

PN-EN 50383:2011/AC

Wprowadza
EN 50383:2010/AC:2013, IDT

Norma podstawowa dotycząca obliczania i pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego i SAR związanego z ekspozycją ludzi w polach elektromagnetycznych, wytwarzanych przez radiowe stacje bazowe i stałe stacje końcowe bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych (110 MHz – 40 GHz)

Poprawka do Normy Europejskiej EN 50383:2010/AC:2013 *Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz – 40 GHz)*
ma status Poprawki do Polskiej Normy

Przedmowa krajowa

Niniejsza poprawka jest tłumaczeniem angielskiej wersji Poprawki do Normy Europejskiej EN 50383:2010/AC:2013.

Została zatwierdzona przez Prezesa PKN dnia 1 sierpnia 2013 r.

Komitetem krajowym odpowiedzialnym za tłumaczenie poprawki jest KT nr 104 ds. Kompatybilności Elektromagnetycznej.

W zakresie tekstu Poprawki do Normy Europejskiej wprowadzono odsyłacze krajowe oznaczone od ^{N1)} do ^{N14)}.

W sprawach merytorycznych dotyczących treści normy można zwracać się do właściwego Komitetu Technicznego lub właściwej Rady Sektorowej PKN, kontakt: www.pkn.pl

Treść poprawki

Ze względu na błędy w numeracji należy wprowadzić nową numerację całego Rozdziału 6.

Należy zwrócić uwagę, że treść Rozdziału 6 nie została zmieniona.

Wymienić cały Rozdział 6 na następujący:

6. Pomiar pola elektromagnetycznego

6.1. Wprowadzenie

W tym rozdziale opisano procedury pomiarowe, które umożliwiają ocenę w punktach obserwacji składowych pola elektromagnetycznego (E , H i tym samym gęstości mocy) promieniowanego przez anteny.

Pomiary pola można wykonać metodą skanowania powierzchniowego lub objętościowego.

Metody te polegają na pomiarze natężenia pola E lub H , bezpośrednio lub pośrednio, w celu wyznaczenia rozkładu pola dla danej mocy wejściowej i częstotliwości.

6.2. Metoda skanowania powierzchniowego

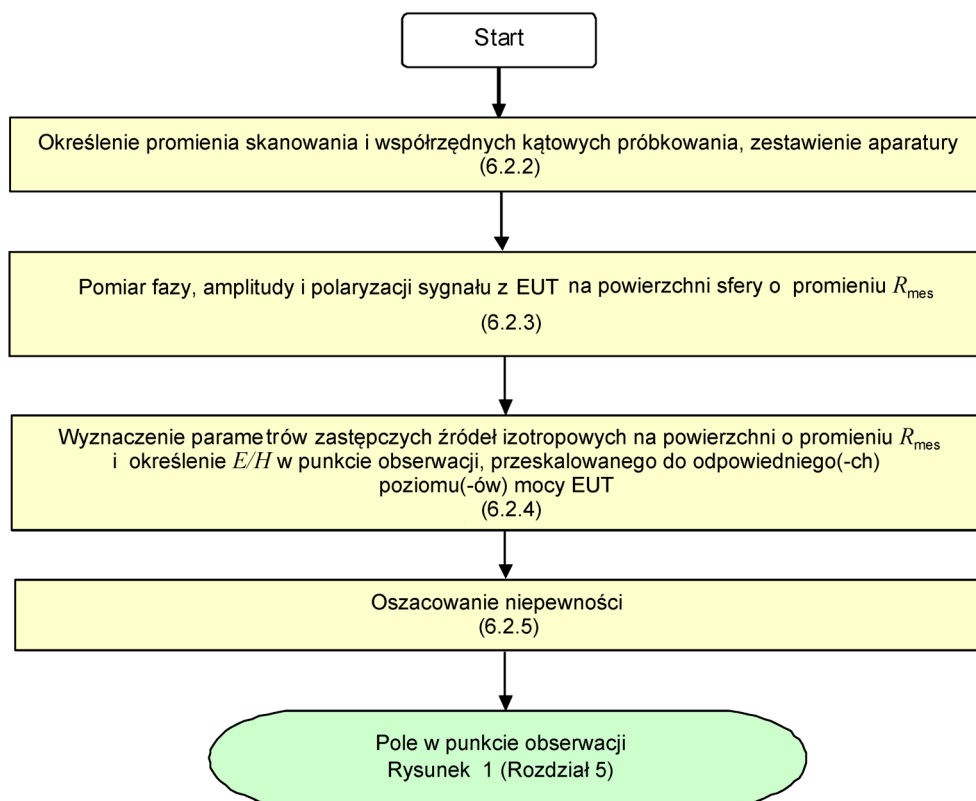
6.2.1. Wprowadzenie

Skanowanie powierzchniowe można wykonać w polu dalekim, a także w polu bliskim na powierzchni płaskiej, cylindrycznej lub sferycznej, o ile metodologia jest dokładnie zdefiniowana, a kryteria odnośnie do niepewności są spełnione (Załączniki B i E).

6.2.2. Metoda skanowania przestrzennego

Pomiary amplitudy, fazy i polaryzacji pola elektrycznego wykonuje się w dostatecznie wielu punktach na powierzchni sfery otaczającej EUT, w celu wyznaczenia parametrów modelu zastępczego w postaci zbioru źródeł izotropowych rozłożonych na tej powierzchni, wytwarzających w punkcie obserwacji takie samo pole jak EUT. Aby model był wiarygodny, cała energia promieniowana przez EUT powinna przepływać przez skanowaną sferę. Parametry zbioru zastępczych źródeł izotropowych są następnie wykorzystywane do obliczenia pola w punktach obserwacji w celu wyznaczenia granicy zgodności.

Zasadnicze kroki przedstawiono na Rysunku 1^{N1)}.



Rysunek 1^{N1)} – Zarys metody skanowania przestrzennego

6.2.2.1. Aparatura pomiarowa

6.2.2.1.1. Opis ogólny

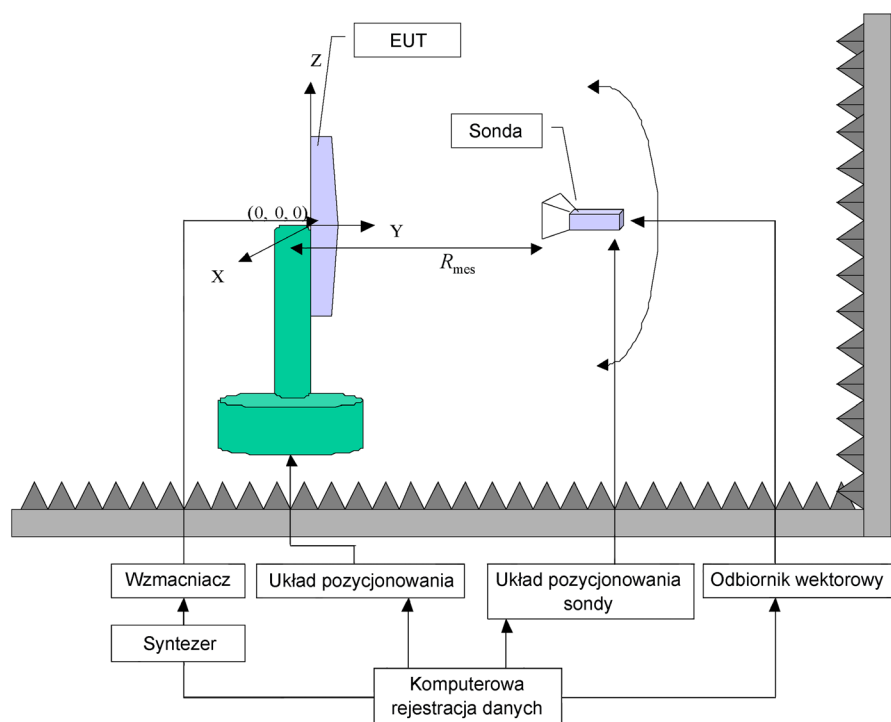
Skanowanie powierzchniowe wykonuje się w układzie z urządzeniem badanym (EUT) zamontowanym na pozycjonerze azymutalnym i sondą(-ami) umieszczoną(-ymi) na wsporniku w odległości R_{mes} od EUT. Metoda ta wymaga pomiaru fazy sygnału. W celu zapewnienia możliwości skanowania pola elektromagnetycznego w funkcji kąta elewacji, układ powinien zawierać albo jedną sondę przemieszczaną mechanicznie wzdłuż struktury, albo układ sond przełączanych elektronicznie.

