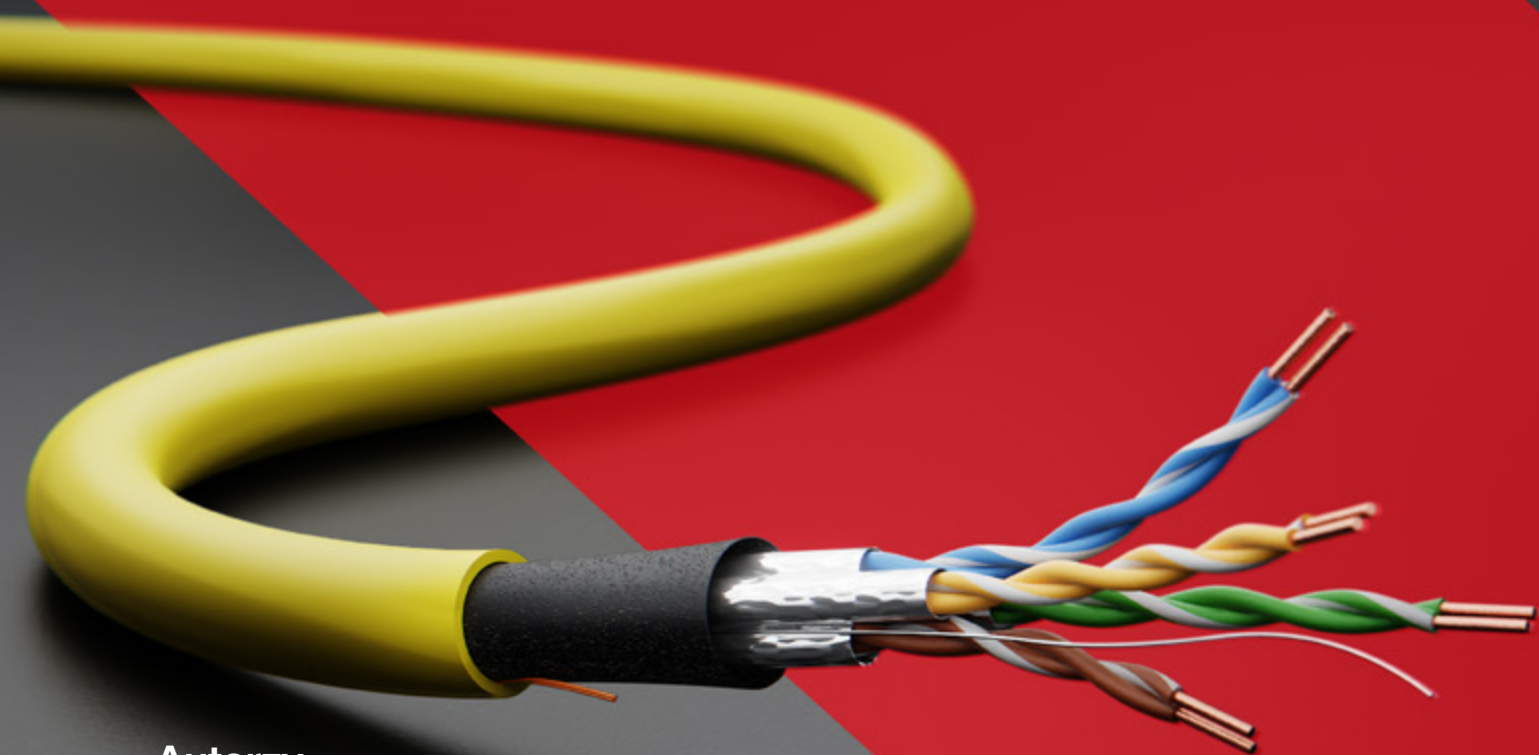


FIBRAIN 

Innowacyjne konstrukcje kabli ekranowanych mieszkanką ferrytową

BUDOWA, BADANIA WSTĘPNE
I ZASTOSOWANIE



Autorzy:

inż. Adam Cichoń, dr inż. Marian Wronikowski,
mgr Inż. Filip Walkowicz, Armand Szczęsny,
mgr inż. Mariusz Solski, mgr inż. Karol Golec,
mgr inż. Bartosz Rutkowski

FIBRAIN Sp. z o.o.

1. Wstęp

Już od lat 70. mówi się o problemach związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną (ang. *EMC – Electromagnetic Compatibility*) oraz kwestiach regulacyjnych dotyczących EMC.

PN-CISPR 16-2:1999 – wersja polska

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Wymagania dotyczące urządzeń i metod pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne -- Metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne.

PN-EN 61000-6-3:2008/A1:2012

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-3: Normy ogólne -- Norma emisji w środowiskach: mieszkalnym, handlowym i lekko uprzemysłowionym.

