informacyjna. Instalacja okablowania. Część 2. Planowanie i wykonanie instancji wewnątrz budynku” dotyczącą okablowania strukturalnego. W tabeli 1 przedstawiono zalecane minimalne odstępy, które określa wymieniona norma [12].

Tab. 1

Zalecane odstępy między przewodami przesyłu sygnałów a zasilającymi w zależności od mocy pobieranej przez urządzenia

Warunki prowadzenia kabli	P < 2kVA	5kVA > P > 2kVA	P > 5 kVA
Nieekranowane linie zasilające, nieekranowane korytka kabli telekomunikacyjnych	127 mm	305 mm	610 mm
Nieekranowane linie zasilające, ekranowane metalowe korytka kabli telekomunikacyjnych	64 mm	152 mm	305 mm
Linie zasilające i telekomunikacyjne prowadzone w oddzielnych uziemionych korytkach	-	76 mm	152 mm

W innej normie EIA/TIA 568 opracowanej przez Electronic Industries Association and Telecom Communications Industries Association w roku 1991, określono dopuszczalne odległości dla okablowania sygnałowego i linii energetycznych. Dokument ten określa wymagania odnoszące się do okablowania budynków i linii przeznaczonych do przesyłania sygnałów akustycznych i transmisji danych. Norma EIA/TIA 568 jest normą ogólną i nie odnosi się do żadnego konkretnego standardu transmisji danych. Określa, jakie funkcjonalnie kryteria techniczne mają spełniać instalowane kable i złącza oraz określa wytyczne dotyczące dopuszczalnych technik instalowania. W Genewie 1994 roku w oparciu o normę EIA/TIA 568 zatwierdzono międzynarodową normę określającą standard budowy systemów okablowania strukturalnego jako ISO/IEC IS 11801. Zalecane odstępy dla różnych wartości mocy pozornych S przepływających przez kable energetyczne zostały przedstawione w tabeli 2 [10,11].

Tab. 2

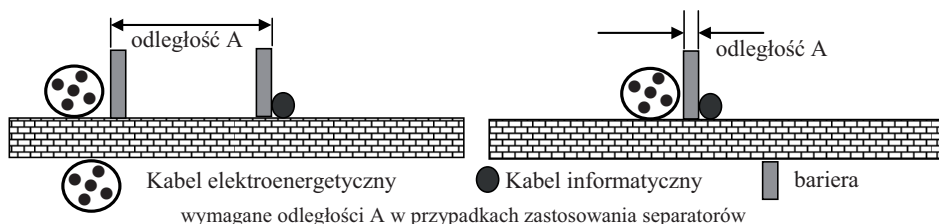
Minimalne odstępy między kablami energetycznymi a okablowaniem strukturalnym według normy ISO/IEC IS 11801

Minimalny odstęp od	S < 2kVA	S = 2 ÷ 5 kVA	S > 5 kVA
Kable elektroenergetyczne bez ekranów	125 mm	300mm	600 mm
Kable energetyczne prowadzone w uziemionych korytkach, rurach, itp.	40 mm	75 mm	150 mm
Dodatkowo należy tak rozmieszczać trasy kabli, aby zapewnić ułożenie okablowania strukturalnego w następujących odległościach od układów zakłócających (odstępy minimalne): 300 mm – od oświetlenia wysokonapięciowego (np. świetlówek); 1000 mm – od rozdzielni elektrycznych; 1000 mm – od transformatorów i silników.			

Tab. 3

Odstępy między kablami elektroenergetycznymi i informatycznymi

Stosowane przewody	Wymagane odstępy A pomiędzy przewodami		
	Bez separatora lub z separatorem niemetalowym	Separator aluminiowy	Separator stalowy
Nieekranowany kabel elektroenergetyczny i nieekranowany kabel informatyczny	200 mm	100 mm	50 mm
Nieekranowany kabel elektroenergetyczny i ekranowany kabel informatyczny	50 mm	20 mm	5 mm
Ekranowany kabel elektroenergetyczny i nieekranowany kabel informatyczny	30 mm	10 mm	2 mm
Ekranowany kabel elektroenergetyczny i ekranowany kabel informatyczny	0 mm	0 mm	0 mm



