

Recenzja pracy doktorskiej

Autor:

mgr inż. Monika Szafrńska

Tytuł:

Pomiar emisji dużych obiektów w pomieszczeniach zamkniętych

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Michała Woźniaka, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Politechniki Wrocławskiej, pismem z dnia 22.04.2024r.

Recenzja zawiera ocenę spełniania warunków stawianych rozprawom doktorskim, określonych w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. 2003 nr 65, poz. 595 ze zm.).

Recenzja obejmuje sześć rozdziałów, stanowiących integralną całość. Jest ona spisana na sześciu stronach maszynopisu.

1. Zagadnienia naukowe i naukowo-techniczne rozprawy

Autorka pracy wychodzi ze słusznego założenia, że pomiary emisji promieniowanej in situ są w dotychczas obowiązujących dokumentach traktowane po macoszemu. Istnieje duża grupa obiektów, których nie można badać w warunkach laboratoryjnych. Autorka podjęła się próby zbudowania algorytmu postępowania w takich sytuacjach, który pozwala odnieść pomiary in situ do warunków laboratoryjnych.

W tym celu zbudowała bazę sygnatur, czyli współczynników korekcji pomiarów in situ. Opracowała algorytm wyeliminowania azymutów z osłabionym polem. W tym zagadnieniu pomocne okazały się symulacje charakterystyk promieniowania programem FEKO.

Zdaję sobie sprawę, że konieczna jest rozbudowa bazy sygnatur i przeprowadzenia symulacji charakterystyk promieniowania źródeł o różnych charakterystykach. Zadanie to przekracza znacznie wymagania doktoratu i możliwości jednej osoby. To jest raczej zadanie dla całego zespołu laboratorium, a może nawet stworzenie krajowej bazy sygnatur przez wszystkie laboratoria.

2. Uwagi do celu i tezy pracy

Autorka stawia sobie za cel:

stworzenie uniwersalnej metody postępowania podczas badań in situ dużych obiektów w pomieszczeniach zamkniętych pozwalającej na zredukowanie prawdopodobieństwa wydania fałszywie pozytywnego lub negatywnego wyniku, która to metoda pozwoli na skrócenie czasu badań/oceny takiego obiektu i będzie miała zastosowanie niezależnie od geometrii

pomieszczenia, w którym badany obiekt jest zainstalowany.

Cel jest ambitny i możliwy do zrealizowania przy dużym nakładzie pracy. Jedyna uwaga, która mi się narzuca to użycie stwierdzenia „zredukowanie prawdopodobieństwa”, który jest użyty raczej w znaczeniu potocznym, gdyż w pracy ta redukcja prawdopodobieństwa nie jest szacowana.

Osiągnięcie celu pracy jest udowodnieniem następującej tezy pracy:

Możliwe jest opracowanie algorytmu postępowania pozwalającego na optymalizację procesu badania emisji zaburzeń promieniowanych w warunkach in situ dużych obiektów w pomieszczeniach przy zapewnieniu, że uzyskane będą odtwarzalne wyniki pomiarów niezależnie od miejsca instalacji obiektu.

Pierwsza moja uwaga do tezy pracy dotyczy rozpatrywanego zakresu częstotliwości. W dalszej części pracy jest uściślenie do pomiaru emisji promieniowanej pola elektrycznego w paśmie C (30 MHz, 300 MHz). Potwierdzam spostrzeżenie Autorki, że w tym zakresie jest najwięcej problemów z nieprzekraczaniem dopuszczalnych limitów głównie przez szerokopasmowe zaburzenia, pochodzące z modułu zasilania urządzenie.

Najwyraźniej Autorka przez badania in situ rozumie zarówno badania u producenta, jak i w miejscu docelowego zainstalowania i używania obiektu.

Przy tak ogólnej definicji pomiaru in situ ma sens dążenie do uzyskania powtarzalnych wyników niezależnie od miejsca instalacji obiektu.