Alternatywnie, za pomocą dodatkowego pozycjonera, EUT można przemieszczać, zmieniając jego kąt elewacji.

Układ pomiaru pola bliskiego anteny powinien być skonfigurowany zgodnie z Rysunkiem 2^{N2)}.

^{N1)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „2”.

^{N2)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „3”.



Rysunek 2^{N3)} – Schemat blokowy układu do pomiaru pola bliskiego anteny

Wymagane są następujące urządzenia:

- komora bezodbiciowa;
- elektryczna(-e) sonda(-y) (antena(-y));
- wspornik(-i) sondy (sond);
- konstrukcja wsporcza;
- odbiornik wektorowy;
- syntezer i wzmacniacz(-e);
- układ pozycjonowania sondy lub kontroler układu sond;
- układ pozycjonowania EUT.

Urządzeniami pomiarowymi – umieszczonymi w komorze bezodbiciowej – steruje komputer, który powinien być tak umiejscowiony, by nie zakłócać pomiaru.

Badanie wykonuje się stosując anteny sondy do pomiaru pola elektrycznego. Anteny sondy powinny być dokładnie pozycjonowane, by zapewnić pomiar rozkładu pola elektrycznego na powierzchni sferycznej wokół EUT.

Pomiar należy prowadzić tak, by do minimum ograniczyć odbicia od otoczenia w celu symulacji warunków pomiarów w wolnej przestrzeni.

^{N3)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „3”.

6.2.2.1.2. Urządzenia skanujące: wymagania dotyczące pozycjonowania i orientacji

6.2.2.1.2.1. Kryteria ogólne

System pomiarowy powinien umożliwić skanowanie zadanej powierzchni sferycznej środowiska testowego, w celu zgromadzenia wystarczających danych z rozdzielczością i dokładnością wymaganą do obróbki wyników;

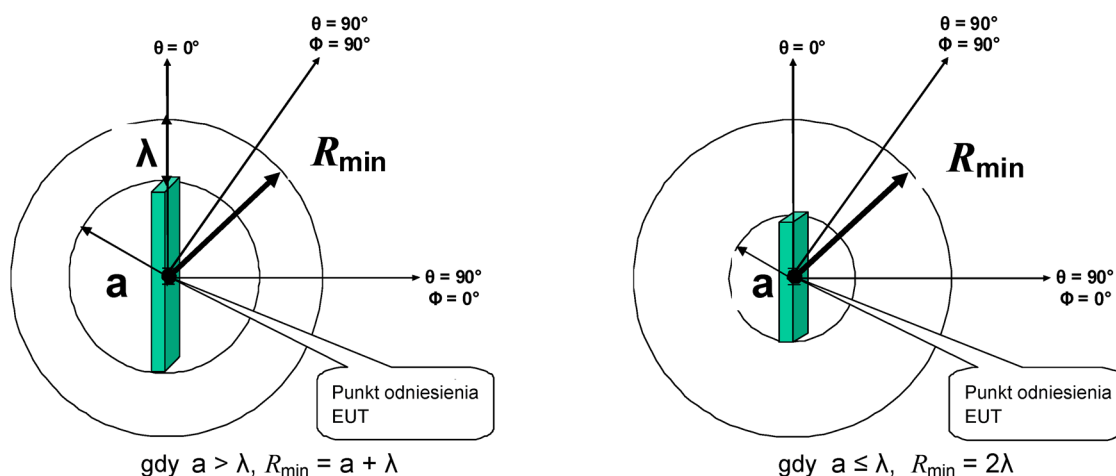
- promień R_{mes} tzn. odległość pomiędzy punktem odniesienia, w którym znajduje się EUT (0, 0, 0) i sondą(-ami) powinien w każdym z punktów pomiarowych spełniać kryteria (podane w 6.2.2.1.2.2) z dokładnością nie gorszą niż $\lambda/72$ m, co odpowiada dokładności fazy lepszej niż 5 stopni [patrz dokument powołany w Rozdziale B.3].
- system pomiarowy powinien umożliwić pomiary z dokładnością $\delta\theta$ w elewacji i $\delta\phi$ w azymucie, tak aby spełnić kryterium próbkowania podane w 6.2.2.1.2.3 z dokładnością kątową lepszą niż 0,5 stopnia.

Próbkowanie całej powierzchni sferycznej uzyskuje się poprzez obracanie EUT lub wspornika(-ów) sondy(sond). Kilka typów systemów pozycjonowania zaproponowano w Załączniku B.

6.2.2.1.2.2. Kryteria dotyczące promienia

R_{mes} , czyli odległość między punktem odniesienia EUT w środku obrotu a sondą(-ami) pomiarową(-ymi) powinien być większy niż:

- R_{min} , w celu zminimalizowania wpływu składowych indukcyjnych pola bliskiego. R_{min} zależy od maksymalnego wymiaru EUT i długości fali λ Rysunek 3^{N4)}, oraz
- odległość gwarantująca, że sondy i urządzenia pomiarowe pracują w zakresie, w którym zostały skalibrowane, dla zakresu mocy określonego w specyfikacji EUT.



przy czym:

a = minimalny promień kuli o środku w punkcie odniesienia, zawierającej w sobie EUT.

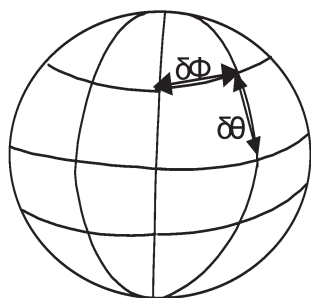
Rysunek 3^{N4)} – Ograniczenia minimalnego promienia

6.2.2.1.2.3. Kryterium próbkowania

Kryterium próbkowania (zwykle określane jako kryterium Nyquista) wymaga, by największa odległość kątowa punktów pomiarowych na sferze o promieniu R_{mes} , zawierającej EUT, nie przekraczała $\lambda/2$.

^{N4)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „4”.

Wartości kątów $\delta\phi$ (azymut) i $\delta\theta$ (elewacja) pomiędzy sąsiednimi punktami pomiarowymi zależą od systemu, ale powinny spełniać ograniczenia wynikające z Rysunku 4^{N5)}.



$$\delta\phi \leq \frac{\lambda}{2R_{mes}}$$

$$\delta\theta \leq \frac{\lambda}{2R_{mes}}$$

Rysunek 4^{N6)} – Ograniczenia maksymalnej odległości kątowej

6.2.2.1.2.4. Ograniczenia wymiarów EUT w konkretnym systemie pomiarowym

Dla danego promienia R_{mes} równego stałej odległości pomiędzy środkiem obrotu EUT i sondą(-ami), i dla danej liczby N równoodległych punktów próbkowania w elewacji lub azymucie, każde z powyższych kryteriów prowadzi do ograniczenia maksymalnego wymiaru D_{max} EUT:

$$D_{max} < 2(R_{mes} - \lambda) \quad \text{gdzie } D_{max} = 2a \text{ (patrz Rysunek 3^{N7)}}$$

i

$$D_{max} < 2\lambda\left(\frac{N}{2\pi} - 1\right)$$

W zależności od częstotliwości pracy maksymalny wymiar zostanie ograniczony przez to kryterium, które jest bardziej ograniczające (tj. pierwsze kryterium przy mniejszych częstotliwościach i drugie kryterium przy częstotliwościach większych).