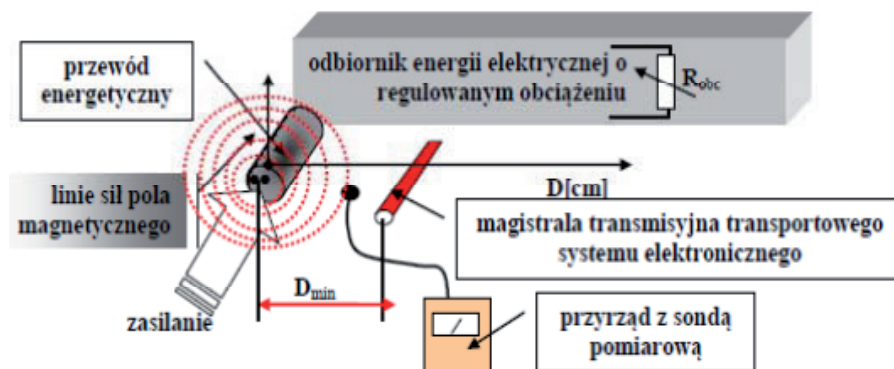
Rys. 4. Wymagana odległość w przypadku zastosowania separatorów - tab. 3

W USA obowiązują standardy: IEEE-518 „Instalacja urządzeń elektrycznych przy uwzględnieniu minimalizacji zakłóceń elektrycznych“ oraz NFPA – 70. W dokumencie IEEE-518 określono cztery główne klasy okablowania oraz określono poziomy czułości na występujące zakłócenia.

3. WYZNACZENIE WARTOŚCI DOPUSZCZALNYCH ZAKŁÓCEŃ W ŚRODOWISKU TRANSPORTOWEGO SYSTEMU ELEKTRONICZNEGO

W celu poznania poziomu występujących zakłóceń w otoczeniu transportowego systemu elektronicznego, wykonano pomiary pola magnetycznego i elektrycznego emitowanego przez kable energetyczne dostarczające energię elektryczną na dworcu kolejowym. W zależności od rodzaju kabla oraz mocy pobieranej przez urządzenie

zasilane (tab. 1 – 3) powinny być spełnione wymagania określające minimalną odległość gwarantującą niezakłóconą pracę systemu. Warunki i sposób wykonania pomiarów zostały przedstawione na rys. 5. Uzyskane wartości natężenia E pola elektrycznego oraz indukcji B pola magnetycznego dla zakresów częstotliwości ELF (5-200) Hz oraz VLF(2-100) kHz zostały przedstawione w tab. 4 - 6. Pomiary zostały wykonane przy zawartości współczynnika harmonicznych $h=2,7$ [%] w sieci zasilającej.



Rys. 5. Schemat stanowiska do pomiarów pola elektrycznego i magnetycznego w celu określenia dopuszczalnego poziomu zakłóceń

W wyniki pomiarów dopuszczalnych poziomów zakłóceń w otoczeniu transportowego systemu elektronicznego przedstawiono w tabelach 5 i 6. Pomiary pola elektromagnetycznego dla zakresu małych częstotliwości wykonano mierząc poszczególne składowe pola tj. odpowiednio: natężenie E pola elektrycznego oraz indukcję B pola magnetycznego dla dwóch zakresów częstotliwości - ELF i VLF. Przykładowe wyniki pomiarów dopuszczalnych poziomów zakłóceń elektromagnetycznych zostały przedstawione w tab. 4 (parametry pola elektromagnetycznego dla zakresu częstotliwości ELF i VLF w funkcji odległości od układów zakłócających określonych w tab. 3) oraz w tab. 5 (parametry pola elektromagnetycznego dla zakresu częstotliwości ELF i VLF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik). Źródła zaburzeń elektromagnetycznych, które znajdują się na dworcu kolejowym można scharakteryzować następującymi parametrami: amplitudą (poziom zakłóceń zależy od mocy źródła zakłóceń), zakresem częstotliwości, czasem oddziaływania zakłóceń na system, sposobem sprzężenia źródła zakłóceń z systemem nadzoru, kształtem sygnałów zakłócających (impulsowe – okresowe, nieokresowe, stałe, zmienne – okresowe, nieokresowe itd.). Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wyniki pomiarów pola elektromagnetycznego dla różnych minimalnych odległości od źródła zakłóceń, które nie powodują wystąpienia niepożądanych zjawisk np. w magistralach transmisyjnych systemów (odległości określono w tab. 1-3).