Dokument CISPR 37 jest bodajże pierwszym dokumentem, w którym przez pomiar in situ rozumie się wyłącznie pomiar w miejscu docelowego zainstalowania i używania obiektu. Ten pomiar w dokumencie CISPR 37 jest odróżniany od pomiaru w warunkach odbiegających od środowiska SAC. Najczęściej chodzi tu o pomiar u producenta sprzętu.

Wydaje mi się, że przyjmując definicję pomiaru in situ zgodnie z CISPR 37, nie trzeba by dążyć do uzyskania powtarzalnych wyników niezależnie od miejsca instalacji obiektu.

3. Organizacja i redakcja rozprawy

Rozprawa obejmuje 110 stron maszynopisu, 61 pozycji literatury, w tym 13 pozycje pozycji, w których Autorka rozprawy doktorskiej jest współautorem. W pracach tych zostały zaprezentowane wybrane zagadnienia ujęte w opiniowanej rozprawie. Pozycje literatury są dobrane starannie i adekwatnie do prezentowanej tematyki.

Rozprawa została podzielona na 7 rozdziałów, przy czym ostatni rozdział jest podsumowaniem. Odczuwam brak spisu skrótów użytych w rozprawie.

Rozdział pierwszy jest wstępem, w którym Autorka podkreśla, że dyrektywa Unijna o kompatybilności 2014/30/UE odnosi się do urządzeń, które można badać w warunkach laboratoryjnych. Natomiast w Dyrektywie tej jest luka odnośnie dużych urządzeń, czy systemów, których nie da się badać w warunkach laboratoryjnych ze względu na wymiary, wagę i media niezbędne do ich funkcjonowania. Prowadzi to Autorkę do zdefiniowania w końcu rozdziału celu i tezy pracy, do których odniosłem się w poprzednim rozdziale.

W rozdziale 2 opisany jest sposób badania taboru kolejowego w przestrzeni otwartej według normy EN 50121-3-1 oraz badania pojazdów i maszyn budowlanych według normy EN 13766-1. Autorka ma za sobą wiele lat doświadczeń w prowadzeniu tych badań będąc pracownikiem Instytutu Łączności we Wrocławiu, co widać w sposobie opisu zagadnienia.

W rozdziale 3 zebrano dotychczasowe doświadczenie w pomiarach in situ. Pierwsza część jest przedstawieniem wytycznych opracowanych w Instytucie Łączności we Wrocławiu. Odnośnie emisji promieniowanej dotyczy to analizy wpływu ustawienia anteny tylko na zadanej

wysokości, obecności lub braku płaszczyzny odniesienia oraz bliskości dużych konstrukcji metalowych. Druga część rozdziału 3 jest omówieniem międzynarodowego projektu Temca 2, w którym opracowano alternatywną metodę pomiaru za pomocą przewodu umieszczonego nad badanym obiektem. Metoda ta nie dała zadawalających wyników.

Ostatnią częścią rozdziału 3 jest omówienie dokumentu CISPR 37, dotyczącego pomiaru in situ zaburzeń radioelektrycznych urządzeń przemysłowych, naukowych i medycznych. Dokument ten jest na etapie przed głosowaniami przez komitety krajowe (CD) wobec czego wiele może jeszcze zmienić się w nim, ale zawarty jest w nim wiele ciekawych propozycji, zmieniających radykalnie podejście do badań in situ.

W rozdziale 4 opisana jest metoda pomiaru w warunkach laboratoryjnych. Wniosek tego rozdziału jest taki, że metodyki pomiarów w warunkach laboratoryjnych nie da się zastosować w warunkach in situ.

W rozdziale 5 Autorka opisuje oryginalną metodykę dotyczącą pomiarów in situ. Metodyka ta polega na stworzeniu bazy sygnatur czyli bazy korekt dla znanego źródła mierzonego w warunkach laboratoryjnych bez dodatkowych płaszczyzn metalowych i z płaszczyznami, które mają odwzorowywać różne obce obiekty metalowe znajdujące się w miejscu pomiaru in situ.

Wyniki pomiarów obiektu w warunkach in situ należy dopasować do wyników pomiaru znanego źródła w bazie sygnatur i skorygować go odpowiednim współczynnikiem.