6.2.2.1.3. Sonda pomiarowa

Sonda lub układ sond należy tak skonstruować i zwymiarować, by nie zaburzać pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez EUT.

Czułość sondy (sond) powinna być skalibrowana z niepewnością pomiaru mniejszą niż $\pm 0,5$ dB.

Sonda powinna umożliwić pomiar ortogonalnych składowych pola z wzajemną dyskryminacją polaryzacji lepszą niż 30 dB. Alternatywnie, drugą składową ortogonalną można wyznaczyć, wykonując drugi pomiar za pomocą sondy obróconej o 90 stopni.

Zwykle jako sond pomiarowych używa się anten w postaci falowodu z otwartym końcem (OEW) lub skrzyżowanych dipoli, ponieważ mają one dobrze określone charakterystyki promieniowania i mały wpływ na EUT.

6.2.2.1.4. Wspornik

Antena powinna być zamontowana w uchwycie dielektrycznym, przymocowanym do urządzenia pozycjonującego. Uchwyt powinien być wykonany z materiału(ów) o małej konduktywności i małej względnej przenikalności elektrycznej: $\tan(\delta) \leq 0,05$ i $\epsilon_r \leq 5$.

^{N5)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „5”.

^{N6)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „5”.

^{N7)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „4”.

Alternatywnie, antena może być zamontowana na metalowym maszcie rurowym, jeśli odpowiada to normalnym warunkom jej pracy. Jeśli na skutek sposobu zamontowania warunki odbiegają od warunków wolnej przestrzeni, należy to odnotować w dokumentacji wyników pomiarów.

Antena powinna być tak zamontowana, by punkt odniesienia (0, 0, 0) znalazł się w środku kuli.

6.2.2.1.5. Odbiornik wektorowy

Zakres dynamiki powinien być większy niż 90 dB. W celu zminimalizowania zewnętrznych zakłóceń preferowane są odbiorniki z pętlą fazową (PLL). Odbiornik powinien zapewnić możliwość pomiaru amplitudy i fazy sygnału w każdym punkcie pomiarowym.

6.2.2.2. Komora bezodbiciowa

Poziom zaburzeń spowodowanych odbiciami i/lub zakłóceniami zewnętrznymi powinien być przynajmniej 30 dB poniżej poziomu pola padającego w miejscu pomiarów.

Jeśli system PPL nie jest stosowany, poziom ekranowania komory bezodbiciowej na częstotliwościach pomiarowych powinien być większy niż 50 dB.

Wielkość komory i materiały, którymi komora bezodbiciowa jest wyłożona, powinny być tak dobrane, by minimalizować poziom zaburzeń z powodu odbić. Metodyka oceny poziomu odbić jest podana w Rozdziale B.3.

Temperatura otoczenia powinna mieścić się w granicach od 10 °C do 30 °C i w czasie pomiaru nie powinna się zmieniać więcej niż o ± 5 °C.

6.2.2.3. Zasady pomiaru

6.2.2.3.1. Kalibracja układu pomiarowego

Układ do pomiarów pola bliskiego ze skanowaniem przestrzennym wymaga czterech procedur kalibracyjnych:

- kalibracji polaryzacji;
- kalibracji amplitudy i fazy (jednorodność sond);
- kalibracji wzmocnienia;
- oszacowania poziomu szumów.

Aparatura pomiarowa powinna być kalibrowana jako kompletny system na odpowiednich częstotliwościach, zgodnie z metodyką przedstawioną w Załączniku B. Wskazówki dotyczące kalibracji podano w Rozdziale B.6.

6.2.2.3.2. Badanie do przeprowadzenia

Badanie powinno być przeprowadzone przy ustalonej mocy dostosowanej do zakresu detekcji aparatury pomiarowej.

Wyniki dla innych pożądaných wartości wejściowych mocy otrzymuje się w fazie obróbki wyników pomiarów.

Dla EUT wielosystemowych i wielozakresowych wszystkie badania należy wykonać w każdym z roboczych zakresów nadawania (patrz 5.2).

6.2.2.3.3. Wymagania ogólne dla urządzenia badanego (EUT)

Parametry pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez EUT należy wyznaczać metodą skanowania powierzchniowego. Do EUT powinny być podłączone sygnały o częstotliwościach odpowiadających normalnej konfiguracji urządzenia. Nadajnik zasilający EUT można zastąpić. Skalowanie poziomu mocy jest wykonywane w fazie obróbki wyników pomiarów (patrz 6.2.2.4).

Dla stacji bazowych ze zintegrowaną anteną należy zwrócić specjalną uwagę na układ blokowania fazy.

6.2.2.3.4. Procedura pomiarowa

6.2.2.3.4.1. Podstawowy układ pomiarowy

Podstawowa konfiguracja pomiarowa odpowiada początkowemu kątowi $\phi = \phi_0$ (azymut).

Skanowanie w funkcji kąta θ (elewacji) powinno się rozpocząć z wybranego punktu konturu kołowego i należy je wykonać z krokiem $\delta\theta$ wzdłuż całego tego konturu.

Dla każdego $\theta_i = \theta_{i-1} + \delta\theta$ należy zarejestrować pozycję sondy (sond) oraz poziom sygnału odbieranego lub nadawanego.

Podstawową konfigurację pomiarową należy powtarzać dla każdego kąta azymutalnego z krokiem $\delta\theta$.

6.2.2.3.4.2. Procedura wstępna

Sprawdzić, czy czułość sondy (sond) jest odpowiednia do poziomu mocy promieniowanej podczas pomiarów. Przeprowadzić kalibrację wzmocnienia sondy (sond) elektrycznej i/lub magnetycznej. Alternatywnie, upewnić się, że z danych pomiarowych dla całej powierzchni można wyznaczyć wartości bezwzględne pól.

Sprawdzić częstotliwości pomiarowe. Wymagane są minimum 3 częstotliwości: F_c , $F_{\min}$ i $F_{\max}$, przy czym:

F_c środkowa częstotliwość zakresu;

$F_{\min}$ dolna częstotliwość zakresu;

$F_{\max}$ górna częstotliwość zakresu.

Sprawdzić wartości $\delta\phi$, $\phi_{\max}$, $\delta\theta$, $\theta_{\min}$, $\theta_{\max}$, R_{mes} , przy czym:

$\delta\phi$ przyrost kąta azymutu;

$\phi_{\max}$ maksymalny kąt azymutu, licząc od wartości kąta odniesienia;

$\delta\theta$ przyrost kąta elewacji;

$\theta_{\min}$ współrzędna kątowa dolnego brzegu kołowego konturu w płaszczyźnie elewacji;

$\theta_{\max}$ współrzędna kątowa górnego brzegu kołowego konturu w płaszczyźnie elewacji;

R_{mes} promień skanowania w płaszczyźnie elewacji;

$D_{\max}$ największy wymiar EUT (= 2a, Rysunek 3^{N8)});

λ długość fali.

Upewnić się, że całkowity wkład interferencji i odbić jest – 30 dB poniżej mierzonego sygnału.

6.2.2.3.4.3. Procedura pomiarowa

- Upewnić się, że sonda(-y), układ pomiarowy i sprzęt działają poprawnie.
- Zamocować EUT w konfiguracji pomiarowej.
- Dobrać moc wyjściową, częstotliwość roboczą i pożądany tryb pracy EUT.
- Ustawić (lub skonfigurować) sondę(-y) w początkowym położeniu pomiarowym.
- Wykonać wstępne skanowanie pola w funkcji kąta elewacji dla wybranego azymutu odniesienia i zapisać wyniki.

^{N8)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „4”.

