

Roman Pietrzak
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice

WYMAGANIA DYREKTYWY 2004/104/WE W ZAKRESIE BADAŃ KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ (EMC) KOMPONENTÓW STOSOWANYCH W POJAZDACH A WYMAGANIA KONCERNÓW

REQUIREMENTS OF DIRECTIVE 2004/104/UE IN THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) SCOPE OF COMPONENTS USED IN VEHICLES AND OF CONCERNS REQUIREMENTS

Streszczenie: Referat opisuje różnice w wymaganiach z zakresu badań kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) zawartych w Dyrektywie 2004/104/WE odnoszących się do pojazdów i komponentów stosowanych w branży Automotive, a wymaganiami narzucanymi przez koncerny samochodowe.

Różnice powodują konieczność prowadzenia badań i spełnienia dodatkowych wymagań, bez których koncerny nie zastosują danego podzespołu w produkowanych pojazdach.

Na przykładach przedstawiono kilka szczegółowych wymagań dotyczących m.in. badań odporności na impulsy opisanych w normach z serii ISO oraz w dokumentach (tzw. normach zakładowych) kilku koncernów samochodowych (np. PSA, Jaguar/Ford, VW).

Abstract: This article describes differences in the requirements of the electromagnetic compatibility test included in the Directive 2004/104/EC, related to vehicles and components applied in the automotive sector and requirements imposed by the automotive producers.

Those differences imply the necessity to conduct tests and meet additional requirements, without which certain subassemblies will not be applied in produced vehicles.

The article presents selected examples of detailed requirements such as resistance to pulses described in the ISO standards and other documents (the so called as internal company standards) of a few automotive producers (such as: PSA, Jaguar/Ford, VW).

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, izolacja zwojowa, badania diagnostyczne prądem stałym

Keywords: electrical machines, winding insulation, DC diagnostic tests

1. Wstęp

Stale rosnące wykorzystanie elektroniki w przemyśle – również w motoryzacji – powoduje konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na obowiązki wynikające z przepisów (np. Dyrektyw, Regulaminów EKG ONZ) i idące za tym konsekwencje. Artykuł poświęcono przedstawieniu różnic w wymaganiach dotyczących badań kompatybilności elektromagnetycznej podzespołów elektrycznych/elektronicznych (PZE). Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC – Electromagnetic Compatibility) zgodnie z definicją podaną w Dyrektywie 2004/104/WE [3] oznacza zdolność pojazdu lub części lub oddzielnych zespołów technicznych do zadowolającego funkcjonowania w swoim otoczeniu elektromagnetycznym bez powodowania niemożliwych do zaakceptowania zakłóceń elektromagnetycznych w jakimkolwiek elemencie tego otoczenia.

2. Rodzaje badań

W zakresie kompatybilności elektromagnetycznej rozróżnić można dwa podstawowe rodzaje zjawisk – emisję zaburzeń oraz odporność elektromagnetyczną.

Emisja zaburzeń – czyli sygnały wysyłane z PZE na zewnątrz w zależności od charakteru dzieli się na wąsko- i szerokopasmową.

W zależności od zjawisk wytwarzających dany rodzaj emisji

- pomiary emisji szerokopasmowej (wg CISPR 25 [7]) jest pomiarem natężenia elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych (pól elektromagnetycznych) o charakterze głównie szumowym. Źródłami tego typu emisji są w głównej mierze urządzenia komutujące oraz urządzenia wytwarzające serie impulsów, a także wszelkie elementy stykowe, które powodują niesta-

bilność i zmiany natężenia prądu płynącego przez te elementy;

- pomiary emisji wąskopasmowej (wg CISPR 25 [7]) są pomiarem natężenia elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych (pól elektromagnetycznych) głównie o sinusoidalnym charakterze. Źródłami tego rodzaju emisji są przede wszystkim cyfrowe urządzenia elektroniczne, które generują wysokie harmoniczne częstotliwości zegarów taktujących oraz inne urządzenia pracujące na wysokich częstotliwościach.

Odporność elektromagnetyczna oznacza zdolność pojazdu lub części, lub oddzielnych zespołów technicznych do działania bez uszczerbku w obecności (określonych) zakłóceń elektromagnetycznych, w tym pożądaných sygnałów o częstotliwości radiowej z nadajników radiowych lub wypromieniowanych emisji wewnątrzprzespawowych urządzeń przemysłowych, naukowych i medycznych (PMN), wewnętrznych lub zewnętrznych wobec pojazdu.

