

VIII KONFERENCJA  
Pomiary i diagnostyka w sieciach  
elektroenergetycznych

31 maja 2023 r., Kołobrzeg

Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń  
odbiorczych w kontekście komunikacji PLC w  
systemach klasy AMI

*dr inż. Borys Semenowicz*

*ENERGA-Operator SA*



**Energa**  
operator

# EMC definicja

Zdolność danego urządzenia elektrycznego lub elektronicznego do poprawnej pracy w określonym środowisku elektromagnetycznym i nieemitowanie zaburzeń pola elektromagnetycznego zakłócającego poprawną pracę innych urządzeń pracujących w tym środowisku.

Poziom zakłóceń musi być mniejszy niż poziom odporności urządzenia.

# EMC rys historyczny

Problem zaczęto obserwować wraz z rozwojem radia i modulacji amplitudowej w obecności różnego rodzaju urządzeń elektrycznych (początek XX w).

Następnie w okresie wojennym i późniejszym wystąpił problem wzajemnego oddziaływania urządzeń na okrętach, który wynikał z małych odległości i dużego zagęszczenia wyposażenia okrętu. EMC definiowano wówczas jako zdolność do niezakłóconego odbioru informacji w danym środowisku.

**Wraz z rozwojem techniki problem EMC przeszedł do życia codziennego**

Dyrektywa 2014/30/UE, Ustawa z dn. 13.04.2007 o kompatybilności EM

Przy czym definicja urządzenia jest w 2004/108/WE, jest to m.in. aparatura dostępna w sprzedaży, instalacje ruchome, ale także systemy pomiarowe, maszyny i *sieci elektroenergetyczne*.

# EMC geneza problemu

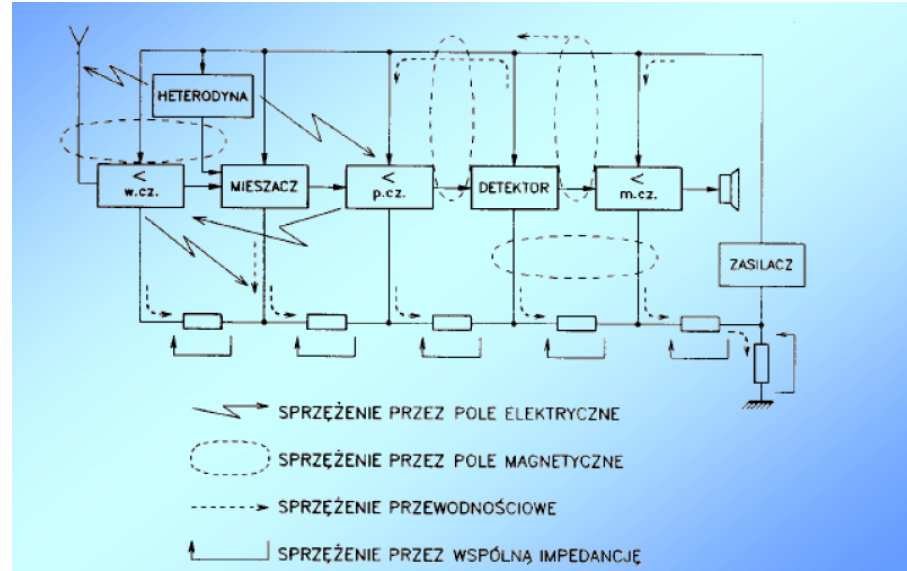
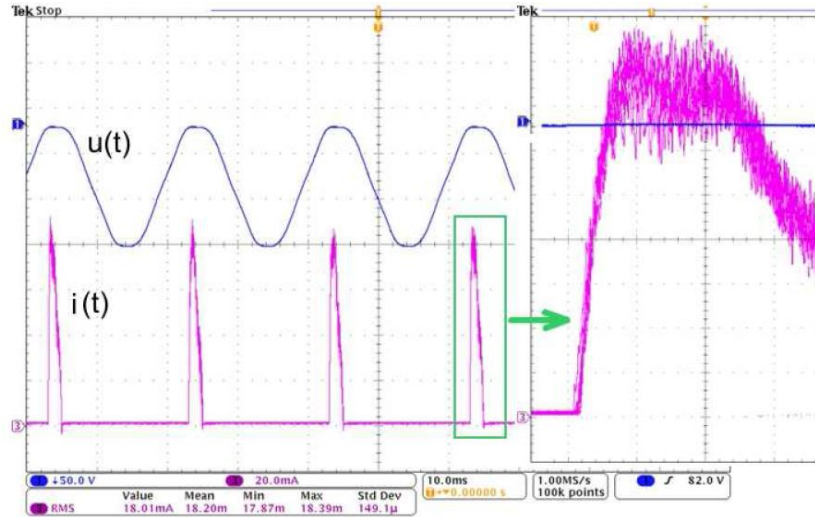
Rozwój elektroniki i energoelektroniki, duże stromości przełączanych prądów i związane z tym widmo emitowanego sygnału;

Dążenie do minimalizacji urządzeń, zwiększania ich sprawności i zwiększania współczynnika gęstości komutowanej energii na jednostkę masy, objętości lub powierzchni układu;

Rozwój układów cyfrowych;

Niedoskonałość urządzeń (pojemności pasożytnicze, nieszczelne elektromagnetycznie obudowy, uproszczona filtracja, błędy konstrukcyjne, ograniczanie kosztów wytworzenia), zawsze istnieje kompromis pomiędzy stopniem złożoności urządzenia, a jego kosztem. Powoduje to oddziaływanie na środowisko zewnętrzne.