- Amplituda i faza mierzonego pola dla obu polaryzacji powinna być podawana w jednostkach układu SI (Międzynarodowy System Miar, V/m dla pola elektrycznego i A/m dla pola magnetycznego). Wszelkie przeliczenia powinny być wykonywane z użyciem odpowiednich współczynników określonych w procesie kalibracji.
- Mierzyć i rejestrować rozkład pola elektromagnetycznego.
- Przesuwać EUT lub sondę(-y) skokowo w azymucie z krokiem $\Delta\phi$ wokół osi pionowej, która jest jednocześnie osią symetrii skanowanej przestrzeni.
- Powtarzać pomiar pola elektromagnetycznego, aż $\phi_i = \phi_{\max}$ ($\phi_i = \phi_{i-1} + \delta\phi$, gdy $i_{\min} = 1$).
- Po pomiarach ponownie przeprowadzić skanowanie pola w funkcji elewacji dla azymutu odniesienia i porównać wyniki z wynikami skanowania wstępnego. Sprawdzić, czy maksymalne wartości końcowe nie różnią się o więcej niż 5 % od wartości ze skanowania wstępnego (dryf spowodowany wpływem sąsiadujących urządzeń i zmianami warunków otoczenia).
- Jeśli zmiana wartości jest większa niż 5 %, powtórzyć pomiary.

6.2.2.4. Obróbka wyników

6.2.2.4.1. Postanowienia ogólne

Wartości pola elektromagnetycznego otrzymuje się drogą obróbki wartości zmierzonych w polu bliskim (patrz Rozdziały B.4 i B.5).

6.2.2.4.2. Wyznaczanie wartości pola elektromagnetycznego na zewnątrz skanowanej powierzchni

Pola elektromagnetyczne wytwarzane przez EUT należy modelować jako pole pochodzące od wielu izotropowych źródeł promieniujących rozłożonych na skanowanej powierzchni. W punkcie obserwacji, wektorowa suma pól emitowanych przez te źródła jest taka sama jak pole pochodzące od EUT. Danymi wejściowymi dla tego modelu są składowe styczne pola elektromagnetycznego zmierzone na powierzchni otaczającej EUT. Wartości pola elektromagnetycznego w punktach obserwacji na zewnątrz skanowanej powierzchni EUT oblicza się, jak opisano w Rozdziale B.4.

6.2.2.4.3. Wyznaczanie wartości pola elektromagnetycznego wewnątrz skanowanej powierzchni

Wartości pola elektromagnetycznego należy wyliczyć w punktach obserwacji znajdujących się w obszarze wewnątrz skanowanej powierzchni, lecz na zewnątrz minimalnej przestrzeni otaczającej EUT (patrz Rozdziały B.4 i B.5).

6.2.2.4.4. Skalowanie wyników pomiarów do zadanej mocy wejściowej

Obliczone wartości pola E (odpowiednio H), E_o (odpowiednio H_o) uzyskuje się dla danej mocy wejściowej P_o . Ponieważ pole E (odpowiednio H) jest proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego mocy wejściowej, wartości pól E (H), E_o (odpowiednio H_o) dla innej mocy wejściowej są dane poniższymi wzorami:

$$E = \sqrt{\frac{P}{P_o}} E_o \quad H = \sqrt{\frac{P}{P_o}} H_o$$

Jeśli w jednym lub wielu zakresach wykorzystywanych jest jednocześnie kilka częstotliwości, należy stosować skalowanie liniowe wartości E^2 , H^2 i S w każdym zakresie oddzielnie, stosownie do liczby częstotliwości, na których odbywa się nadawanie z taką samą mocą w każdym z zakresów.

6.2.2.5. Szacowanie niepewności

6.2.2.5.1. Wymagania ogólne

Szacowanie niepewności w pomiarach wartości pól elektromagnetycznych powinno opierać się na ogólnych zasadach określonych w Przewodniku ISO/IEC 98-3. Należy oszacować niepewności standardowe typu A i typu B.

W analizie niepewności typu A niepewność standardową (u_i) szacuje się na podstawie estymaty obserwacji statystycznych. W analizie niepewności typu B u_i bierze się z górnej (a_+) i dolnej (a_-) granicy zmian danej wielkości, w zależności od rozkładu definiującego $a = (a_+ - a_-)/2$, to znaczy:

- Rozkład prostokątny: $u_i = a/\sqrt{3}$
- Rozkład trójkątny: $u_i = a/\sqrt{6}$
- Rozkład normalny: $u_i = a/k$ gdzie k jest współczynnikiem pokrycia
- Rozkład typu U (asymetryczny): $u_i = a/\sqrt{2}$

6.2.2.5.2. Składniki niepewności

6.2.2.5.2.1. Udział aparatury pomiarowej

6.2.2.5.2.1.1. Kalibracja aparatury pomiarowej

Zasadę szacowania czułości (lub kalibracji) wraz z opisem podejścia do oceny niepewności podano w Załączniku B. Niepewność ze względu na czułości powinna być szacowana przy założeniu normalnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.2.1.2. Liniowość sondy

Linowość odbiornika i sondy należy oceniać zgodnie z zasadami podanymi w Załączniku B. W celu wyznaczenia liniowości należy przeprowadzić korekcję, która poprzedza szacowanie niepewności. Niepewność wynikającą z liniowości należy szacować przy założeniu prostokątnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.2.1.3. Urządzenie pomiarowe

Udział urządzenia pomiarowego (np. odbiornika wektorowego) w niepewności pomiaru należy szacować zgodnie z jego świadectwem wzorcowania. Niepewność wynikającą z urządzenia pomiarowego należy szacować przy założeniu normalnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.2.1.4. Szum elektryczny

Jest to sygnał wykrywany przez system pomiarowy nawet wtedy, gdy EUT nie nadaje. Źródłami takich sygnałów są szumy RF (systemy oświetleniowe, system skanowania, uziemienie sieci elektrycznej laboratorium), efekty elektrostatyczne (ruch sondy, przemieszczający się ludzie, itp.) i inne efekty (efekty działania wykrywaczy światła, temperatury, itd.).

Poziom szumów należy określić przez trzykrotne zgrubne skanowanie przy wyłączonym źródle RF lub z dopasowanym obciążeniem na wyjściu nadajnika. W każdym punkcie obserwacji poziom szumów powinien być przynajmniej – 30 dB poniżej najmniejszej mierzonej wartości pola. Jeżeli warunek ten jest spełniony, to niepewność ze względu na szumy należy pominąć.

6.2.2.5.2.1.5. Czas całkowania

Czas całkowania nie powinien wprowadzać dodatkowego błędu, jeśli EUT emituje falę ciągłą (CW). Niepewność ta zależy od charakterystyki sygnału i należy ją oszacować przed przystąpieniem do pomiarów pola elektromagnetycznego. Jeśli stosowany jest sygnał nieciągły, wtedy wprowadzoną niepewność należy brać pod uwagę przy szacowaniu niepewności złożonej. Niepewność związaną z czasem całkowania należy szacować, zakładając rozkład normalny prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.2.1.6. Udział toru mocy

Niedopasowanie w torze mocy prowadzi do niepewności oszacowania mocy promieniowanej na podstawie mocy zmierzonej przez miernik mocy. Typowe przypadki szacowania niepewności przedstawiono w Załączniku B.

6.2.2.5.2.2. Udział ograniczeń mechanicznych

6.2.2.5.2.2.1. Ograniczenie mechaniczne systemu pozycjonowania

Ograniczenia mechaniczne systemu pozycjonowania wprowadzają niepewność pomiarów pól elektromagnetycznych poprzez ograniczenie dokładności i powtarzalności pozycjonowania. Parametry te należy oceniać w odniesieniu do specyfikacji systemu pozycjonowania, a niepewność, jaką wprowadzają należy pominąć, pod warunkiem, że system spełnia kryteria określone dla sprzętu.

6.2.2.5.2.2.2. Dopasowanie między sondą i punktami odniesienia EUT

Przed każdym skanowaniem należy sprawdzić wzajemne ustawienie sondy i EUT, weryfikując je przy wykorzystaniu trzech punktów odniesienia.