Nie pasuje mi umieszczenie po rozdziale 5 treści zawartych na początku rozdziału 6 dotyczącym walidacji metody z użyciem sygnatur. Chodzi mi o podrozdziały do 6.6.1 włącznie. Konkluzja tych podrozdziałów jest taka, że stosując podejście zalecane w CISPR 16-4-2, według której należy oszacować niepewność pomiaru w warunkach in situ nie ma możliwości odniesienia pomiarów in situ do limitu, gdyż budżet niepewności in situ U_{INSITU} znacznie przekracza U_{CISPR} , co narzuca obniżenie limitów o różnicę $U_{INSITU} - U_{CISPR}$. Co powoduje, że taki pomiar praktycznie nie ma sensu.

Konkluzje zawarte w początku rozdziału 6, do podrozdziału 6.6.1 umieściłbym przed rozdziałem 5.

Podrozdział 6.6.2. poświęcony jest budowie bazy sygnatur. Do algorytmu przedstawionego na Rys. 36 mam pytanie co oznacza stwierdzenie : „odnieść uzyskane wyniki do źródła referencyjnego w SAC”? Czy to znaczy odjąć w skali dB?

Bardzo cenną rzeczą jest zwrócenie uwagi na możliwość zaniku sygnału w wybranych azymutach i oryginalny sposób poradzenia sobie z tym. Jest mowa o tym w podrozdziale 6.7.

W podrozdziale 6.8 przedstawiony jest szczegółowy algorytm uwzględniania korekty pomiarów sygnaturami umieszczonymi w bazie danych umieszczony na Rys. 44.

Podrozdział 6.9 poświęcony jest wykorzystaniu symulacji numerycznych do przyspieszenia procesu eliminacji azymutów z prawdopodobnym zanikiem pola.

W podrozdziale 6.10 przedstawiona jest walidacja proponowanej metody. Nie jest podane dla jakiego obiektu przeprowadzona jest walidacja. Na przebiegach widma z Rys. 74 widać wyraźnie lepszą zbieżność z pomiarem referencyjnym w SAC pomiaru z korektą niż bez korekty

Rozdział 7 jest podsumowaniem, w którym Autorka wymienia zagadnienia zrealizowane w doktoracie, które potwierdzają osiągnięcie celu i udowodnienie tezy pracy.

Układ pracy jest spójny, logiczny i prowadzi od opisu zagadnienia do rozwiązania przez wszystkie etapy jego realizacji. Jedynie uszeregowanie części rozdziału 6 po rozdziale 5 uważam za niezręczne.

Praca pokazuje duże, wieloletnie doświadczenie i kompetencje Autorki w pomiarach emisji zaburzeń radioelektrycznych w warunkach laboratoryjnych i in situ. Ponadto Autorka zaprezentowała duży zakres wiedzy teoretycznej o zjawiskach towarzyszących

radioelektrycznej emisji promieniowanej, technik pomiarowych i symulacji zjawisk z nią związanych.