# EMC geneza problemu



Przebieg prądu i napięcia  
w obwodzie prostownika

Źródło: Zeszyty Naukowe WEiA PG GDE 2017

Rodzaje sprzężeń EM wewnątrz  
odbiornika

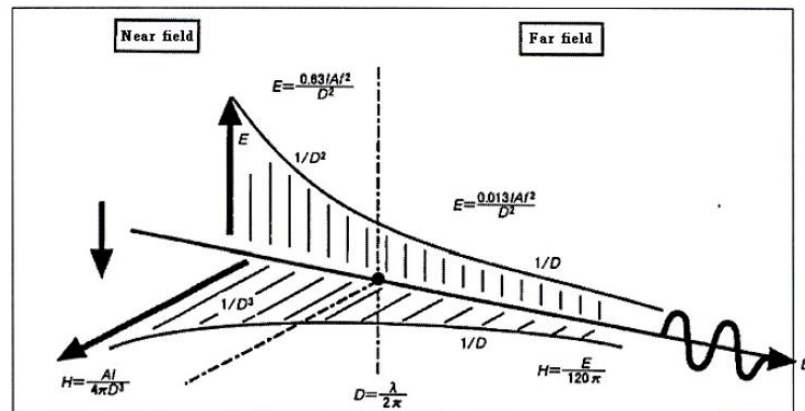
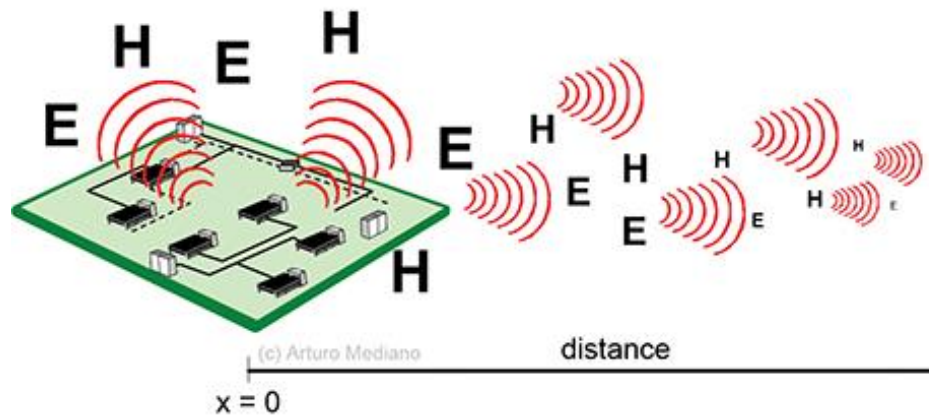
Źródło: Pol. Łódzka dr inż. Piotr Pietrzak

# EMC sprzężenia z otoczeniem

Rodzaj i wielkość sprzężenia z otoczeniem zależy od częstotliwości emitowanego sygnału i wielkości komutowanej energii.

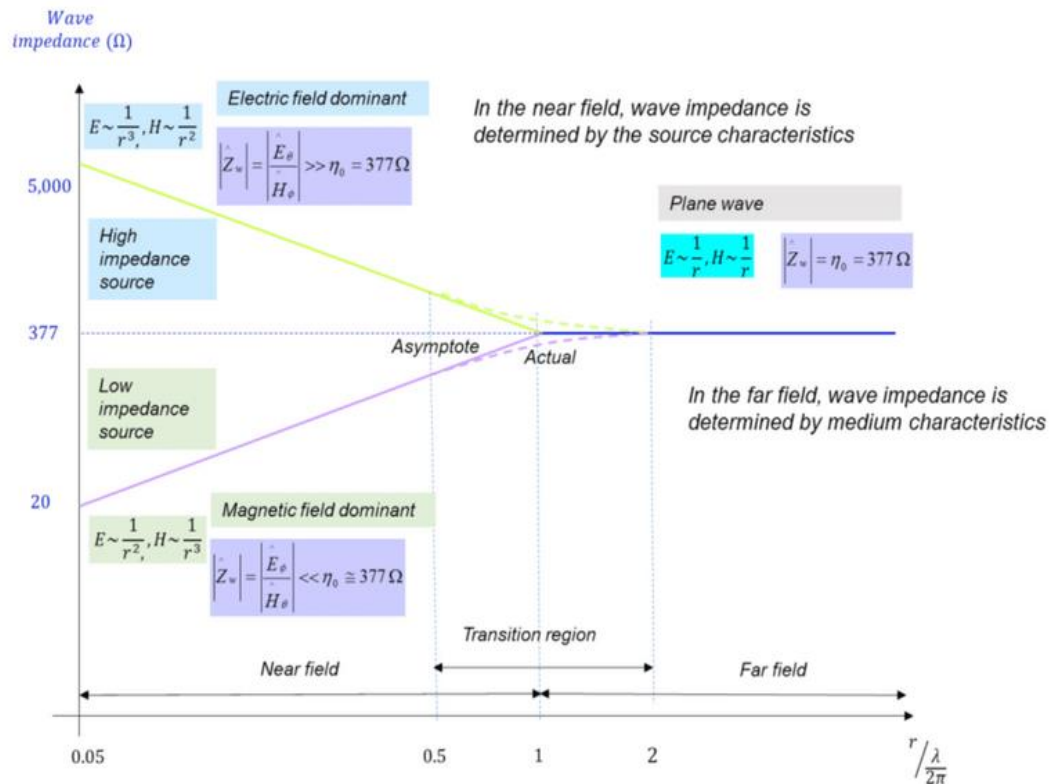
Pole sprzężenia może być **bliskie** (czyli dominującym czynnikiem jest jedno z pól: E lub M czyli pojemność lub indukcyjność sprzęgająca), lub **dalekie**, gdy sprzężenie jest poprzez pole EM.

Taka sama odległość dla jednej częstotliwości może być oddziaływaniem w polu bliskim, a dla innej polem dalekim.



Źródło: Internet

# EMC sprzężenia z otoczeniem

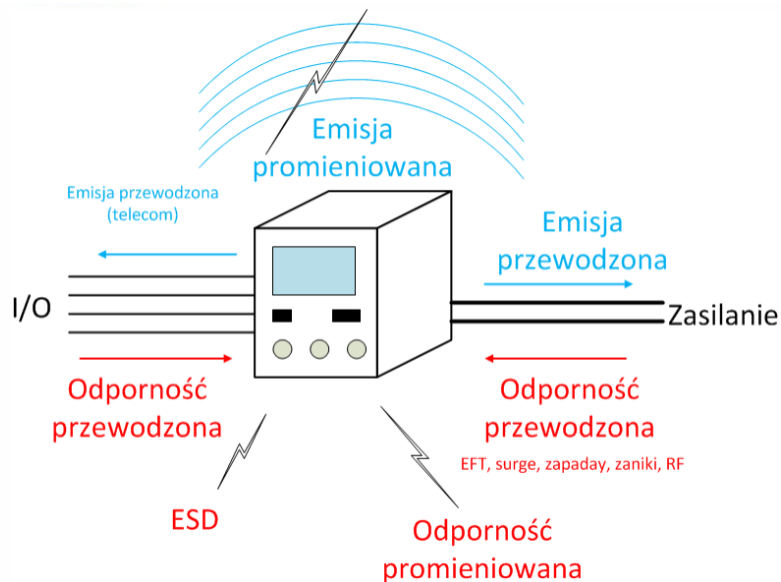


W zależności od rodzaju oddziaływania EM trzeba dobrać właściwe **środki zaradcze** dostosowane do rodzaju pola, aby zmniejszyć stopień oddziaływania pomiędzy urządzeniami.