6.2.2.5.2.3. Udział parametrów fizycznych

6.2.2.5.2.3.1. Dryft mocy wejściowej EUT, sondy, temperatury i wilgotności

Dryft spowodowany elektroniką EUT i aparatury pomiarowej, jak i temperatury i wilgotności, jest kontrolowany na pierwszym i ostatnim kroku procesu pomiaru określonego w procedurze pomiarowej, a wynikowy błąd powinien być mniejszy niż $\pm 5\%$. Niepewność jest szacowana przy założeniu prostokątnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.2.3.2. Zaburzenia ze środowiska

Zaburzenia ze środowiska są skutkiem różnych czynników:

- odbić fal w laboratorium;
- wpływu pozycjonerów EUT i sondy(sond);
- wpływu kabli i aparatury pomiarowej;
- poziomu tła pól elektromagnetycznych.

6.2.2.5.2.4. Udział obróbki wyników

Jest to niepewność wynikająca z obróbki danych pomiarowych. Obróbka ta obejmuje szereg działań matematycznych przekształcających pola elektromagnetyczne zmierzone na powierzchni przestrzeni na pola wewnątrz lub na zewnątrz obszaru wokół anteny.

Niepewność pochodząca od obróbki danych zależy od pięciu głównych składników błędu, takich jak:

- błąd wynikający ze skończonej rozdzielczości próbkowania kąta (kryterium Nyquista);
- błąd spowodowany interpolacją – jeśli została zastosowana (interpolacja danych pomiarowych w celu zwiększenia rozdzielczości próbkowania);
- błąd korekcji sondy (przybliżenie sondy dipolem);
- błąd spowodowany skończoną liczbą współczynników rozwinięcia na funkcje sferyczne (SWEP), opisujące retropropagację (obcięcie szeregu nieskończonego);
- błędy zależne od odległości retropropagacji: w przypadku idealnym retropropagację można przeprowadzić aż do najmniejszej sfery zawierającej EUT. W praktyce najmniejsza odległość zależy od liczby współczynników SWEP zachowanych w procesie retropropagacji.

Wynikową niepewność należy szacować przyjmując rozkład prostokątny prawdopodobieństwa.

6.2.2.5.3. Szacowanie niepewności

6.2.2.5.3.1. Niepewność złożona i rozszerzona

Udział każdego ze składników niepewności powinien zostać zapisany ze wskazaniem nazwy, rozkładu prawdopodobieństwa oraz współczynnika wrażliwości i wartości niepewności. Wyniki należy zestawiać w tabeli według poniższego formularza. Niepewność złożoną należy następnie obliczyć według następującego wzoru:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$$

gdzie

c_i współczynnik wagowy (współczynnik czułości).

Niepewność rozszerzoną należy szacować dla przedziału ufności 95 %.

Tablica 1^{N9)} – Szacowanie niepewności

ŹRÓDŁA NIEPEWNOŚCI	Opis (podrozdział)	Wartość niepewności %	Rozkład prawdopo- dobieństwa	Dzielnik	c_i	Niepewność standardowa %
Aparatura pomiarowa	6.2.2.5.2.1					
Kalibracja			Normalny	1 lub k	1	
Liniowość			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Urządzenie pomiarowe			Normalny	1 lub k	1	
Szumy			Normalny	1	1	
Czas całkowania			Normalny	1	1	
Tor mocy			Normalny	1	1	
Ograniczenia mechaniczne	6.2.2.5.2.2					
System pozycjonowania			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Dopasowanie między sondą i EUT			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Parametry fizyczne	6.2.2.5.2.3					
Dryft mocy wyjściowej EUT, sondy, temperatury i wilgotności			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Zaburzenia ze środowiska			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Obróbka wyników	6.2.2.5.2.4					
Udział obróbki danych			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Złożona niepewność standardowa			$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
Niepewność rozszerzona (przedział ufności 95 %)			Normalny			$u_e = 1,96 u_c$

^{N9)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „2”.

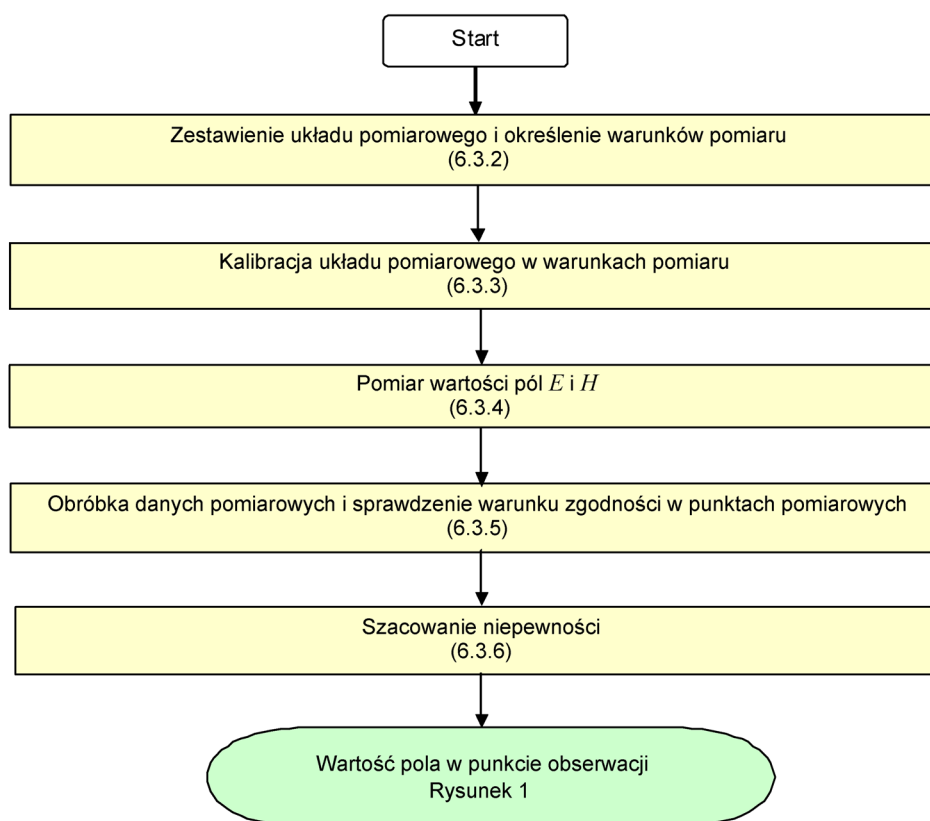
6.2.2.5.3.2. Maksymalna niepewność rozszerzona

Po przeskalowaniu obróbki wyników niepewność rozszerzona nie powinna przekroczyć 30 % wartości pola E lub H z przedziału między 30 % i 200 %. Dla wartości pola E i H poniżej 30 % wartości granicznych, niepewność absolutna (wyprowadzona z niepewności rozszerzonej) nie powinna przekraczać 30 % wartości granicznych.

6.3. Metoda skanowania objętościowego

6.3.1. Postanowienia ogólne

W celu określenia granicy zgodności wykonuje się bezpośrednie pomiary pola elektrycznego i magnetycznego w dostatecznej ilości punktów obserwacji w przestrzeni otaczającej EUT.



Rysunek 5^{N10)} – Zarys metody skanowania objętościowego

6.3.2. Aparatura pomiarowa i środowisko pomiarowe

6.3.2.1. Opis ogólny

Aparatura do skanowania objętościowego składa się z izotropowej sondy oraz wsporników do mocowania EUT i sondy umożliwiających zmianę ich wzajemnego położenia w ramach odpowiedniego stanowiska pomiarowego.