Różnorodność zastosowanych podzespołów w pojazdach sprawia, że w jednym samochodzie można znaleźć od kilkudziesięciu do kilkuset różnych podzespołów elektronicznych (PZE) pochodzących od różnych producentów podłączonych do jednego układu.

Brak ujednoczonych wymagań z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej mógłby doprowadzić w skrajnych przypadkach do zagrożenia bezpieczeństwa użytkowników pojazdów lub innych uczestników ruchu.

Występujące zaburzenia i zakłócenia elektromagnetyczne w układach elektrycznych/ elektronicznych są różne m.in. w zależności od typu pojazdu, przeznaczenia, marki, itd.

3. Wymagania prawne

W celu ustanowienia ujednoczonych wymagań w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej podjęto działania i opracowano Regulaminy Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (np. Regulamin nr 10 EKG ONZ – aktualnie obowiązująca jest wersja 3 z 2008 r.).

W 2004 r. Komisja Wspólnot Europejskich opublikowała Dyrektywę nr 2004/104/WE dotyczącą zgodności elektromagnetycznej dla m.in. pojazdów, przyczep, układów i podzespołów elektrycznych/elektronicznych (PZE). Wymagania Dyrektywy [3] i Regulaminu nr 10 [4] pokrywają się ze sobą.

Wybrane normy zawierające metody badawcze powołane w ww. aktach zamieszczono poniżej:

- ISO 7637-2 – zakłócenia elektryczne powodowane przez przewodzenie i przez sprzężenie. (...) Przewodzenie przebiegów przejściowych wyłącznie wzdłuż przewodów zasilających w pojazdach z instalacją 12 V lub 24 V.
- ISO 7637-3 – zakłócenia elektryczne powodowane przez przewodzenie i przez sprzężenie. (...) Zaburzenia elektryczne przenoszone przez sprzężenie pojemnościowe i indukcyjne przez przewody inne niż linie zasilające
- ISO 11451-4 – metoda badań elektrycznych zaburzeń pochodzących od wąskopasmowych zaburzeń promieniowanych (BCI) – metody badania pojazdów,
- ISO 11452-4 – metoda badań elektrycznych zaburzeń pochodzących od wąskopasmowych zaburzeń promieniowanych (BCI) – metody badania części (PZE),
- ISO 10605 – metody badawcze zaburzeń elektrycznych pochodzących od wyładowań elektrostatycznych,
- CISPR 25 – (...) Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych. Dopuszczalne poziomy i metody pomiarów w odniesieniu do ochrony urządzeń pokładowych,
- CISPR 12 – (...) Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych. Dopuszczalne poziomy i metody pomiarów w odniesieniu do ochrony odbiorników radiowych znajdujących się w pobliżu.

Powyższe akty normatywne są powoływane w Dyrektywie 2004/104/WE [3] oraz w Regulaminie nr 10 EKG ONZ [4].

4. Wymagania koncernów

Z doświadczenia wynika jednak, że wymagania zawarte w Regulaminie [4] czy Dyrektywie [3] stanowią minimum. Każdy z koncernów ma opracowane własne wymagania na bazie norm ISO powołanych w Dyrektywie [3] czy Regulaminie nr 10 [4]. Aby dostawca podzespołów / komponentów mógł sprzedać swoje wyroby do koncernu – musi spełnić dodatkowe wymagania wewnętrzne, opracowane w fabryce danej marki. Są one zawarte w wewnętrznych dokumentach (normach zakładowych, wytycznych, itd.) opracowanych przez różnych producentów samochodów, np.:

- PSA (Peugeot + Citroen),

- FORD,
- VW,
- FIAT,
- JAGUAR,
- NISSAN.

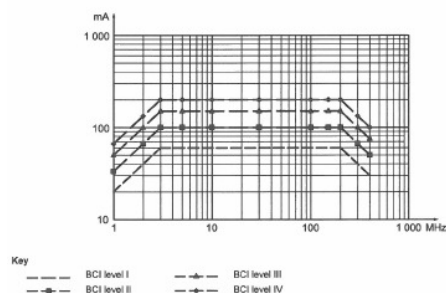
Powyżej przedstawiono tylko kilka wybranych producentów. W artykule nie przedstawiono szczegółowych nazw specyfikacji producentów ze względu na ochronę praw autorskich tych dokumentów. W specyfikacjach określonych przez koncerny znajdują się szczegółowe informacje nt. prowadzenia testów, wyboru ostrości próby, kryteriów akceptacji i dopuszczalnego pogorszenia pracy, a także liczbę próbek z serii przeznaczoną do weryfikacji w laboratorium.