Trzeba też uzupełnić o inne metody jak uziemianie, filtrację, symetryzowanie obciążeń. Jest to sztuka inżynierska dot. **konstrukcji urządzenia** jak i jego **poprawnego montażu**.

Łącznie te działania mają nie tyle zlikwidować zakłócenie co sprowadzić jego poziom do **wartości poniżej sygnału użytecznego**.

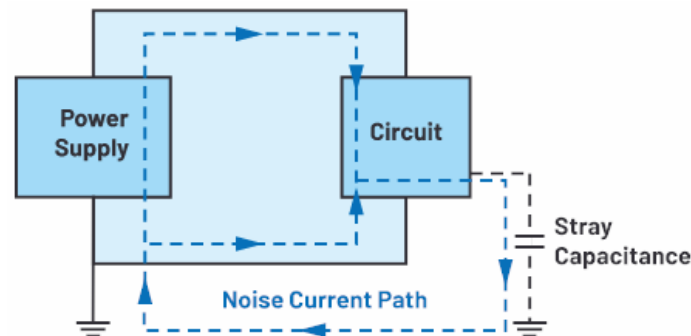
# EMC inne rodzaje sprzężeń i wpływ urządzeń na sieć elektryczną



Źródło [www.een.org.pl](http://www.een.org.pl)

Każde urządzenie elektryczne oddziałuje także na sieć elektryczną, a poprzez impedancje sieci oddziałuje także na inne odbiorniki.

Przyczyną oddziaływań jest także wewnętrzna budowa urządzenia, ekrany, ścieżki, generatory, filtry.

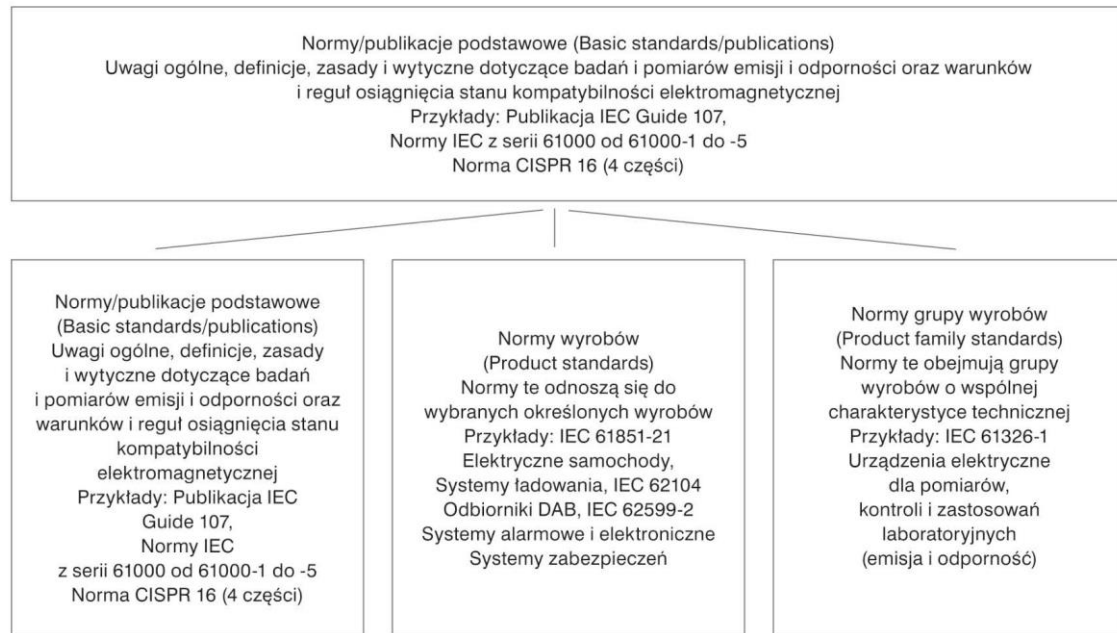


Źródło [www.elektroda.pl](http://www.elektroda.pl)





# EMC – regulacje normatywne wobec odbiornika



Każde zjawisko dotyczące rodzaju zakłóceń jest określone w odpowiedniej normie wskazującej na wymagania dot. wielkości fizycznych podlegających ocenie

# EMC – normy 61000

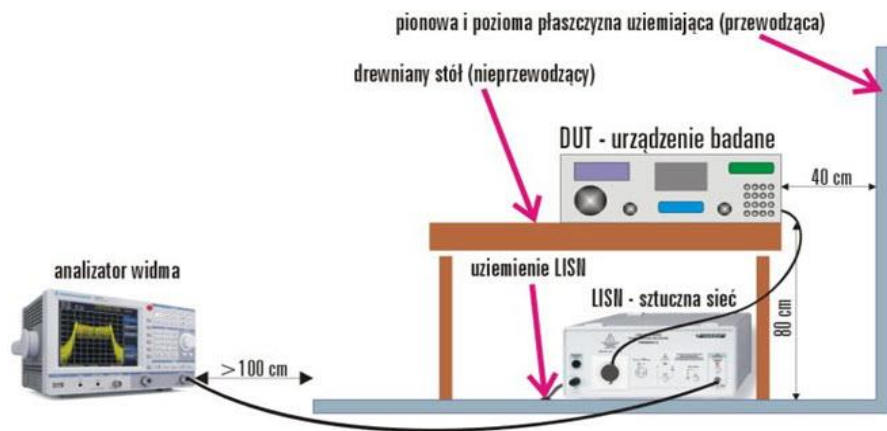
Tabela 1. Normy IEC związane z badaniami kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)