PN-EN 50561-1:2013-12

Urządzenia do komunikacji z wykorzystaniem sieci zasilającej niskiego napięcia - Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych - Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru - Część 1: Urządzenia użytku domowego

Problem ten jest na tyle ważny, że ustanowiono Europejską Dyrektywę 2014/30/UE – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). W Polsce regulacją tych problemów zajmuje się Polski Komitet Normalizacyjny, który wydał wiele norm związanych z tym tematem, m. in.:

W normach podano wymagania dotyczące badań odporności na zaburzenia ciągłe i przejściowe, przewodzone oraz promieniowane, łącznie z wyładowaniami elektrostatycznymi, dotyczące sprzętu elektrycznego i elektronicznego przewidzianego do stosowania w środowisku mieszkalnym, handlowym i lekko uprzemysłowionym. Wymagania obejmują zakres częstotliwości od 0 Hz do 400 GHz.

Rozporządzenia i wymagania UE oraz normy PN-EN dotyczą nie tylko urządzeń elektrycznych, ale również kabli pracujących w obiektach budowlanych i sieciach energetycznych.

Od kilku lat na polskim rynku kablowym obserwuje się ciągły wzrost produkcji różnych typów kabli do konkretnych zastosowań oraz zwiększenie zapotrzebowania na kable ekranowane. Projektanci instalacji elektrycznych nie bez powodu zawierają w swoich projektach kable ekranowane. Przyczyną tego jest coraz większa liczba urządzeń generujących wzajemnie zakłócające się pola elektromagnetyczne.

Ekran będący częścią składową kabla spełnia trzy podstawowe funkcje:

- odpowiada za ochronę wnikania zakłóceń ze źródła zewnętrznego do kabla, jak również chroni urządzenia na zewnątrz kabla przed zakłóceniami, których źródłem jest kabel,
- steruje rozkładem pola elektromagnetycznego na żyłach izolowanych kabli średnich i wysokich napięć,
- zapewnia kompatybilność elektromagnetyczną urządzeń elektrycznych.

Rodzaje ekranów spełniających wymogi kompatybilności elektromagnetycznej EMC

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) to zdolność danego urządzenia lub systemu do poprawnej pracy w określonym środowisku elektromagnetycznym, oraz nie emitowanie zaburzeń pola elektromagnetycznego zakłócającego poprawną pracę innych urządzeń pracujących w tym środowisku.

Efektywność ekranów bada się mierząc poziom zakłóceń przenikających od źródła zewnętrznego do toru kabla pozbawionego ekranu oraz poziom zakłóceń od tego samego źródła do tego samego toru kabla, który jest chroniony badanym ekranem. Różnica obu zmierzonych poziomów zakłóceń nazywana jest *tłumiennością ekranowania* i jest wyrażana w decybelach [dB].



Ekran służący zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej, jeśli są elementami kabli i przewodów giętkich mają zazwyczaj konstrukcje plecioną z pasemek miedzianych ocynowanych lub nie ocynowanych. Zasadniczą właściwością tych ekranów jest gęstość oplotu (stosunek powierzchni ekranu do powierzchni ekranowego kabla wyrażona w procentach). Skuteczność ekranowania za pomocą oplotu można regulować za pomocą zmianę liczby miedzianych pasemek, średnicy drucików w pasemku, lub konta oplotu. Wykonany w ten sposób ekran może mieć do 94% pokrycia powierzchni kabla. Zaletą tych ekranów jest elastyczność i odporność na drgania.

W kablach z żyłami jednodrutowymi klasy 1, ułożonych na stałe np. w korytkach kanałach i na drabinkach kablowych, ekran wykonuje się przez obwój cienką taśmą miedzianą. Ekran wykonany w ten sposób ma 100% pokrycia powierzchni kabla, lecz jego wadą jest brak elastyczności i duże promienie zaginania.

Kolejną konstrukcją ekranu jest folia polimerowa jednostronnie metalizowana, która może być ułożona wzdłużnie lub obojowo na ośrodku żyły lub kabla, pod którą powinien znajdować się drucik zapewniający styk elektryczny z metalizowaną stroną folii. Drucik uziemiający powinien być połączony z potencjałem zerowym obwodu elektrycznego. Zadaniem takich ekranów jest odprowadzenie ładunków elektrostatycznych mogących zakłócać sygnały niskoprądowe.

W kablach energetycznych średniego i wysokiego napięcia stosuje się indywidualne ekranowanie żył.

Polega ono na wytłoczeniu ekranów i izolacji na gołe żyły w jednej operacji. Ekran półprzewodzący współpracując ze sobą, sterują rozkładem pola elektrycznego w izolacji. Wszystkie ekrany półprzewodzące żył muszą być połączone elektrycznie z uziemioną żyłą powrotną.