4.1. Metoda badania zakłóceń elektrycznych powodowanych przez wąskopasmowe promieniowanie elektromagnetyczne (BCI)

Metoda ta, wykorzystująca duży impuls prądu (BCI) – zwana inaczej metodą wstrzykiwania prądu objętościowego, polegająca na indukowaniu prądu w wiązce została zwalidowana i opisana w normie ISO 11452-4 [6] (dla podzespołów). Jest ona powołana i opisana w Dyrektywie 2004/104/WE [3] oraz w Regulaminie nr 10 EKG ONZ [4] jest jednym z najczęściej wykonywanych badań dla PZE.

W Dyrektywie, jako minimalne wymaganie przyjęto badanie przy prądzie 60 mA. Zakres częstotliwości stosowania tej metody w normie określono w granicach 1 MHz do 400 MHz.

Frequency band MHz	Test level I mA	Test level II mA	Test level III mA	Test level IV mA	Test level V mA
1 to 3	$60 \times f(\text{MHz}) / 3$	$100 \times f(\text{MHz}) / 3$	$150 \times f(\text{MHz}) / 3$	$200 \times f(\text{MHz}) / 3$	Specific values agreed between the users of this part of ISO 11452
3 to 200	60	100	150	200	
200 to 400	$60 \times 200 / f(\text{MHz})$	$100 \times 200 / f(\text{MHz})$	$150 \times 200 / f(\text{MHz})$	$200 \times 200 / f(\text{MHz})$	



Rys. 1. Poziomy probiercze oraz zakresy częstotliwości badania (BCI) wg ISO 11452-4 [6]

Wymagania koncernów w zakresie prowadzenia badań wg tej metody zostały w każdej specyfikacji podwyższone w zakresie amplitud, a zakres częstotliwości dla większości przypadków został rozszerzony.

Przykładowe parametry badań przedstawiono w tabeli poniżej:

Tabela 1. Zestawienie wymagań poszczególnych koncernów dla badań BCI podzespołów (PZE)

Wymaganie (dokument) specyfikacja	Poziom narażenia (najwyższy)	Zakres częstotliwości
Dyrektywa 2004/108/WE	60 mA	1..400 MHz
Regulamin nr 10 EKG ONZ	60 mA	1..400 MHz
FORD / Jaguar	106 mA	1..400 MHz
PSA	200 mA (300 mA)	1..400 MHz
Renault	200 mA	1..400 MHz
FIAT	109 mA	1..400 MHz
NISSAN	200 mA	1..400 MHz
VW	106 mA	0,1... 400 MHz
BMW	106 mA	0,1... 400 MHz
Daimler	106 mA	0,1... 400 MHz

W Tabeli 1 zamieszczono zestawienie wymagań badania BCI wybranych koncernów. W szarych polach zaznaczono te wymagania, które są wyższe od wymagań minimalnych zapisanych w Dyrektywie [3] – zarówno pod kątem amplitudy indukowanego zaburzenia, jak i zakresu częstotliwości.

4.2. Metoda badania zakłóceń elektrycznych powodowanych przez przewodzenie i przez sprzężenie - przewodzenie przebiegów przejściowych wyłącznie wzdłuż przewodów zasilających w pojazdach z instalacją 12 V lub 24 V

Niniejsza metoda polega na sprzęgnięciu w przewody zasilające impulsów:

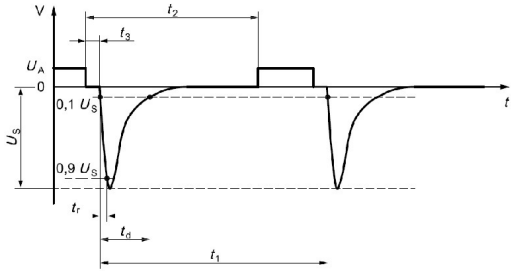
- Test pulse 1,
- Test pulse 2a i 2b,
- Test pulse 3a i 3b,

została zwalidowana i opisana w normie ISO 7637-2 [5]. Jest ona powołana i opisana w Dyrektywie 2004/104/WE [3] oraz w Regulaminie nr 10 EKG ONZ [4].