Oznaczenie normy / numer referencyjny NP	Zawartość normy
PN-EN 61000-1-2:2006-11	Postanowienia ogólne – Metodologia osiągnięcia bezpieczeństwa funkcjonalnego elektrycznych i elektronicznych systemów z uwzględnieniem wyposażenia, w odniesieniu do zjawisk elektromagnetycznych
PN-EN 61000-2-2:2003	Środowisko – Poziomy kompatybilności dotyczące zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości i sygnałów przesyłanych w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia
PN-EN 61000-2-4:2003	Środowisko – Poziomy kompatybilności dotyczące zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości w sieciach zakładów przemysłowych
PN-EN 61000-3-2:2019-04	Poziomy dopuszczalne – Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu ( $\leq 16$ A)
PN-EN 61000-3-3:2013-10	Poziomy dopuszczalne – Ograniczenie zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia, powodowanych przez odbiorniki $\leq 16$ A
PN-EN 61000-3-11:2020-1	Poziomy dopuszczalne – Ograniczenie zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia ( $\leq 75$ A)
PN-EN 61000-3-12:2012	Poziomy dopuszczalne – Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu dla odbiorników o znamionowym prądzie fazowym $> 16$ A i $\leq 75$ A przyłączonych do publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia
PN-EN 61000-4-2:2011	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne
PN-EN 61000-4-3:2007	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na promieniowane pole elektromagnetyczne RF
PN-EN 61000-4-4:2013-05	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na serię szybkich elektrycznych stanów przejściowych
PN-EN 61000-4-5:2014-10	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na udary
PN-EN 61000-4-6:2014-04	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola RF

# EMC – normy 61000

PN-EN 61000-4-7:2007	Metody badań i pomiarów – Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznyc i interharmonicznyc oraz przyrządów pomiarowyc, dla sieci zasilajajacych i przyłączonych do nich urządzeń
PN-EN 61000-4-8:2010	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci energetycznej
PN-EN 61000-4-9:2016-11	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na impulsowe pole magnetyczne
PN-EN 61000-4-10:2017	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na pole magnetyczne oscylacyjne tłumione
PN-EN 61000-4-11:2020	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 16 A
PN-EN 61000-4-12:2017-12	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na tłumione przebiegi sinusoidalne
PN-EN 61000-4-13:2007	Metody badań i pomiarów – Harmoniczne i interharmoniczne wraz z sygnałami sieciowymi, w przyłączy zasilajajacy m prądu przemiennego – Badania odporności na zaburzenia małej częstotliwości
PN-EN 61000-4-14:2002	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na wahania napięcia
PN-EN 61000-4-15:2011	Metody badań i pomiarów – Miernik migotania światła – Specyfikacja funkcjonalna i projektowa
PN-EN 61000-4-16:2016-05	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na asymetryczne zaburzenia przewodzone do 150 kHz
PN-EN 61000-4-17:2004	Metody badań i pomiarów – Badania odporności na obecność składowej zmiennej w napięciu zasilajajacy m DC
PN-EN 61000-4-18:2009/A1:2011	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na tłumiony przebieg oscylacyjny
PN-EN 61000-4-19:2014-10	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności przyłączy energetycznych prądu przemiennego na przewodzone zaburzenia symetryczne i sygnalizację w zakresie częstotliwości od 2 do 150 kHz (dotyczy to symulacji zaburzeń pochodzących od urządzeń elektroenergetycznych – systemów transmisji po liniach elektroenergetycznych typu PLC)
PN-EN 61000-4-20:2011	Metody badań i pomiarów – Badanie emisji i odporności w falowodach z poprzeczną falą elektromagnetyczną
PN-EN 61000-4-21:2011	Metody badań i pomiarów – Metody badań w komorze rewerberacyjnej
PN-EN 61000-4-27:2004	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na asymetrię napięcia
PN-EN 61000-4-28:2004	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na zmiany częstotliwości sieci zasilajajacy m
PN-EN 61000-4-29:2004	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia występujące w przyłączy zasilajajacy m prądu stałego
PN-EN 61000-4-31:2017-04	Metody badań i pomiarów – Badanie odporności przyłączy zasilania prądem przemiennym na szerokopasmowe zaburzenia przewodzone (dotyczy to zaburzeń od szerokopasmowyc źródeł sygnału o zakresie częstotliwości od 150 kHz do 80 MHz, z ograniczeniem do urządzeń jednofazowyc <16 A)
PN-EN 61000-4-39:2017-07	Metody badań i pomiarów – Pola radiowe w bliskiej odległości

# EMC - Pomiar zakłóceń przewodzonych generowanych przez odbiorniki - normy



Źródło elektroonline.pl

**CISPR 11** Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

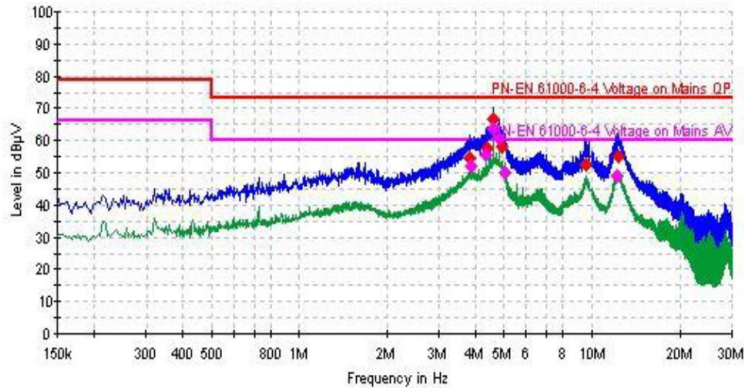
**CISPR 14** Electromagnetic compatibility (EMC) – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1 Emission; Part 2 Immunity