4. Polemika

1. **Rozdział 3.3. CISPR 37 (projekt roboczy) [61].** W rozdziale 2.1.2, w części dotyczącej wymagań dla taboru kolejowego, zdefiniowanych w normie EN 501210-3-1 mowa jest o tym, że w przypadku gdy poziom zaburzeń z otoczenia jest większy niż poziom dopuszczalny pomniejszony o 6 dB, to nie wymaga się uwzględnienia pomiarów przy tych częstotliwościach. W tym samym rozdziale przy opisie wymagań normy EN13766-1 mowa jest o marginesie 10 dB, po przekroczeniu którego trzeba wykluczyć z pomiarów przedziały częstotliwości. W dokumencie CISPR 16-2-5, o którym jest mowa w podrozdziale 2.1.4 znowu zdefiniowany jest margines 6 dB dla wykluczenia z pomiarów przedziału częstotliwości.
Szkoda, że Autorka nie wypunktowała faktu, że w dokumencie CISPR 37 podejście jest radykalnie inne. W rozdziale **7.2.4 Ambient noise** tego dokumentu stwierdza się, że jeżeli zaburzenia z otoczenia przekracza dopuszczalny limit, a po włączeniu EUT poziom nie podnosi się, to uznaje się, że EUT spełnia wymagania. Nie wyklucza się tego przedziału częstotliwości. Jest to zgoła odmienne podejście, moim zdaniem uprawnione w pomiarach in situ.
2. **Rozdział 4.1. Wytyczne normy EN 55016-2-3.** Zamieszczone w pracy wytyczne dotyczące odległości pomiarowej są nieprecyzyjne. O wiele lepiej jest to zdefiniowane w normie EN 55011. Przede wszystkim jest tam zdefiniowany mały obiekt badany (small size equipment). Jest to obiekt stojący na stole lub podłodze, którego obrys wraz z kablami mieści się w tzw. „cylindrze pomiarowym” o średnicy 1.2 m i wysokości 1.5 m (cylindrical test volume). Dalej w rozdziale 6.2.2.3 te same normy jest jednoznaczne stwierdzenie, że pomiar z odległości mniejszej niż 10 m jest możliwy tylko dla małego obiektu badanego (small size equipment).
3. Definicja cylindra pomiarowego dla małych i dużych obiektów jest ważna jeszcze z tego względu, że odległość pomiarową mierzy się od tworzącej walca na linii oś walca – antena. Z tego wynika dodatkowe spostrzeżenie dotyczące ustalania odległości badany obiekt – antena, co determinuje przeliczanie dopuszczalnych poziomów zaburzeń. Moim zdaniem uprawnione jest zdefiniowanie w warunkach in situ cylindra pomiarowego i mierzenie odległości ustawienia anteny od tworzącej cylindra, a nie od obrysu badanego obiektu.
4. **Rozdział 6.6.1. Wpływ płaszczyzny odbijającej na wyniki pomiarów, korygowanie niepewności pomiarowej i poziomów dopuszczalnych emisji.** Argumentacja wniosku, że w warunkach in situ nie ma możliwości odniesienia pomiarów do limitu, przedstawiona na rysunkach od 31 do 35 jest dla mnie niezrozumiała. Nie jest podane w pracy co przedstawia delta [dB] na tych wykresach. Według jakiego wzoru są obliczane te wykresy?
5. **Rozdział 6.6.2. Budowa bazy sygnatur.** Czy możliwe byłoby w algorytmie tworzenia bazy sygnatur uzmiennienia również azymutu?
6. **Rozdział 6.8.1. Algorytm postępowania** Do rysunku 44 mam pytanie: Jak rozumieć 75% zgodność wyników? Czy chodzi tu o 75% zakresu częstotliwości, czy o coś innego?
7. **Rozdział 6.10. Emisja zaburzeń promieniowanych – pomiar w warunkach in situ z korektą wynikającą z sygnatur – dowód walidacji proponowanej metody.** Zakładam, że walidacja przeprowadzona jest dla obiektu opisanego w rozdziale 6.2?
8. **Rozdział 7. Podsumowanie.** W zaproponowanej metodzie przewiduje się szybkie skanowanie azymutów pomiarowych przy wykorzystaniu krótkiej elektrycznie anteny. Rozumiem, że chodzi tu o sondę do pomiaru pola elektrycznego w strefie bliskiej. Co będzie, jeżeli źródło promieniowania jest niskoimpedancyjne tzn. w jego strefie bliskiej

dominuje pole magnetyczne?