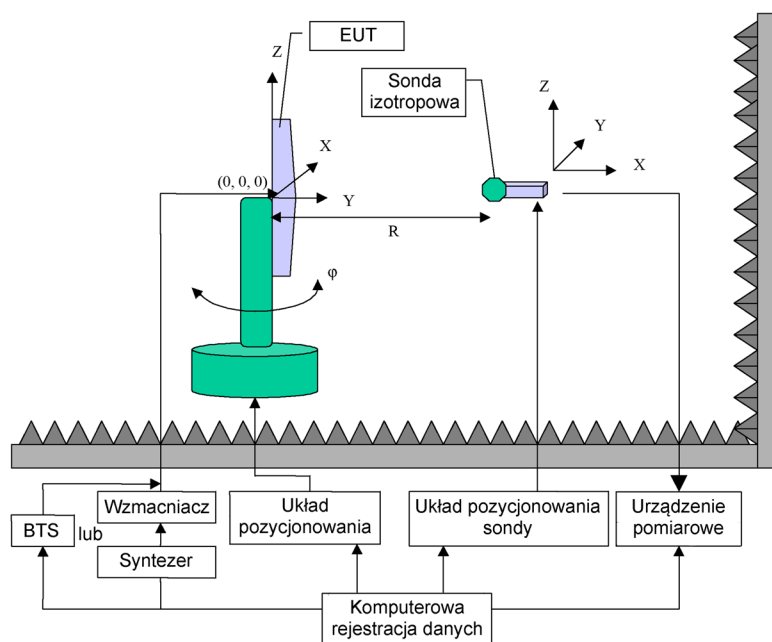
Wymagane mogą być następujące urządzenia:

- Komora bezodbićowa lub odpowiednie stanowisko pomiarowe;
- Izotropowa sonda elektryczna i/lub magnetyczna;
- Wspornik sondy izotropowej;
- Wspornik EUT;

^{N10)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „6”.

- Syntezer i wzmacniacz(-e);
- System pozycjonujący sondę izotropową lub kontroler układu sond;
- System pozycjonowania EUT;
- Odbiornik pomiarowy lub inne urządzenie pomiarowe.

Aparatura pomiarowa może być sterowana za pomocą komputera. Urządzenia pomiarowe powinny być umieszczone tak, aby ich obecność nie wpływała na pomiary. Typową konfigurację układu do pomiaru pola bliskiego EUT przedstawiono na Rysunku 6^{N11)}.



Rysunek 6^{N11)} – Schemat blokowy układu do pomiaru pola bliskiego EUT

6.3.2.2. Wyposażenie do skanowania

Układ pozycjonowania EUT i sondy izotropowej powinien umożliwiać skanowanie określonego obszaru stanowiska pomiarowego.

Próbkowanie tej objętości uzyskuje się przez wzajemne przemieszczenia, translację i obrót, wsporników sondy i EUT. Sam pomiar sprowadza się do skanowania zbioru powierzchni cylindrycznych, kulistych lub płaskich.

Dokładność

Dokładność pozycjonowania końcówki sondy w obszarze pomiaru powinna być lepsza niż $\pm 0,5$ cm.

Rozdzielczość próbkowania

Rozdzielczość próbkowania jest to najmniejszy krok, z jakim system pomiarowy może wykonać pomiary. Rozdzielczość próbkowania powinna wynosić $\lambda/10$ lub mniej.

^{N11)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „7”.

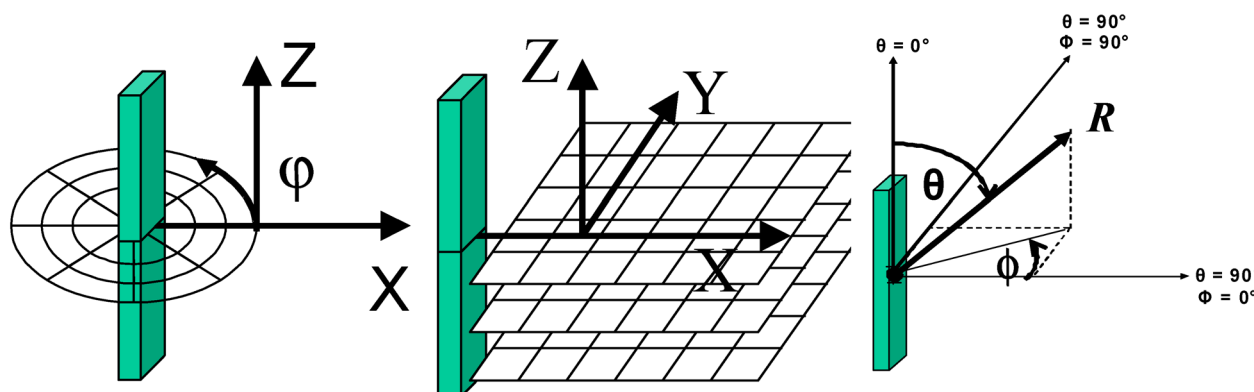
Układy współrzędnych

Mogą być stosowane alternatywne układy współrzędnych przedstawione na Rysunku 7^{N12)}.

Osie odniesienia są zdefiniowane przez:

- X – odległość od przodu anteny lub $\theta = 90^\circ$ $\Phi = 0^\circ$ w sferycznym układzie współrzędnych;
- Y – odległość od boku anteny lub kąt φ w sferycznym układzie współrzędnych;
- Z – wysokość wzdłuż osi anteny lub $\theta = 0^\circ$ w sferycznym układzie współrzędnych.

Początek układu współrzędnych należy definiować np. jako środek tylnego panelu w przypadku anten panelowych lub jako środek anteny w przypadku anten dookólnych.



Rysunek 7^{N12)} – Współrzędne cylindryczne, kartezjańskie i sferyczne określone w stosunku do EUT

6.3.2.3. Sprzęt pomiarowy

Sprzęt pomiarowy powinien składać się z sondy izotropowej i urządzenia pomiarowego (np. woltomierza).

Sonda izotropowa powinna być tak skonstruowana i zwymiarowana, by nie zaburzała pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez EUT.

Zakres pomiarowy sprzętu pomiarowego powinien być zgodny z poziomami mocy mierzonego sygnału RF i wynikającymi stąd wartościami pola w punktach obserwacji.

Typowo w pomiarach pola E :

- minimalny próg detekcji powinien być mniejszy niż 3 V/m, a próg maksymalny powinien być większy niż 200 V/m.

Typowo w pomiarach pola H :

- minimalny próg detekcji powinien być mniejszy niż 0,03 A/m, a próg maksymalny powinien być większy niż 0,6 A/m.

Liniowość sprzętu do pomiaru pola E i H powinna mieścić się w zakresie pomiaru w przedziale ± 1 dB, a izotropowość pomiaru nie powinna być gorsza niż ± 1 dB.

6.3.2.4. Wspornik EUT

Antena powinna być zamontowana na uchwycie dielektrycznym przymocowanym do pozycjonera. Uchwyt powinien być wykonany z materiału(-ów) o małej konduktywności i małej względnej przenikalności elektrycznej: $\tan(\delta) \leq 0,05$ i $\epsilon_r \leq 5$.

^{N12)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „8”.

Alternatywnie, antena może być zamontowana na wsporniku metalowym, jeśli są to jej normalne warunki pracy. Jeśli na skutek sposobu zamontowania warunki pomiaru różnią się od warunków pomiaru w swobodnej przestrzeni, należy to odnotować w sprawozdaniu z badań.

6.3.2.5. Specyfikacja mocy wejściowej

EUT powinno być zasilone sygnałami o częstotliwościach odpowiadających normalnym warunkom pracy. Źródło sygnałów RF, np. generator lub syntezer i wzmacniacz, mogą zastąpić nadajnik podający moc wejściową do EUT. Skalowanie mocy dokonuje się na etapie obróbki wyników pomiarów (patrz 6.2.2.4).

Urządzenie powinno być zdolne do wytworzenia natężenia pola w zakresie pomiarowym sprzętu pomiarowego przy największej odległości pomiarowej.

Tor mocy na ogół składa się z syntezeru ze wzmacniaczem, sprzęgacza połączonego z miernikiem mocy i kabla antenowego.

Źródło sygnału testowego / stacja bazowa powinny pracować zgodnie z instrukcjami producenta w celu zapewnienia stabilnego poziomu mocy wyjściowej RF w trakcie pomiarów. Zazwyczaj może to wymagać, by źródło sygnału / stacja bazowa pracowały z wymaganym poziomem mocy wyjściowej przez godzinę przed rozpoczęciem cyklu badań w celu osiągnięcia równowagi termicznej.