**CISPR 16** Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods (4 parts)

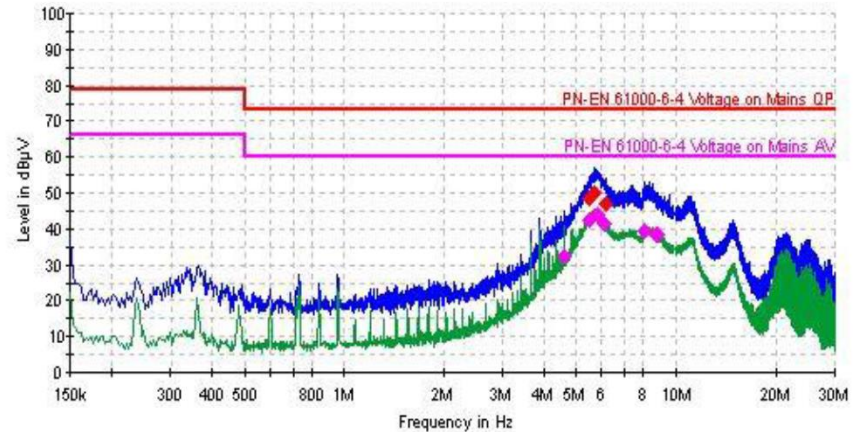
**CISPR 22** Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement (norma CISPR 22 została wprowadzona do stosowania w większości krajów europejskich i na innych kontynentach).



# EMC - Pomiar zakłóceń przewodzonych generowanych przez odbiorniki

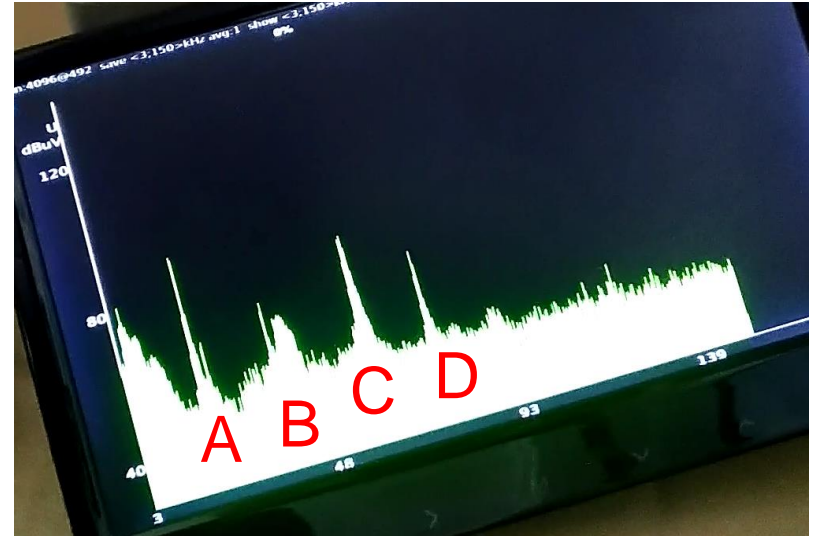
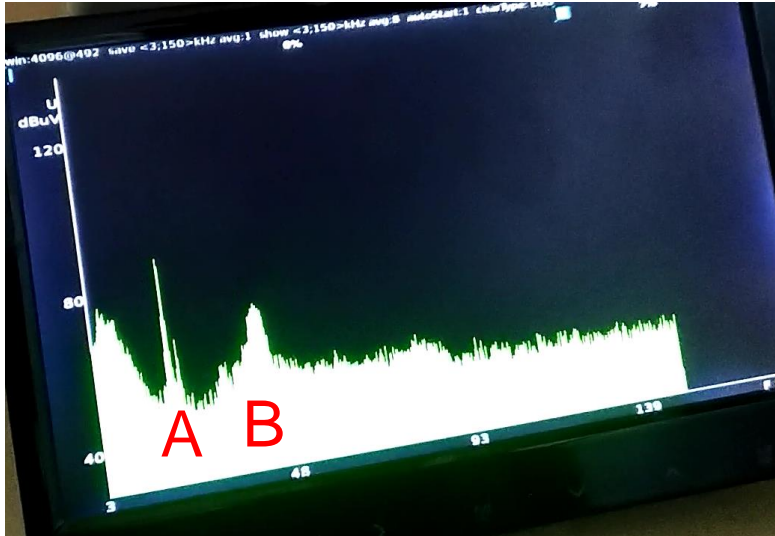


Przykład pomiaru emisji przewodzonej dla urządzenia bez i z filtrem



Źródło EMAG

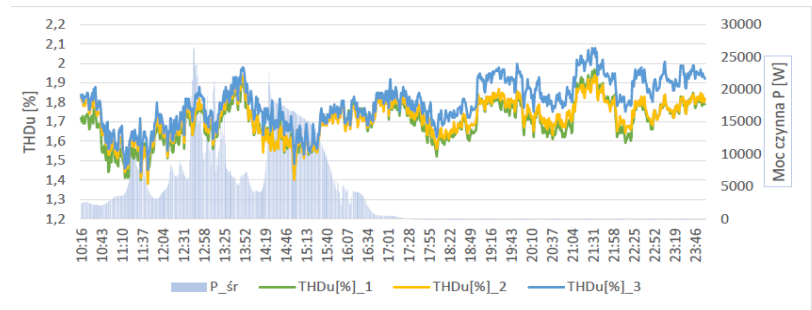
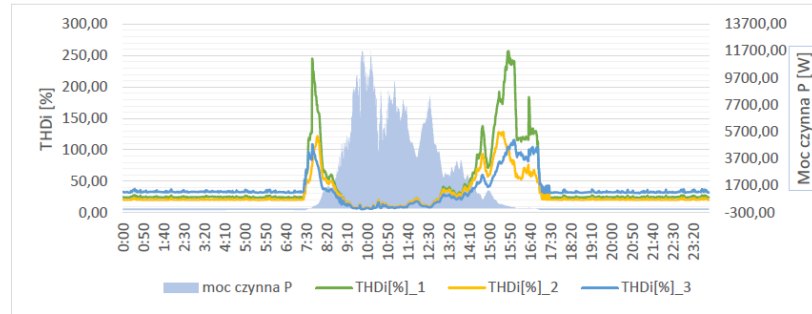
# EMC w paśmie Cenelec A, harmoniczne falownika