Tab. 4

Parametry pola elektromagnetycznego dla zakresu częstotliwości ELF i VLF w funkcji odległości od układów zakłócających określonych w tabeli 3

Parametr pola elektromagnetycznego określany podczas pomiarów			Odległość od układów (urządzeń) zakłócających		
			Oświetlenie wysoko-napięciowe (świetlówki)	Rozdzielnie elektryczne	Transformatory i silniki
Zakres częstotliwości	ELF	Indukcja B [μ T] pola magnetycznego	0,62	0,61	0,35
		Natężenie E [V/m] pola elektrycznego	20,8	15,3	45,3
	VLF	Indukcja B [nT] pola magnetycznego	1,9	4,1	0,5
		Natężenie E [V/m] pola elektrycznego	2,3	2,2	2,8

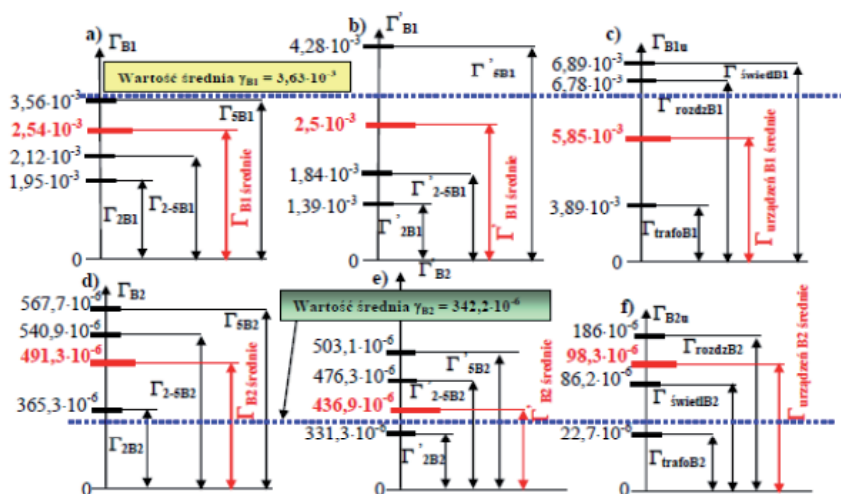
Tab. 5

Parametry pola elektromagnetycznego dla zakresu częstotliwości ELF i VLF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik

Parametr pola elektromagnetycznego określany podczas pomiarów			Moc pobierana przez odbiornik			
			P < 2kVA	5kVA > P > 2kVA	P > 5 kVA	
Zakres częstotliwości	ELF	Indukcja B [μ T] pola magnetycznego	*	0,23	0,24	0,29
			**	0,14	0,16	0,21
		Natężenie E [V/m] pola elektrycznego	*	270	285	350
			**	31,5	33,3	43,1
	VLF	Indukcja B [nT] pola magnetycznego	*	15,6	23,1	24,5
			**	14,1	21,4	19,4
Natężenie E [V/m] pola elektrycznego	*	2,3	2,4	2,6		
	**	1,7	1,8	2,1		

* - wartość pola elektromagnetycznego dla kabli elektroenergetycznych bez ekranów; ** - wartość pola elektromagnetycznego dla kabli elektroenergetycznych prowadzonych w ekranach

Wykonywanie pomiarów pola elektromagnetycznego w strefie bliskiej (wymiary strefy zależą od częstotliwości sygnałów zakłócających) dla zakresu małych częstotliwości związane jest z pomiarami poszczególnych składowych tego pola tj.: natężenia E pola elektrycznego oraz indukcji B pola magnetycznego [5]. Oznaczenia występujące na w/w rysunkach zostały objaśnione w tab. 6. Na rys. 6a przedstawiono dopuszczalne wartości indukcji B pola magnetycznego dla zakresu częstotliwości ELF uzyskane podczas pomiarów w warunkach podanych w tabeli 1. Uzyskane dopuszczalne wartości indukcji B pola magnetycznego oznaczono odpowiednio: Γ_{2B1} ; Γ_{2-5B1} ; Γ_{5B1} . Na podstawie tych wartości obliczono wartość średnią, którą oznaczono jako Γ_{B1} średnie. Rys. 6b przedstawia dopuszczalne wartości indukcji B pola magnetycznego dla warunków przedstawionych w tabeli 3, a rysunek 6c dla wybranych urządzeń elektrycznych i elektronicznych, które emitują niezamierzone pola elektromagnetyczne. Pomiary poszczególnych składowych pola elektromagnetycznego wykonano zgodnie z obowiązującymi normami.