Tor mocy należy oceniać starannie w celu dokładnego wyznaczenia poziomu mocy wejściowej doprowadzonej do anteny.

6.3.2.6. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe powinno zapewnić minimalny poziom zaburzeń spowodowanych odbiciami i szumami otoczenia; poziom ten powinien być co najmniej o 25 dB niższy od natężenia pola w dowolnym punkcie obserwacji. Metodę szacowania poziomu odbić stanowiska pomiarowego podano w Rozdziale B.3.

Temperatura otoczenia powinna się mieścić w zakresie od 10 °C do 30 °C i nie powinna się zmieniać w trakcie pomiarów o więcej niż ± 5 °C.

6.3.3. Kalibracja układu pomiarowego

6.3.3.1. Postanowienia ogólne

Układ pomiarowy powinien być kalibrowany na odpowiednich częstotliwościach jako całość. Wskazówki dotyczące kalibracji podano w Rozdziale B.2.

6.3.3.2. Izotropowość

Sondę należy umieścić w polu fali referencyjnej, zmieniając kąt padania tej fali. Izotropowość półkulistą należy wyznaczyć, obracając sondę lub zmieniając polaryzację fali wzorcowej. Kąt padania należy zmieniać w zakresie od 90° (kierunek osiowy) do 0° (kierunek normalny) z krokiem mniejszym niż 30°. Dla każdego kąta padania sonda powinna być obracana w pełnym zakresie obrotu 360° z krokiem mniejszym niż 15°.

6.3.3.3. Liniowość

Ocenę funkcji linearyzujących przeprowadza się w wolnej przestrzeni, zmieniając poziom sygnału w pożądanym zakresie detekcji.

Liniowość jest zdefiniowana jako maksymalne odchylenie w zakresie pomiaru wielkości mierzonej od najbliższej prostej odniesienia, zdefiniowanej w danym przedziale. Poziom mocy w tym przedziale należy zmieniać z krokiem nie większym niż 1 dB.

6.3.3.4. Granice detekcji

Dolna granica detekcji jest zdefiniowana jako poziom szumów plus 0,5 dB.

Górna granica detekcji jest zdefiniowana jako poziom nasycenia minus 0,5 dB.

Dolna granica detekcji jest związana z poziomem szumów, dokładnością dostrojenia i asymetrią układu pomiarowego. Nasycenie i inne efekty nieliniowe określają górną granicę detekcji. Zakres detekcji można szacować różnymi metodami. Jest on zdefiniowany jako poziom, dla którego odpowiedź układu odbiega od liniowej o więcej niż 0,5 dB. W rzeczywistych warunkach pracy układu pomiarowego dolna granica detekcji może być ograniczona poziomem tła elektromagnetycznego.

6.3.4. Zasady pomiaru

6.3.4.1. Postanowienia ogólne

6.3.4.1.1. Sprawdzenie uproszczone

Należy przeprowadzić walidację systemu pomiarowego, wykonując skanowanie za pomocą kalibrowanej anteny odniesienia, np. dipola.

Na przykład wyniki pomiaru mogą być porównane w polu dalekim z polem wzorcowym obliczonym za pomocą wzorów opisujących pole dalekie:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G}}{R} \quad H = \frac{E}{\eta_0} = \frac{\sqrt{P \cdot G}}{69 \cdot R}$$

gdzie

P moc doprowadzona do anteny wzorcowej (W);

G zysk głównej wiązki anteny odniesienia;

R odległość między sondą i anteną wzorcową (m);

η_0 impedancja wolnej przestrzeni.

Dopuszczalny błąd powinien być mniejszy niż ± 1 dB.

6.3.4.1.2. Ogólne wymagania dotyczące próbkowania skanowaniem

Przy skanowaniu można używać różnych układów współrzędnych (patrz Rysunek 7^{N13)}).

Orientacja kątowa anteny w stosunku do punktu pomiarowego powinna być ustalona z dokładnością do 2 % nominalnej, – 3 dB szerokości wiązki badanej anteny, odpowiednio w płaszczyznach E i H .

Nie należy wykonywać pomiarów w obszarze indukcyjnego pola bliskiego EUT, jeśli nie można wykazać, że zaburzenie pola spowodowane sprzężeniem jest poniżej 3 %.

Przy skanowaniu w układzie współrzędnych kartezjańskim i cylindrycznym, dla odległości X mniejszych od 3λ , krok próbkowania powinien być mniejszy niż $\lambda/2$ w kierunkach próbkowania Z i Y (odpowiednio φ) oraz mniejszy niż λ dla odległości większych.

Przy skanowaniu w układzie współrzędnych sferycznych krok próbkowania współrzędnych Φ , θ powinien być tak dobrany, by najkrótsza odległość między punktami pomiarowymi mierzona na powierzchni sfery była mniejsza niż $\lambda/2$, dla odległości R mniejszych niż 3λ , i mniejsza niż λ dla odległości większych.

6.3.4.2. Procedura pomiarowa

- Zamocować EUT w położeniu pomiarowym.
- Dobrać optymalną moc wyjściową, przy pożądanej częstotliwości oraz dla pożądanych rodzajów pracy EUT.

^{N13)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „8”.

- Wykonać wstępny pomiar pól E i H w punkcie odniesienia P_r blisko anteny (ale dalej niż $\lambda/2$) i zapisać wyniki w celu sprawdzenia dryftu mocy.
- Przeprowadzić trójwymiarowe (3D) skanowanie obszaru wokół EUT, zgodnie z ogólnymi wymaganiami podanymi w 6.3.4.1.2, w celu wyznaczenia rozkładu pola elektromagnetycznego.
- Jako końcowy krok badania powtórzyć pomiar pola E i H w punkcie odniesienia P_r . Jeśli wartość natężenia pola różni się o więcej niż 5 % od wartości początkowych, należy sprawdzić tor mocy i powtórzyć badanie.

6.3.5. Obróbka wyników

6.3.5.1. Interpolacja wyników pomiaru

Wartość pola E i H w punktach obserwacji można wyznaczyć wprost z pomiaru i/lub poprzez interpolację między punktami pomiarowymi.

6.3.5.2. Skalowanie wyników do zadanego poziomu mocy wejściowej

Zmierzone natężenie pola E (odpowiednio pola H), E_o (odpowiednio H_o) odpowiada danemu poziomowi mocy wejściowej P_o . Ponieważ pole E (odpowiednio pole H) jest proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego mocy wejściowej, wartość pola elektrycznego E (H), E_o (odpowiednio H_o) dla innej wartości mocy wejściowej P oblicza się z wzorów:

$$E = \sqrt{\frac{P}{P_o}} E_o \quad H = \sqrt{\frac{P}{P_o}} H_o$$

W przypadku gdy jednocześnie jest wykorzystywanych kilka częstotliwości w jednym lub wielu zakresach, należy stosować skalowanie wartości E^2 , H^2 i S w każdym zakresie oddzielnie, zgodnie z liczbą częstotliwości o jednakowej mocy w każdym zakresie.

6.3.6. Szacowanie niepewności

6.3.6.1. Wymagania ogólne

Szacowanie niepewności w pomiarach wartości pól elektromagnetycznych powinno opierać się na ogólnych zasadach określonych w Przewodniku ISO/IEC 98-3. Należy stosować ocenę standardowej niepewności typu A i typu B.