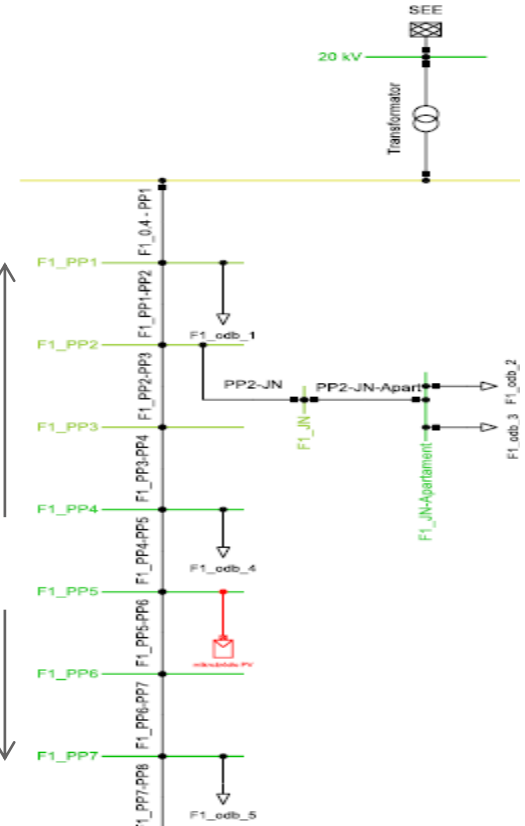
Widmo bez sygnału PLC, dwie nośne ok. 18 i 30 kHz (A, B).

Po włączeniu falownika maszynowni windy pojawiają się nośne (C, D) w paśmie chronionym Cenelec A.

# EMC - wpływ mikrogeneracji fotowoltaicznej na sieć elektro-energetyczną\*



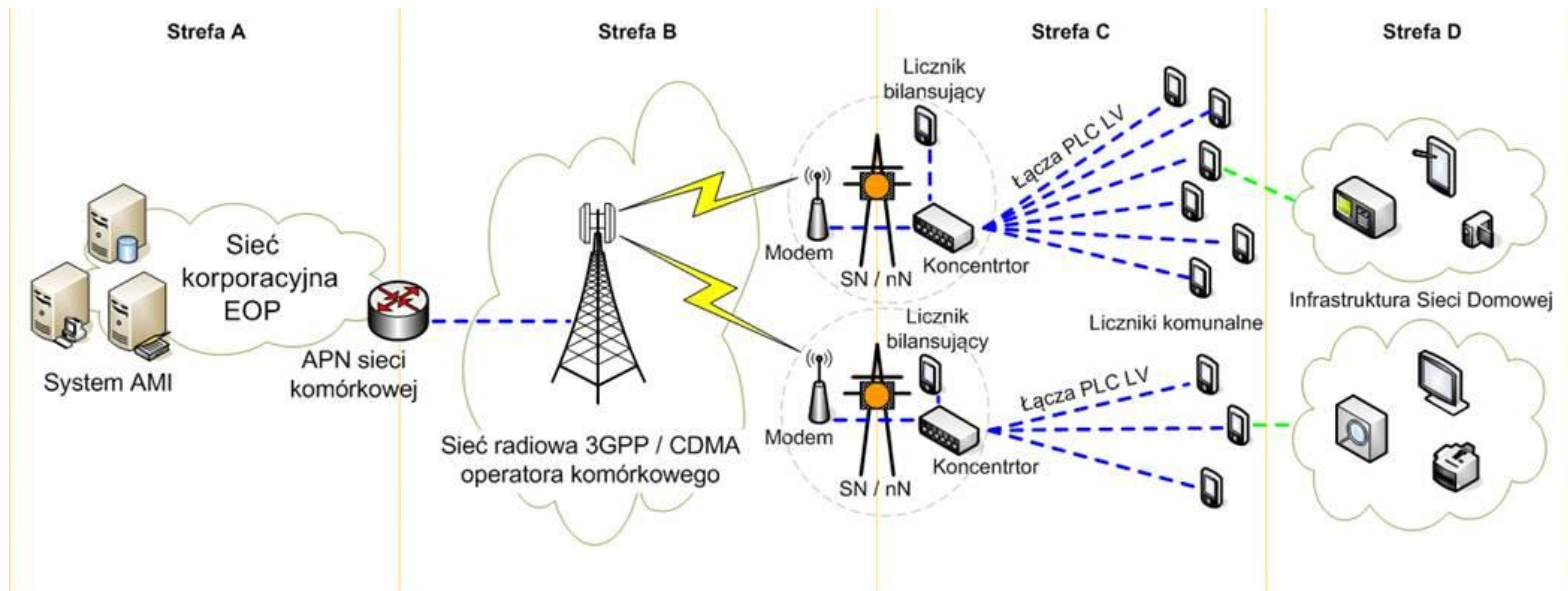
Propagacja zakłóceń



\*na podstawie pracy inż. M. Grzymkowskiej, stypendystki EOP, wykonanej na Politechnice Gdańskiej w lab. Linte<sup>2</sup>. Obliczenia w programie Power Factory.