Rys. 6. Dopuszczalne poziomy zakłóceń w zakresie częstotliwości ELF i VLF (indukcja B pola magnetycznego)

4. WNIOSKI

W przypadku oddziaływania zakłóceń na transportowe systemy elektroniczne można wyróżnić cztery stany pracy tego systemu:

- system nie reaguje na zakłócenie zewnętrzne i wewnętrzne – poziom zakłóceń pomijalnie mały;
- urządzenia wchodzące w skład systemu samoczynnie likwidują zakłócenia poprzez zastosowane elementy ochronne np. filtry;
- zakłócenie powoduje przejście systemu ze stanu zdatności funkcjonalnej do stanu niezdatności – przywrócenie stanu zdatności wymaga interwencji obsługi;
- zakłócenie występujące w systemie powoduje uszkodzenie techniczne systemu – całkowite lub częściowe, system staje się trwale niezdatny (np. wskutek działania wyładowania atmosferycznego) [3, 6].

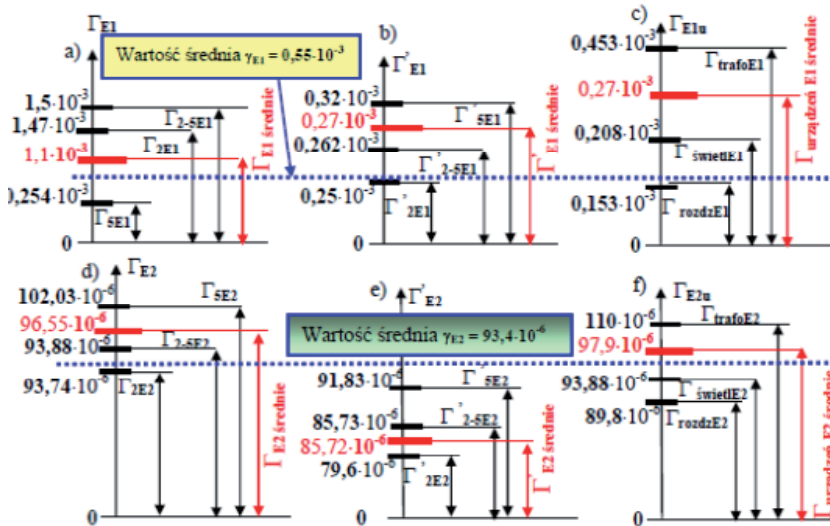
Z przeprowadzonych badań pola elektromagnetycznego w zakresie małych częstotliwości wynikają różne dopuszczalne poziomy zakłóceń, które w przypadku oddziaływania na system mogą prowadzić do zakłócenia jego pracy. Dopuszczalny poziom zakłóceń (rys. 6, 7) zależy od zakresu częstotliwości oraz składowej pola elektromagnetycznego i tak np.:

- dla zakresu częstotliwości ELF i VLF dopuszczalny poziom zakłóceń wynosi:

- $\gamma_{B1} = 3,63 \cdot 10^{-3}$ - indukacja B pola magnetycznego – zakres ELF;
- $\gamma_{E1} = 0,55 \cdot 10^{-3}$ - natężenie E pola elektrycznego – zakres ELF;
- $\gamma_{B2} = 342,2 \cdot 10^{-6}$ - indukacja B pola magnetycznego – zakres VLF ;
- $\gamma_{E2} = 93,4 \cdot 10^{-6}$ - natężenie E pola elektrycznego – zakres VLF.

Na dopuszczalne poziomy zakłóceń mają istotny wpływ także następujące fakty:

- ekranowanie (obudowy elementów, urządzeń systemu);
- zakres częstotliwości zakłóceń oraz propagacja fali elektromagnetycznej w ośrodku.



