



POMIARY EKSPLOATACYJNE W OBIEKTACH UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ. Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych

Pomiar emisji promieniowanej w komorze GTEM



Oczekiwane efekty uczenia się: wiedza lub umiejętności zawodowe w zakresie dziedziny zawodowej, przydatne do wykonywania zawodu:

- Zapoznanie się z obowiązującymi normami dotyczącymi emisji promieniowanej, ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów w komorze GTEM.
- Zapoznanie się z podstawowymi pojęciami obowiązującymi na danym stanowisku pomiarowym.
- Zdobywanie wiedzy na temat źródeł emisji promieniowanej i ich wpływu na kompatybilność elektromagnetyczną systemów.
- Zapoznanie się z budową komory GTEM, warunkami i ograniczeniami pomiarowymi.
- Nabycie umiejętności przygotowania stanowiska do pomiaru emisji promieniowanej w komorze GTEM.
- Poznanie procedur wykonywania pomiarów emisji promieniowanej w komorze GTEM, z uwzględnieniem ograniczeń.
- Zrozumienie zasad oceny wyników pomiarów i interpretacji poziomów emisji.
- Umiejętność porównania wyników z wartościami granicznymi i oceny zgodności wyrobu.

Oczekiwane efekty uczenia się: w tym kształtujące umiejętności cyfrowe:

- Umiejętność obsługi odbiornika pomiarowego.
- Umiejętność zapisu i interpretacji wyników w dedykowanym oprogramowaniu.

Oczekiwane efekty uczenia się: w tym kształtujące umiejętności związane z transformacją ekologiczną:

- Zrozumienie wpływu emisji promieniowanej na środowisko elektromagnetyczne oraz innych użytkowników przestrzeni radiowej.
- Poznanie metod ograniczania emisji promieniowanej poprzez poprawne projektowanie układów) – co przyczynia się do poprawy niezawodności i trwałości urządzeń.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 – podstawowe pojęcia

➤ **Materiał absorbujący (bezechowy)**

materiał wykazujący właściwość pochłaniania lub redukowania w inny sposób poziomu energii elektromagnetycznej odbitej od tego materiału.

➤ **Szerokopasmowe zakończenie linii transmisyjnej**

zakończenie łączące niskoczęstotliwościowe obciążenie z elementów dyskretnych (w celu dopasowania impedancji charakterystycznej falowodów TEM, zazwyczaj 50Ω) oraz pewną objętość wysokoczęstotliwościowego materiału absorbującego.

➤ **Impedancja charakterystyczna (falowa)**

stosunek wartości napięcia między przewodem wewnętrznym a zewnętrznym do prądu płynącego w którymkolwiek z tych przewodów; wartość ta jest niezależna od wielkości napięcia/prądu i zależy wyłącznie od geometrii przekroju poprzecznego linii transmisyjnej.

➤ **Algorytm korelacji**

procedura matematyczna służąca do konwersji pomiarów napięcia w falowodzie TEM na poziomy natężenia pola odpowiadające otwartej przestrzeni badawczej (OATS) lub komorze półbezechowej (SAC).

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 – podstawowe pojęcia

➤ **Typ EUT**

grupa wyrobów o wystarczającym podobieństwie charakterystyk elektromagnetycznych, pozwalającym na badanie przy użyciu tej samej konfiguracji i tego samego protokołu badań.

➤ **Komora TEM**

zamknięty falowód TEM, często o przekroju prostokątnej linii koncentrycznej, w którym fala rozchodzi się w modzie poprzecznym elektromagnetycznym (TEM) w celu wytworzenia określonego pola do celów badawczych, z przewodem zewnętrznym całkowicie otaczającym przewód wewnętrzny.

➤ **Wspornik stanowiska badawczego**

nieodbijający, nieprzewodzący wspornik o niskiej przenikalności elektrycznej, stanowiący odniesienie pozycjonujące, który pozwala na precyzyjne obroty EUT zgodnie z wymaganiami algorytmu korelacji lub protokołu badań.