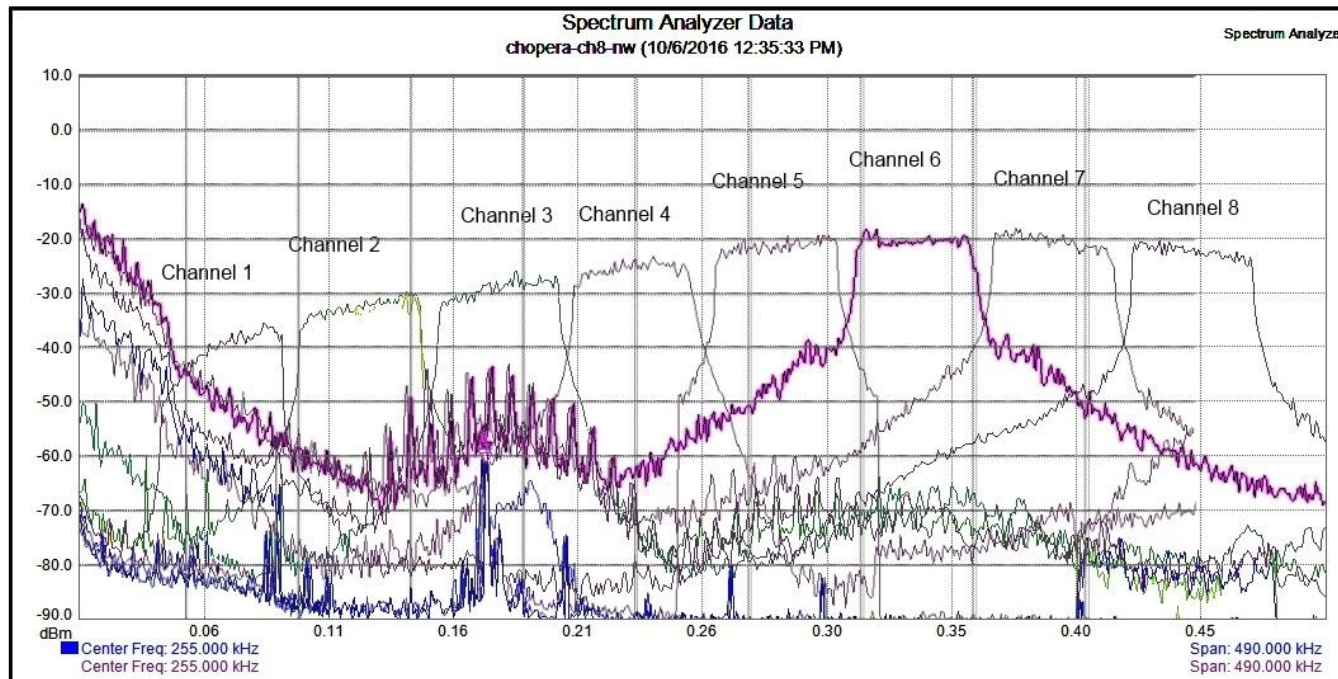


# Energa- Operator komunikacja PLC do zdalnego odczytu danych pomiarowych w sieci dystrybucyjnej



EOP użytkuje system zdalnego odczytu poprzez komunikacje przez sieć elektryczną w paśmie Cenelec A (pasmo 100 kHz). Protokół komunikacji Prime 1.3.6 1.4

# EMC – a komunikacja PLC w pasmie 100-500 kHz w OSD



Pomiary widma w sieci, na podstawie Ibedrola

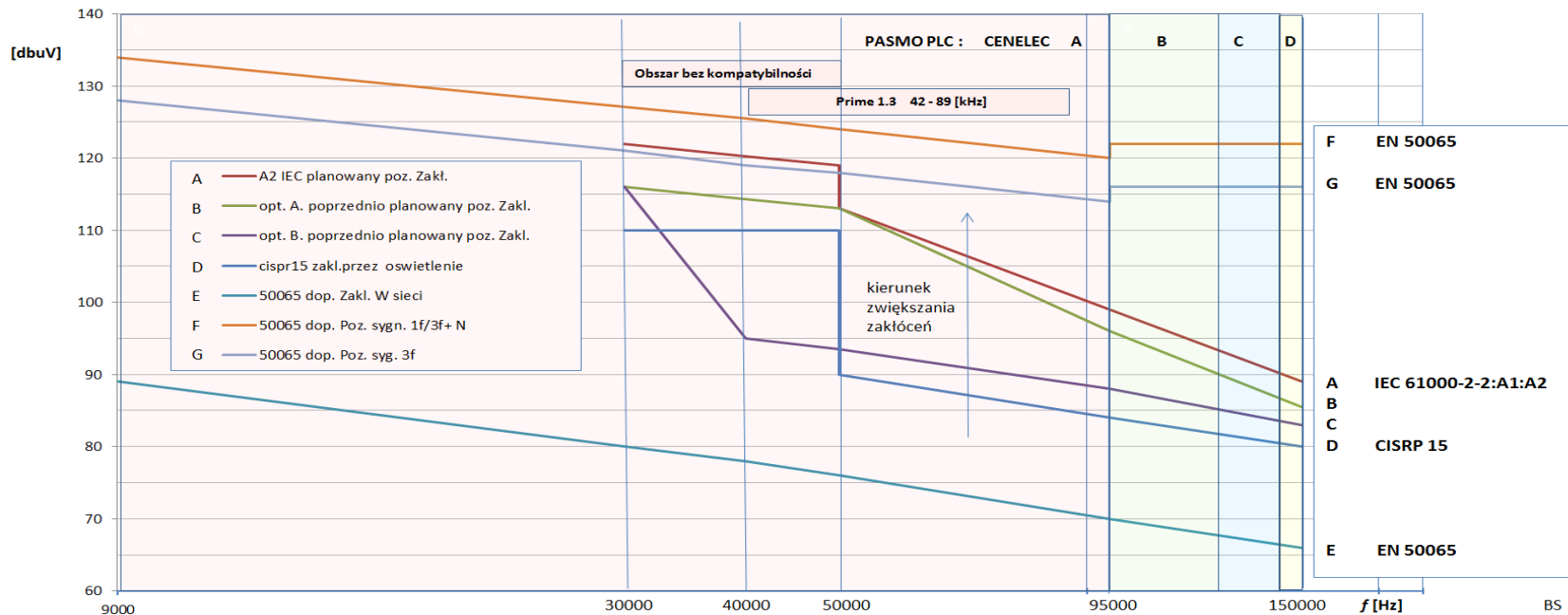
# EMC w sieci OSD w paśmie 100-500 kHz

Złożoność i koszty urządzeń spowodowały nowelizację normy pod wpływem producentów sprzętu elektronicznego z USA i Azji, (który generuje prądy odkształcone w zakresie do 100 kHz),

- W głosowaniu w 2018 roku postulaty Polski i USA zostały odrzucone, a norma przyjęta (USA za brakiem jakichkolwiek limitów zakłóceń, Polska za obniżeniem: zgodnie z uwagami slajd nr 1), pozostałe 47 krajów nie wносиło istotnych uwag,
- Norma zwiększająca poziom zakłóceń jest przyjęta jako EN i PN,
- Po tym czasie jest możliwe rozprowadzanie na rynku urządzeń o zwiększonym, ale zgodnym z normą poziomem zakłóceń.