Rys. 7. Dopuszczalne poziomy zakłóceń w zakresie częstotliwości ELF i VLF (natężenia E pola elektrycznego)

Tab. 6

Wykaz oznaczeń występujących na rysunkach 6 i 7

Nr rys.	Nazwa rysunku, oznaczenia występujące na rysunku	
a)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego - Γ_{B1} (rys. 6a), natężenia E pola elektrycznego - Γ_{E1} (rys. 7a) na system dla zakresu częstotliwości ELF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik dla kabli elektroenergetycznych bez ekranów	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla mocy odbiornika
	$\Gamma_{2B1}, \Gamma_{2E1}$	$P < 2kVA$
	$\Gamma_{2-5B1}, \Gamma_{2-5E1}$	$5kVA > P > 2kVA$
	$\Gamma_{5B1}, \Gamma_{5E1}$	$P > 5 kVA$
	$\Gamma_{B1} \text{ średnie}, \Gamma_{E1} \text{ średnie}$	Wartość średnia $\Gamma_{B1,E1} \text{ średnie} = (\Gamma_{2B1,E1} + \Gamma_{2-5B1,E1} + \Gamma_{5B1,E1})/3$
b)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego Γ_{B1} (rys. 6b), natężenia E pola elektrycznego Γ_{E1} (rys. 7b) na system dla zakresu częstotliwości ELF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik dla kabli elektroenergetycznych z ekranami.	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla mocy odbiornika
	$\Gamma_{2B1}, \Gamma_{2E1}$	$P < 2kVA$
	$\Gamma_{2-5B1}, \Gamma_{2-5E1}$	$5kVA > P > 2kVA$
	$\Gamma_{5B1}, \Gamma_{5E1}$	$P > 5 kVA$
	$\Gamma_{B1,E1} \text{ średnie}$	Wartość średnia $\Gamma_{B1,E1} \text{ średnie} = (\Gamma_{2B1,E1} + \Gamma_{2-5B1,E1} + \Gamma_{5B1,E1})/3$

c.d. Tab. 6

c)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego Γ_{B1u} (rys. 6c), natężenia E pola elektrycznego Γ_{E1u} (rys. 7c) na system dla zakresu częstotliwości ELF w funkcji urządzeń elektrycznych źródeł zakłóceń dla transportowego systemu nadzoru	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla źródeł zakłóceń
	$\Gamma_{\text{trafo B1}}, \Gamma_{\text{trafo E1}}$	Źródło zakłóceń – stacja transformatorowa
	$\Gamma_{\text{rozdz B1}}, \Gamma_{\text{rozdz E1}}$	Źródło zakłóceń – rozdzielnia elektryczna
	$\Gamma_{\text{światl B1}}, \Gamma_{\text{światl E1}}$	Źródło zakłóceń – oświetlenie wysokonapięciowe
	$\Gamma_{\text{urządzeń B1, E1 średnie}}$	Wartość średnia $\Gamma_{\text{urządzeń B1, E1 średnie}} = (\Gamma_{\text{trafo B1, E1}} + \Gamma_{\text{rozd B1, E1}} + \Gamma_{\text{światl B1, E1}}) / 3$
d)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego - Γ_{B2} (rys. 6d), natężenia E pola elektrycznego - Γ_{E2} (rys. 7d) na system dla zakresu częstotliwości VLF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik dla kabli elektroenergetycznych bez ekranów	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla mocy odbiornika
	$\Gamma_{2B2}, \Gamma_{2E2}$	$P < 2kVA$
	$\Gamma_{2-5B2}, \Gamma_{2-5E2}$	$5kVA > P > 2kVA$
	$\Gamma_{5B2}, \Gamma_{5E2}$	$P > 5 kVA$
	$\Gamma_{B2 \text{ średnie}}, \Gamma_{E2 \text{ średnie}}$	Wartość średnia $\Gamma_{B2, E2 \text{ średnie}} = (\Gamma_{2B2, E2} + \Gamma_{2-5B2, E2} + \Gamma_{5B2, E2}) / 3$
e)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego Γ_{B2} (rys. 6e), natężenia E pola elektrycznego Γ_{E2} (rys. 7e) na system dla zakresu częstotliwości VLF w funkcji mocy pobieranej przez odbiornik dla kabli elektroenergetycznych z ekranami	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla mocy odbiornika
	$\Gamma'_{2B2}, \Gamma'_{2E2}$	$P < 2kVA$
	$\Gamma'_{2-5B2}, \Gamma'_{2-5E2}$	$5kVA > P > 2kVA$
	$\Gamma'_{5B2}, \Gamma'_{5E2}$	$P > 5 kVA$
	$\Gamma'_{B2, E2 \text{ średnie}}$	Wartość średnia $\Gamma'_{B2, E2 \text{ średnie}} = (\Gamma'_{2B2, E2} + \Gamma'_{2-5B2, E2} + \Gamma'_{5B2, E2}) / 3$
f)	Zapas Γ bezpieczeństwa oddziaływania: indukcji B pola magnetycznego Γ_{B2u} (rys. 6f), natężenia E pola elektrycznego Γ_{E2u} (rys. 7f) na system dla zakresu częstotliwości VLF w funkcji urządzeń elektrycznych źródeł zakłóceń dla transportowego systemu nadzoru	
	Zapas Γ bezpieczeństwa	Zapas Γ bezpieczeństwa dla źródeł zakłóceń
	$\Gamma_{\text{trafo B2}}, \Gamma_{\text{trafo E2}}$	Źródło zakłóceń – stacja transformatorowa
	$\Gamma_{\text{rozd B2}}, \Gamma_{\text{rozd E2}}$	Źródło zakłóceń – rozdzielnia elektryczna
	$\Gamma_{\text{światl B2}}, \Gamma_{\text{światl E2}}$	Źródło zakłóceń – oświetlenie wysokonapięciowe
	$\Gamma_{\text{urządzeń B2, E2 średnie}}$	Wartość średnia $\Gamma_{\text{urządzeń B2, E2 średnie}} = (\Gamma_{\text{trafo B2, E2}} + \Gamma_{\text{rozd B2, E2}} + \Gamma_{\text{światl B2, E2}}) / 3$