Parametry poszczególnych pulsów przedstawiono poniżej:

Parameters	Nominal 12 V system	Nominal 24 V system
U_s	-75 V to -150 V	-300 V to -600 V
R_i	10 Ω	50 Ω
t_d	2 ms	1 ms
t_r	(1 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$) μ s	(3 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -1,5 \end{smallmatrix}$) μ s
t_1^a	$\geq 0,5$ s	
t_2	200 ms	
t_3^b	< 100 μ s	

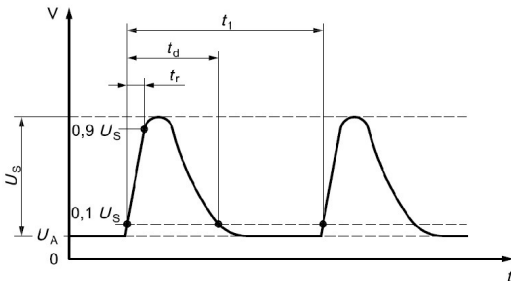
^a t_1 shall be chosen such that it is the minimum time for the DUT to be correctly initialized before the application of the next pulse and shall be $\geq 0,5$ s.
^b t_3 is the smallest possible time necessary between the disconnection of the supply source and the application of the pulse.



Rys. 2. Parametry i kształt pulsu 1 (wg ISO 7637-2 [5])

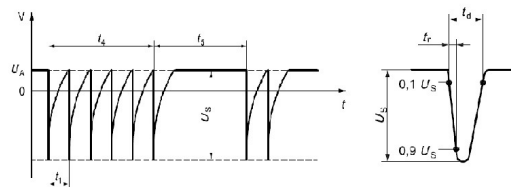
Parameters	Nominal 12 V and 24 V system
U_s	+37 V to +112 V
R_i	2 Ω
t_d	0,05 ms
t_r	(1 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$) μ s
t_1^a	0,2 s to 5 s

^a The repetition time t_1 can be short depending on the switching. The use of a short repetition time reduces the test time.



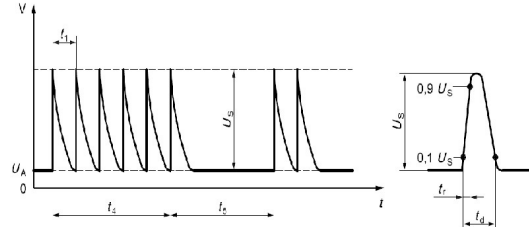
Rys. 3. Parametry i kształt pulsu 2a (wg ISO 7637-2 [5])

Parameters	Nominal 12 V system	Nominal 24 V system
U_s	-112 V to -220 V	-150 V to -300 V
R_i	50 Ω	
t_d	150 ns \pm 45 ns	
t_r	5 ns \pm 1,5 ns	
t_1	100 μ s	
t_4	10 ms	
t_5	90 ms	



Rys. 4. Parametry i kształt pulsu 3a (wg ISO 7637-2 [5])

Parameters	Nominal 12 V system	Nominal 24 V system
U_s	+75 V to +150 V	+150 V to +300 V
R_i	50 Ω	
t_d	150 ns \pm 45 ns	
t_r	5 ns \pm 1,5 ns	
t_1	100 μ s	
t_4	10 ms	
t_5	90 ms	



Rys. 5 Parametry i kształt pulsu 3b (wg ISO 7637-2 [5])

Minimalne wymagania dla badań odporności pulsami przedstawiono poniżej:

Test pulse ^a	Selected test level ^b	Test pulse severity level, $U_s^{c,d}$ V			Min. number of pulses or test time	Burst cycle/ pulse repetition time	
		IV	III	I / II		min.	max.
1		-150	-112	-75	500 pulses	0,5 s	e
2a		+112	+55	+37	500 pulses	0,2 s	5 s
2b		+10	+10	+10	10 pulses	0,5 s	5 s
3a		-220	-165	-112	1 h	90 ms	100 ms
3b		+150	+112	+75	1 h	90 ms	100 ms

^a Test pulses as in 5.6.
^b Values agreed between vehicle manufacturer and equipment supplier.
^c The amplitudes are the values of U_s as defined for each test pulse in 5.6.
^d The former levels I and II are revised because they did not ensure sufficient immunity in subsequent road vehicles' design.
^e The maximum pulse repetition time shall be chosen such that it is the minimum time for the DUT to be correctly initialized before the application of the next pulse and shall be $\geq 0,5$ s.

Rys. 6. Minimalne wymagania pulsów wg normy ISO 7637-2 [5]

W niniejszym opracowaniu pominięto puls 2b, ze względu na brak odwołania do niego w normach zakładowych i wymaganiach koncernów.