# EMC w paśmie Cenelec A, konflikt norm

Sygnał PLC ma wartość 122 dBuV i jest w poziomie zakłóceń  
Konflikt norm EN 50065 i IEC 61000-2-2



# EMC w paśmie Cenelec A, a UKE

Odpowiedź z UKE na pismo Polskiego producenta:

*„Z uwagi na fakt, iż wskazane przez Pana zakresy częstotliwości 150-500 kHz oraz 2-12 MHz nie są zestandardyzowane na obszarze Europy, Urząd Komunikacji Elektronicznej nie widzi na chwilę obecną możliwości ich wykorzystywania na potrzeby systemów PLC na obszarze Polski. W razie pytań lub wątpliwości, prosimy o kontakt e-mail z Panem (...).”*

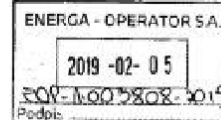
To utrudnia rozwój komunikacji PLC, a w świetle IEC 61000-2-2 skraca perspektywę użytkownika systemu zdalnego odczytu liczników w paśmie PLC Cenelec A.

Istnieje jednak konieczność poszukiwania innych pasm z uwagi na to, że sieć OSD jest siecią zamkniętą (nie emituje pola) i nie podlega radiodyfuzji i zainteresowaniu UKE. Jednakże urządzenia PLC muszą wypełniać dyrektywę EMC.



PREZES  
URZĘDU KOMUNIKACJI ELEKTRONICZNEJ

DC.WIP.0143.2.2019.4



Energa Operator S.A.  
ul. Marynarki Polskiej 130  
80-557 Gdańsk

Warszawa, 29 stycznia 2019 r.

W odpowiedzi na Państwa pismo nr EOP-DDP-000015-2018 z dnia 10 maja 2018 roku oraz pismo nr EOP-DDP-000015 xxxx-2018 z dnia 16 października 2018 roku w sprawie możliwości wykorzystywania systemów PLC w Polsce pragnę poinformować, co następuje.

Technologie transmisji PLC wykorzystują jako medium transmisyjne przewody elektryczne i wszelkie dane przesyłane są przewodowo. Sieci PLC to sieci kablowe i jako takie są to sieci przekazu kierowanego. Nie wykorzystują one częstotliwości radiowych do przekazu w rozumieniu załącznika B do Dyrektywy 2002/20/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 marca 2002 r. w sprawie zezwoleń na udostępnienie sieci i usług łączności elektronicznej (dyrektywa o zezwoleniach) (Dz. Urz. UE L Nr 108, str. 21 i n.) ani decyzji 676/2002/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 marca 2002 r. w sprawie ram regulacyjnych dotyczących polityki spektrum radiowego we Wspólnocie Europejskiej (decyzja o spektrum radiowym) (Dz. Urz. UE L Nr 108, str. 1 i n.). Zgodnie z definicją zawartą w ustawie z dnia 16 lipca 2004 r. – Prawo Telekomunikacyjne (t.j. Dz. U. z 2018 r. poz. 1954 z późn. zm.) radiokomunikacja to wszelka transmisja, emisja lub odbiór znaków, sygnałów, pisma, obrazów i dźwięków lub wszelkiego rodzaju informacji realizowana za pomocą fal radiowych, czyli fal elektromagnetycznych o częstotliwościach umownie niższych niż 3000 GHz, rozchodzących się w przestrzeni bez pomocy sztucznego przewodnika. W świetle powyższego należy więc stwierdzić, że technologie transmisyjne PLC nie spełniają przesłanek do zakwalifikowania ich jako radiokomunikacji, a tym samym do żadnej ze służb radiokomunikacyjnych. Nie ma więc podstaw prawnych do ubiegania się o dokonanie rezerwacji częstotliwości lub udzielenie pozwolenia radiowego na wykorzystywanie częstotliwości radiowych dla takich zastosowań.

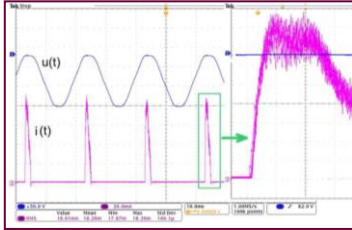
Urządzenia elektroniczne wykorzystujące do komunikacji linie energetyczne (PLC) stanowiące urządzenia (aparaturę, instalację stacjonarną, komponent albo instalację ruchomą – w zależności od rodzaju PLC), mogą być wprowadzane na rynek i stosowane pod warunkiem, że spełniają wymagania zasadnicze określone w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. Urz. UE L Nr 96, str. 79 i n.). W polskim porządku prawnym wymagania te znajdują swoje odzwierciedlenie

# EMC a PLC wnioski

- W obecnym czasie następuje cywilizacyjna zmiana sposobu użytkowania systemu elektroenergetycznego.
- System staje się dwukierunkowym medium przesyłu energii elektrycznej, z nieliniowymi przekształtnikami energii.
- Dodatkowo w sieci OSD przesyłane są sygnały komunikacyjne. Uczestnicy systemu muszą więc zachować takie środki, aby wzajemnie sobie nie przeszkadzać.
- OSD, aby sprostać wymaganiom ustawowym musi rozwijać metody i kompetencje pomiarowe dla transmisji danych w zakresie wyższych pasm 500 kHz oraz 2 - 10 MHz przewodzonych.
- Należy wykonywać pomiary THD i zakłóceń przewodzonych w sieci elektroenergetycznej wprowadzanych przez odbiorców.
- Wydawanie warunków przyłączeń z zastrzeżeniem nie pogarszania jakości energii elektrycznej przez odbiorcę, szczególnie dla farm PV, wiatrowych, odbiorców z przekształtnikami jak np. ładowarki dla elektromobilności.
- Trzeba uświadamiać producentom urządzeń, aby zwracali uwagę na jakość ich urządzeń odbiorczych.



# EMC – a OSD(-P)



Inne ...



OSD, OSP jest głównie zainteresowany EMC jako oddziaływaniem przewodzonym w sieci. Stanowi to problem doraźnych utrudnień w pracy – jednak problem EMC jest znacznie szerszy

Dziękuję

*dr inż. Borys Semenowicz*



**Energa**  
operator