Bibliografia

1. Koszmidar A. Praktyczny poradnik – Certyfikat CE w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. Wyd. Alfa-Weka 1997
2. Charoy A.: Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych WNT 1996
3. Dyduch J., Paś J.: Zakłócenia elektromagnetyczne oddziałujące na transportowy system bezpieczeństwa. Pomiary Automatyka Robotyka 5/2009
4. Dąbrowski T.: Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym. Monogr. habilit. Wojskowa Akademia Techniczna, 2001
5. Korniewicz H., Karpowicz J.: Pomiar pól elektromagnetycznych częstotliwości przemysłowej. Projekt polskiej normy opracowany na podstawie normy IEC 833
6. Markiewicz H., Klajn A.: Źródła zakłóceń elektromagnetycznych i ich ograniczenie w instalacjach elektrycznych. PCPM Wrocław 2001
7. Paś J.: Przegląd umowań prawnych dotyczących ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym z zakresu małych częstotliwości. XXII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Ekomilitaris Zakopane 2008

8. Williams T., Armstrong K.: Installations cabling and earthing technique for EMC 2002
9. Wawrzyński W.: Bezpieczeństwo systemów sterownia w transporcie. Biblioteka Problemów Eksploatacji Warszawa 2004
10. IEEE Std 518-1982, IEEE Guide for the installation of electrical equipment to minimize electrical noise inputs to controllers from external source
11. IEEE Std 518-1982, IEEE Guide for the installation of electrical equipment to minimize electrical noise inputs to controllers from external source
12. PE-EN 50174-2:2002 Technika informacyjna. Instalacja okablowania. Część 2. Planowanie i wykonanie instalacji wewnątrz budynku.

TRANSPORT SAFETY LEVELS OF ELECTRONIC SYSTEMS IN THE CONTEXT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

Summary: With the development of electronics, including electronic transport systems which contain, inter alia, microprocessor motion detectors, control panels, power modules, expansion modules, there is a significant miniaturization of these devices. Electronic system modules require less and less energy to their actions. Operating currents and voltages of devices which create system, have less and less value. Reducing the level of useful signals in electronic systems such as transport system may result in fact that less disturbing energy is needed to disturb their work or even to damage [1,2]. The paper presents the concept of determining the value of transport safety levels electronic systems for a particular type of electromagnetic interference. The purpose of electronic transport system is to detect threats of electronic and functional usability which occur in transport process. [9]. These threats stem from the fact of different climatic conditions and heterogeneous electromagnetic environment in which these systems work.

Keywords: exploitation, electromagnetic interference, level of security