5. Uwagi szczegółowe

1. Str. 13 Stwierdzenie, że źródłem zaburzeń są kable albo nieciągłość ekranów uważam za błędne. Kabel, czy ekran odpowiada jedynie za propagację zaburzeń.
2. Rys. 4. Odległość anteny od badanego obiektu mierzy się od punktu „zero phase” zaznaczonego na antenie. Punkt ten nie koniecznie musi się pokrywać z geometrycznym środkiem anteny
3. Str. 31 złożone źródło zaburzeń nie musi pochodzić od wielu źródeł dipolowych, ale od pojedynczych multipoli.
4. Rys. 10 str. 32. Opis rysunku jest bardzo słabo czytelny.
5. Str. 39 Ustawienie obiektu nad RGP nie musi wynosić 10 cm, tylko być z przedziału od 0 cm do 15 cm, tak aby możliwe było badanie obiektu ustawionego na europalecie.
6. Str. 43, punkt 6.d. Nie wystarczy obejść EUT z krótką anteną elektryczną. Trzeba to zrobić również sondą pola magnetycznego. Nie można wykluczyć, że w EUT istnieją również radiatory magnetyczne, wokół których pole elektryczne jest minimalne, włącznie z niemierzalnym. Natomiast w strefie dalekiej obydwaj rodzaje radiatorów dają tę samą relację $E/H = 377 \text{ Ohm}$.
7. Str. 49 stworzono algorytm w celu zwiększenie prawdopodobieństwa uzyskania wyników użytecznych. Słowo prawdopodobieństwo jest użyte chyba w sensie potocznym, gdyż nie jest ono wyliczone.
8. Str. 55 Potwierdzam, impedancja kabla, w szczególności impedancja Common Mode jest przyczyną różnic w wynikach pomiaru emisji promieniowanej, nawet w SAC. Dlatego wprowadzono obowiązek montowania na przewodach opuszczających „test volume” cęgów Common Mode Absorbition Device. Uważam, że takie cęgi dobrze byłoby zakładać również w pomiarach in situ.
9. Str. 60 Rozważania na tej stronie odniósł bym nie do wysokości obiektu, przekraczającej 2 m, tylko do tego, że zgodnie z CISPR 11 rozpatrywany obiekt nie jest „small size equipment”
10. Str. 61 o zakwalifikowaniu obiektu jako „small size equipment” nie decyduje tylko jego wysokość (mniejsza niż 1.5 m) ale również średnica jego obrysu, która musi się mieścić w walcu o średnicy 1.2 m.
11. Str. 63 Czy nie należałoby wprowadzić wymogu układania w pomiarach in situ blachy między obiektem i anteną. Na dodatek podłączenie tej blachy do ekranu kabla pomiarowego? To zbliżyłoby warunki pomiaru in situ do pomiaru w SAC.
12. Str. 75. Co oznacza stwierdzenie „odnieść uzyskane wyniki dla źródła referencyjnego...”. Czy chodzi o wyznaczenie różnicy między pomiarami?
13. Str. 81 „podnieść poziom zgodności do 99.5 % i współczynnik rozszerzenia $k = 2$ ” W rozkładzie normalnym współczynnikowi $k = 2$ odpowiada poziom zgodności 95.5 %
14. Str. 82 Rys. 44. Jak rozumiana jest 75 % zgodność wyników?
15. Str. 90 Rys. 54. Opis rysunku jest nieczytelny.
16. Str. 92 Rys. 58. Opis rysunku jest nieczytelny.
17. Str. 94 Rys. 62. Opis rysunku jest nieczytelny.
18. Str. 96 Rys. 66. Opis rysunku jest nieczytelny.
19. Str. 98 Rys. 70. Opis rysunku jest nieczytelny.

6. Wniosek końcowy

Uważam, że podjęta tematyka jest bardzo ważna i aktualna dla inżynierów praktyków przeprowadzających badania EMC. Procedura postępowania, proponowana przez Autorkę jest mocno osadzona w podstawach teoretycznych.

Praca stanowi dużą wartość pod względem naukowym i naukowo-technicznym. Ponadto, może być istotnym merytorycznym wkładem do dokumentu CISPR 37, dotyczącego pomiarów in situ, który teraz jest przygotowywany.

Autorka w przygotowanej rozprawie wykazała się wiedzą teoretyczną z dziedziny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wobec tego uznaję, iż rozprawa doktorska mgr. inż. Moniki Szafrąńskiej zatytułowana ***Pomiar emisji dużych obiektów w pomieszczeniach zamkniętych*** spełnia wymagania określone Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. 2003 nr 65, poz. 595 ze zm.).

Wobec powyższego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Jan Sroka