Tabela 2. Zestawienie wymagań poszczególnych koncernów dla badań pulsów (1, 2a, 3a, 3b) wg ISO 7637-2 [5]

Wymaganie (dokument), specyfikacja	Napięcie zasilania	Maksymalna amplituda	
		12 V	24 V
BMW Daimler	1	-100	-600
		500 x	
	2a	75	100
		500 x	
	3a	-150	-200
		10 min	
3b	100	200	
	10 min		
Renault NISSAN	1	-100	-
		5000 x	
	2a	100	-
		5000 x	
	3a	-150	-
		1 h	
3b	-100	-	
	1 h		
PSA	1	-100	-
		500x	
	2a	100	-
		500x	

	3a	-150	⋮	-
			1 h	
	3b	100	⋮	-
			1 h	
FIAT	1	-100	⋮	-
			500 x	
	2a	100	⋮	-
			500 x	
	3a	-150	⋮	-
			15 min	
	3b	100	⋮	-
			15 min	
VW	1	-100	⋮	-
			5000 x	
	2a	75	⋮	-
			5000 x	
	3a	-150	⋮	-
			2 h	
	3b	100	⋮	-
			2 h	

W Tabeli 2 zamieszczono zestawienie wymagań dla badania odporności na pulsy: 1, 2a, 3a i 3b wg norm zakładowych i specyfikacji określonych przez dany koncern. W szarych polach zaznaczono te wymagania, które są ostrzejsze od wymagań minimalnych zapisanych w Dyrektywie [3] głównie pod kątem czasu trwania zaburzenia / liczby pulsów. Dla kontrastu pogrubioną czcionką zaznaczone te wymagania zawarte w specyfikacjach koncernów, które z kolei są łagodniejsze w stosunku do wymagań Dyrektywy [3].

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono podejście do zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) przez podzespoły elektryczne/ elektroniczne (PZE). Scharakteryzowano rodzaje pomiarów emisji zaburzeń elektromagnetycznych, badania odporności na sygnały elektromagnetyczne (BCI) oraz badania odporności na różne rodzaje pulsy.

Omówiono wymagania dla producentów tych wyrobów zawarte w Dyrektywie 2004/104/WE [3] i Regulaminie nr 10 EKG ONZ [4] oraz w specyfikacjach koncernów samochodowych. Powyższe wymagania porównano między sobą uwypuklając największe różnice. Jak wykazano na przykładzie kilku badań (BCI [6] oraz pulsów [5]: 1, 2a, 3a i 3b), wymagania koncernów w większości pokrywają się z wymaganiami minimalnymi zawartymi w Dyrektywie [3] czy Regulaminie [4]. Wyróżnić można również kilka koncernów, które zdecydowanie mają ostrzejsze wymagania dla PZE dla swoich pod-

dostawców. Z doświadczenia wynika, że część PZE opracowanych jako podzespoły standardowe (dotyczy części elektronicznej wyrobu) – wykorzystywane w wielu modelach różnych koncernów samochodowych, ze względu na zróżnicowane wymagania zawarte w specyfikacjach koncernów, mogą być wykorzystywane tylko w niektórych markach. Sytuacja ta jest spowodowana negatywnymi wynikami badań dla wyższych wymagań niektórych specyfikacji.

6. Literatura

- [1]. S. Łukjanov, K. Kopeczyński: „Wybrane zagadnienia dotyczące badań i oceny wyposażenia elektrycznego i elektronicznego pojazdów samochodowych”, *Autoprogres-Konmot*, Rynia k. Warszawy 2006.
- [2]. S. Łukjanow, B. Pijanowski: „Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) w aspekcie rozwoju techniki motoryzacyjnej”, *Czasopismo techniczne*, z. 8-M/2008, str. 109 -121, 2008.
- [3]. Dyrektywa Komisji 2004/104/WE z dnia 14 października 2004 r. dostosowująca do postępu technicznego dyrektywę Rady 72/245/EWG odnoszącą się do zakłóceń radioelektrycznych (zgodności elektromagnetycznej) pojazdów oraz zmieniająca dyrektywę 70/156/EWG w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do zatwierdzenia typu pojazdów silnikowych i ich przyczep,
- [4]. Regulamin nr 10 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w odniesieniu do kompatybilności elektromagnetycznej, wersja 3, 11.07.2008 r.,
- [5]. Norma ISO 7637-2 – zakłócenia elektryczne powodowane przez przewodzenie i przez sprzężenie. (...) Przewodzenie przebiegów przejściowych wyłącznie wzdłuż przewodów zasilających w pojazdach z instalacją 12 V lub 24 V.
- [6]. Norma ISO 11452-4 – metoda badań elektrycznych zaburzeń pochodzących od wąskopasmowych zaburzeń promieniowanych (BCI) – metody badania części (PZE),
- [7]. Norma CISPR 25 – (...) Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych. Dopuszczalne poziomy i metody pomiarów w odniesieniu do ochrony urządzeń pokładowych.