Ekran złożony, bardzo dobrze zabezpiecza przed wpływem pól elektromagnetycznych zewnętrznych o szerokim zakresie częstotliwości i są stosowane do ekranowania ośrodków przewodów i kabli, (a szczególnie kabli koncentrycznych). Składają się one z ekranu w postaci obwoju taśmą z folii polimerowej jednostronnie metalizowanej, na którą nałożony jest ekran w postaci oplotu z pasemek miedzianych lub miedzianych ocynowanych. Dwa połączone w ten sposób ekrany dają 100% pokrycia powierzchni kabla. Ta konstrukcja ekranu jest najbardziej skuteczna i najczęściej jest stosowana w kablach koncentrycznych.

Na podstawie obliczeń wynika, że skuteczne ekranowanie kabli pasemkami miedzianymi jest bardzo drogie i pracochłonne. Często zdarza się, że ilość miedzi zużytej na skuteczne ekranowanie przewyższa ilość miedzi zużytej na żyły kabla.

2. Badania

W poszukiwaniu tańszych i szybszych rozwiązań ekranowania kabli opracowano mieszankę, w skład której wchodzi tworzywo termoplastyczne oraz sproszkowany ferryt. Ferryt jest nieprzewodzącym materiałem wykazującym bardzo interesujące zachowania magnetyczne. Jako materiał ferromagnetyczny, przechodzi przez pętle histerezy, gdy znajduje się pod wpływem zmiennego pola magnetycznego. Magnesowanie i rozmagnesowanie materiału powoduje znaczne straty energii o wysokiej częstotliwości. Energia ta jest pochłaniana przez ziarenka ferrytu i przekształcona w ciepło. Zjawisko to zostało wykorzystane do ekranowania kabli i przewodów metodą wytłaczania.

Sprawność wytłaczanego ekranu na kablu przed zakłóceniami elektromagnetycznymi opiera się na dwóch składowych: składowej pochodzącej od pola elektrycznego, która jest tłumiona głównie przez ekran z taśmy aluminiowej oraz składowej pochodzącej od pola magnetycznego, która jest tłumiona przez prądy wirowe w wytłoczonym ekranie ferrytowym kabla.

Mieszanka ferrytowa ekranująca składała się z:

- materiału termoplastycznego
- wysokiej jakości proszku ferrytowego

Wstępnie w wykonano ekranowanie przewodu o różnym składzie procentowym ferrytu w tworzywie.

Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że mieszanka ferrytowa musiała być odpowiednio dobrana do przenoszonych częstotliwości przez kabel przy jednoczesnej optymalnej grubości ścianki wytłoczonego ekranu ferrytowego. Wymagało to wielu prób, pomiarów i badań.

Efekt ten jest porównywalny z nasuniętymi pierścieniami ferrytowymi wzdłuż kabla, ale jednorodna powłoka ferrytowa nie powoduje żadnych stromych zmian impedancji na całej długości kabla.

Metoda wytłaczania ekranów ferrytowych bezpośrednio na żyłę lub na izolowany ośrodek kabla jest stosowana przez nielicznych producentów kabli w Europie. W Polsce metoda wytłaczania ekranów ferrytowych nie jest stosowana.

Firma FIBRAIN Sp. z o.o. postanowiła podjąć ten temat jako pierwsza w Polsce. Głównym zadaniem było doświadczalne opracowanie technologii wykonania mieszanki ferrytowej. Trzeba było ustalić udział procentowy ferrytu w tworzywie termoplastycznym.

Do pierwszych prób użyto kabla koncentrycznego, który pokryto mieszankami o różnym składzie procentowym ferrytu i różnych grubościach ścianki ekranu. Badania tych kabli zostały przeprowadzone w Instytucie Łączności w Warszawie.

3. Wyniki

Wyniki pomiarów przedstawia **Tablica 1**.

Korzystając z wyników pomiarów, sporządzono logarytmiczny wykres tłumienności ekranów z różnymi procentowymi domieszkami ferrytu.