Gdy wykonuje się analizę typu A, standardowa niepewność (u_i) wynika z estymaty obserwacji statystycznych. Gdy wykonuje się analizę typu B, u_i bierze się z górnej (a_+) i dolnej (a_-) granicy zmian danej wielkości, w zależności od rozkładu definiującego $a = (a_+ - a_-)/2$, to znaczy:

- rozkład prostokątny: $u_i = a/\sqrt{3}$
- rozkład trójkątny: $u_i = a/\sqrt{6}$
- rozkład normalny: $u_i = a/k$ gdzie k jest współczynnikiem pokrycia
- rozkład typu U (asymetryczny): $u_i = a/\sqrt{2}$

6.3.6.2. Składniki niepewności

6.3.6.2.1. Udział aparatury pomiarowej

6.3.6.2.1.1. Kalibracja aparatury pomiarowej

W załączniku C podano zasady szacowania czułości (lub kalibracji) wraz z opisem podejścia do oceny niepewności. Niepewność czułości należy szacować, zakładając rozkład normalny prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.2. Izotropowość sondy

Izotropowość półkulistą sondy należy mierzyć zgodnie z zasadami podanymi w B.2.4. Niepewność związaną z izotropowością należy szacować przy założeniu rozkładu prostokątnego prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.3. Liniowość sondy

Liniowość odbiornika i sondy należy oceniać zgodnie z zasadami podanymi w Załączniku B. W celu wyznaczenia liniowości należy przeprowadzić korekcję, która poprzedza szacowanie niepewności. Niepewność wynikająca z liniowości podlega ocenie przy założeniu rozkładu prostokątnego prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.4. Wartość pola E i H spoza zakresu pomiarowego

Gdy lokalne wartości pomiarów leżą poza zakresem pomiarowym urządzenia pomiarowego, może to wprowadzać błędy. Jeśli poziom pola E lub H jest poniżej dolnej granicy detekcji, to jako wynik pomiaru należy przyjąć tę granicę. Jeśli poziom pola E lub H leży powyżej górnej granicy zakresu pomiarowego miernika, to pomiar należy uznać za nieważny.

Niepewność związana z granicami detekcji należy szacować przy założeniu rozkładu prostokątnego prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.5. Urządzenie pomiarowe

Wkład urządzenia pomiarowego do niepewności pomiaru należy szacować zgodnie z jego świadectwem wzorcowania. Niepewność związaną z urządzeniem pomiarowym należy szacować, zakładając rozkład normalny prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.6. Szum elektryczny

Jest to sygnał wykrywany przez system pomiarowy nawet wtedy, gdy EUT nie nadaje. Źródłami takich sygnałów są szумы RF (systemy oświetleniowe, system skanowania, uziemienie sieci elektrycznej w laboratorium), efekty elektrostatyczne (ruch sondy, przemieszczający się ludzie, itp.) i inne efekty (efekty działania wykrywaczy światła, temperatury, itd.).

Poziom szumów elektrycznych należy określić przez trzykrotne, zgrubne skanowanie przy wyłączonym źródle RF lub z dopasowanym obciążeniem na wyjściu nadajnika. W każdym punkcie obserwacji poziom szumów powinien być przynajmniej – 25 dB poniżej najmniejszej mierzonej wartości pola. Jeżeli warunek ten jest spełniony to niepewność ze względu na szумы należy pominąć.

6.3.6.2.1.7. Czas całkowania

Czas całkowania nie powinien wprowadzać dodatkowego błędu jeśli EUT promieniuje sygnał w postaci fali ciągłej (CW). Niepewność ta zależy od charakterystyki sygnału i należy ją oszacować przed przystąpieniem do pomiarów pola elektromagnetycznego. Jeśli stosowany jest sygnał nieciągły, wtedy przy szacowaniu niepewności złożonej należy brać pod uwagę wprowadzoną niepewność. Niepewność związana z czasem całkowania należy szacować, zakładając rozkład normalny prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.1.8. Udział toru mocy

Niedopasowanie w torze mocy prowadzi do niepewności oszacowania mocy promieniowanej na podstawie mocy zmierzonej przez miernik mocy. Typowe przypadki szacowania niepewności przedstawiono w Załączniku B.

6.3.6.2.2. Udział ograniczeń mechanicznych

6.3.6.2.2.1. Ograniczenie mechaniczne systemu pozycjonowania

Ograniczenia mechaniczne systemu pozycjonowania wprowadzają niepewność do pomiarów pól elektromagnetycznych poprzez ograniczenie dokładności i powtarzalności pozycjonowania. Parametry te należy oceniać w odniesieniu do specyfikacji systemu pozycjonowania. Niepewność ustalenia odległości pomiędzy punktem

pomiarowym a EUT należy dodać bezpośrednio do odległości granicznej i nie powinna stanowić składowej szacowania niepewności.

6.3.6.2.2.2. Dopasowanie między sondą i punktami odniesienia EUT

Przed każdym skanowaniem należy sprawdzić wzajemne ustawienie sondy i EUT, weryfikując je przy wykorzystaniu trzech punktów odniesienia.

6.3.6.2.3. Udział parametrów fizycznych

6.3.6.2.3.1. Dryft mocy wejściowej EUT, sondy, temperatury i wilgotności

Dryft spowodowany elektroniką EUT i aparatury pomiarowej, jak również temperaturą i wilgotnością, jest kontrolowany w pierwszym i ostatnim kroku procesu pomiaru określonego w procedurze pomiarowej, a wynikowy błąd powinien być mniejszy niż 5 %. Niepewność jest szacowana przy założeniu prostokątnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.3.6.2.3.2. Zaburzenia ze środowiska

Zaburzenia ze środowiska są skutkiem różnych czynników:

- odbić fal w laboratorium;
- wpływu pozycjonerów EUT i sondy;
- wpływu kabli i aparatury pomiarowej;
- poziomu tła pól elektromagnetycznych.

6.3.6.2.4. Udział obróbki wyników

6.3.6.2.4.1. Interpolacja

Błąd wprowadzany przez algorytmy ekstrapolacji i interpolacji powinien być szacowany przy założeniu normalnego rozkładu prawdopodobieństwa.

6.3.6.3. Szacowanie niepewności

6.3.6.3.1. Niepewność złożona i rozszerzona

Udział każdego ze składników niepewności powinien zostać zapisany ze wskazaniem nazwy, rozkładu prawdopodobieństwa oraz współczynnika wrażliwości i wartości niepewności. Wyniki należy zestawić w tablicy (Tablica 3) według poniższego formularza. Niepewność złożoną należy następnie obliczyć według następującego wzoru:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$$

gdzie

c_i współczynniki wagowe (współczynnik czułości).

Niepewność rozszerzoną należy szacować dla przedziału ufności 95 %.

Tablica 2^{N14)} – Szacowanie niepewności

ŹRÓDŁA NIEPEWNOŚCI	Opis (podrozdział)	Wartość niepewności %	Rozkład prawdopodobieństwa	Dzielnik	c_i	Niepewność standardowa %
Aparatura pomiarowa	6.3.6.2.1					
Kalibracja			Normalny	1 lub k	1	
Izotropowość			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Liniiowość			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Pola poza zakresem pomiarowym			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Urządzenie pomiarowe			Normalny	1 lub k	1	
Szumy			Normalny	1	1	
Czas całkowania			Normalny	1	1	
Tor mocy			Normalny	1	1	
Ograniczenia mechaniczne	6.3.6.2.2					
System pozycjonowania			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Dopasowanie między sondą i EUT			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Parametry fizyczne	6.3.6.2.3					
Dryft mocy wyjściowej EUT, sondy, temperatury i wilgotności			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Zaburzenia ze środowiska			Prostokątny	$\sqrt{3}$	1	
Łączna niepewność standardowa			$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$			
Niepewność rozszerzona (przedział ufności 95 %)			Normalny	$u_e = 1,96 u_c$		

6.3.6.3.2. Maksymalna niepewność rozszerzona

Po przeskalowaniu obróbki wyników niepewność rozszerzona nie powinna przekroczyć 30 % wartości pola E lub H z przedziału między 30 % i 200 %. Dla wartości pola E i H poniżej 30 % wartości granicznych, niepewność absolutna (wyprowadzona z niepewności rozszerzonej) nie powinna przekraczać 30 % wartości granicznych.

^{N14)} Odsyłacz krajowy. Błąd w oryginale EN; powinno być „3”.