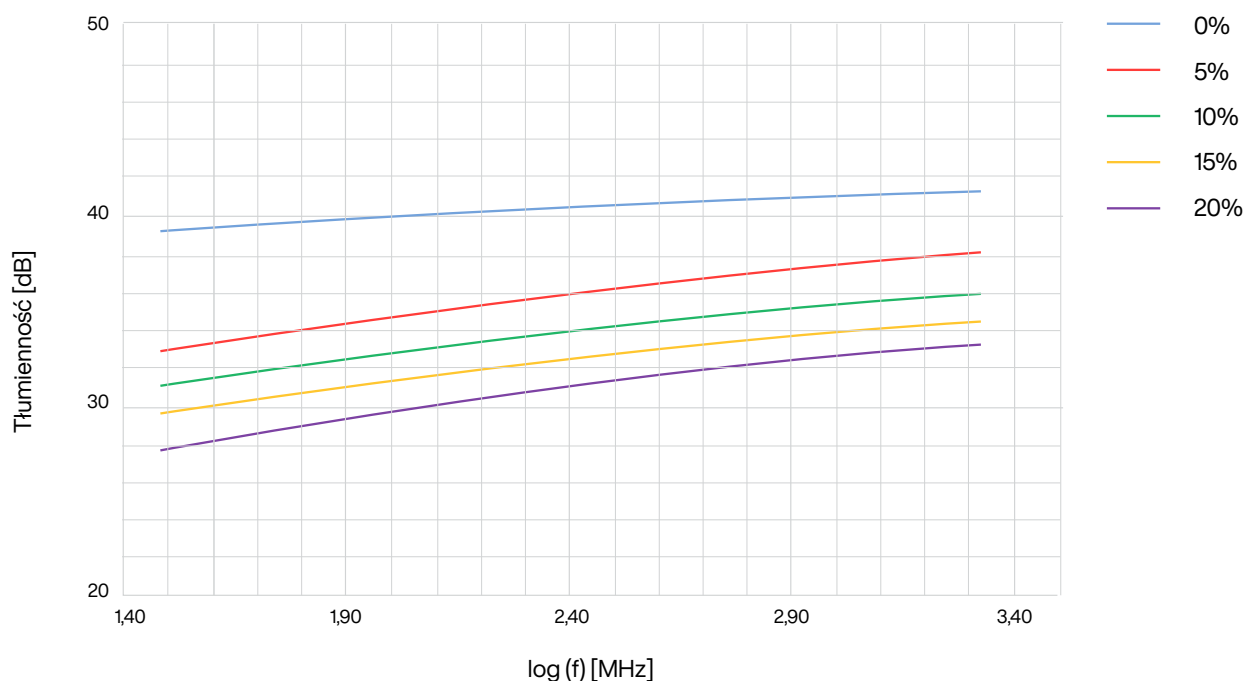
[MHz]		Tłumienność [dB]				
f	log(f)	0%	5%	10%	15%	20%
30	1,48	39	36	32	30	30
100	2,00	40	35	32	31	31
200	2,30	45	33	30	25	34
500	2,70	39	31	34	33	33
1000	3,00	39	40	36	34	35
1200	3,08	36	35	40	33	34
1300	3,11	37	35	45	32	34
1500	3,18	37	37	44	32	32
2000	3,30	43	42	26	34	34
2150	3,33	51	44	25	36	37

Tablica 1. Wyniki pomiarów kabla koncentrycznego o różnym składzie procentowym ferrytu

Kolumna:

1. Pomiary tłumienności w zakresie częstotliwości $f = 30$ do 2150 MHz
2. Logarytm w zakresie mierzonych częstotliwości $\log(f) = 1,48$ do $3,33$ MHz
3. Mieszanka ekranująca bez dodatków 0%
4. Mieszanka ekranująca z dodatkiem 5%
5. Mieszanka ekranująca z dodatkiem 10%
6. Mieszanka ekranująca z dodatkiem 15%
7. Mieszanka ekranująca z dodatkiem 20%

Korzystając z wyników zawartych w **Tablicy 1**, sporządzono logarytmiczny wykres tłumienności [dB] w funkcji częstotliwości $\log(f)$, Wykres 1. Następnie dokonano analizy wykresu logarytmicznego z którego wynika, że optymalny skład procentowy mieszanki ferrytowej wynosi 15% domieszkowania ferrytu z tworzywem termoplastycznym. Grubość ścianki ekranu ferrytowego była testowana w zakresie od 0,5 do 0,8 mm.



Wykres 1. Logarytmiczny wykres tłumienności w zależności od składu mieszanki ferrytowej.

Ja widać z Wykresu 1., najniższej położona fioletowa linia logarytmiczna wykazuje największe tłumienie ekranu z tworzywa domieszkowanego ferrytem 15%.

Badania te należy traktować jako przyczynek do dalszych pogłębionych badań, które należy kontynuować, jednak uzasadniają one, że ekranowanie kabli mieszanką ferromagnetyczną spełnia swoje zadanie.

Dalsze badania nad kompatybilnością elektromagnetyczną EMC będą kontynuowane.

Zaprezentowane efekty stanowią część prac badawczo-rozwojowych projektu pn. „Opracowanie nowatorskich kabli hybrydowych nowej generacji”, nr RPPK.01.02.00-18-0043/17-00 współfinansowanego w ramach Osi Priorytetowej nr I „Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014 - 2020.



FIBRAIN®

Born from motivation
built on innovations.



Centrum produktów FIBRAIN → www.fibrain.pl

FIBRAIN Sp. z o.o.
36-062 Zaczernie 190F
Poland

phone +48 17 866 08 00
fax. +48 17 866 08 10
e-mail info@fibrain.pl