➤ **przewód wewnętrzny (septum)**

wewnętrzny przewód koncentrycznego układu linii transmisyjnej, często płaski w przypadku przekroju prostokątnego, który może być umieszczony symetrycznie lub asymetrycznie względem przewodu zewnętrznego.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Fizyka zjawiska

Zjawisko emisji zaburzeń radioelektrycznych zachodzi praktycznie z każdego pracującego urządzenia elektronicznego. Jest to związane z używaniem nieliniowych podzespołów elektronicznych, które są podstawą działania współczesnych układów elektronicznych. Zaburzenia powstające wewnątrz urządzenia propagują się poprzez pola elektromagnetyczne i dalej docierają do innych urządzeń. Taka sytuacja może doprowadzić do zaburzenia innych układów znajdujących się w pobliżu. W celu zapobieganiu zakłóceniom w pracy innych urządzeń niezbędna jest kontrola emisji zaburzeń promieniowanych z urządzeń. Normy PN-EN 55032 oraz normy z grupy PN-EN 55016-x-x określają szczegółowe wymagania dotyczące pomiarów emisji zaburzeń promieniowanych częstotliwości radiowych (w skrócie będziemy mówić emisja promieniowana RF).

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Fizyka zjawiska

Normy opisują potrzebne narzędzie pomiarowe, a są to:

- pomiarowy odbiornik zaburzeń – najprościej jest to selektywny częstotliwościowo woltomierz,
- komora GTEM – z angielskiego Gigahertz Transverse ElectroMagnetic.

Przywołane normy szczegółowo opisują zakresy częstotliwości pomiarowych, które powinny być analizowane.

W naszym przypadku jest to zakres 30MHz – 1GHz, który opisywany jest jako Band C+D. W tym zakresie częstotliwości normy definiują szerokość filtra RBW jako 120kHz, krok częstotliwości nie większy niż połowa RBW, czyli nie więcej niż 60kHz. Normy także wymagają wykonania pomiaru za pomocą detektora wartości Quasi-szczytowej (oznaczenie QP) oraz podają dla wyników pomiarów odpowiednie dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń; tzw. limity.

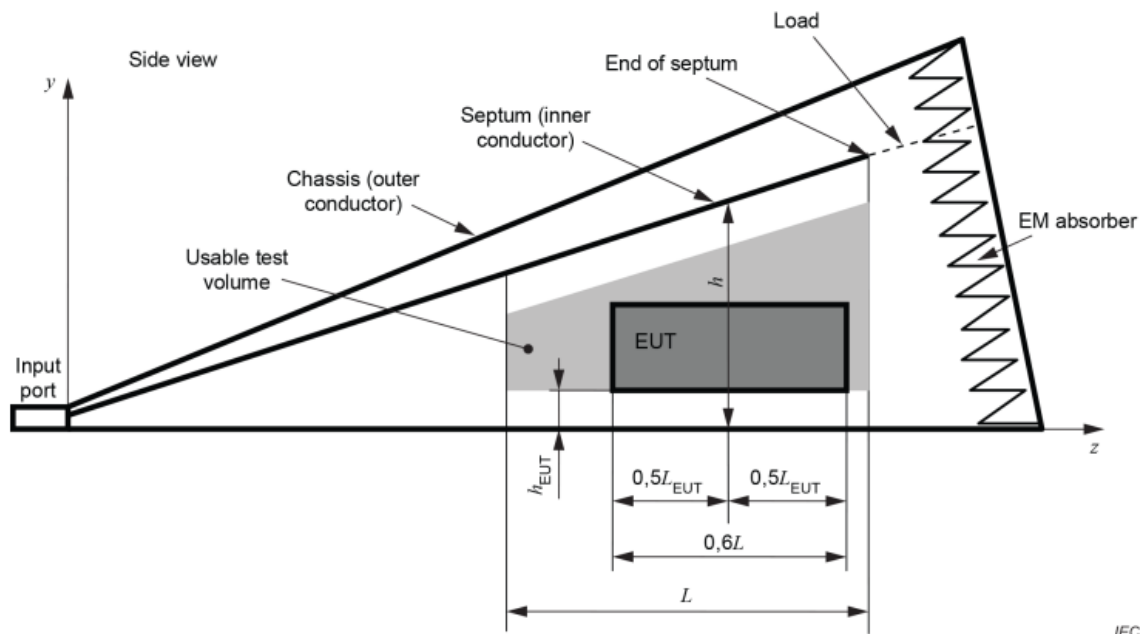
Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Fizyka zjawiska

Wyniki pomiarów w trzech prostopadłych osiach urządzenia mogą być przeliczone na środowisko pomiarowe w postaci OATS (otwartego poligonu pomiarowego) lub SAC (komora pół-bezodbiciowa). Algorytm korelacyjny podaje norma PN-EN 61000-4-20. Takie przeliczenie ma sens ze względu na wspomniane limity, które są podawane dla środowisk OATS i SAC oraz pozwalają na ocenę wyniku pomiaru. Jeżeli nastąpi jakiegokolwiek przekroczenie poziomu emisji to wynik pomiarów jest **negatywny**.

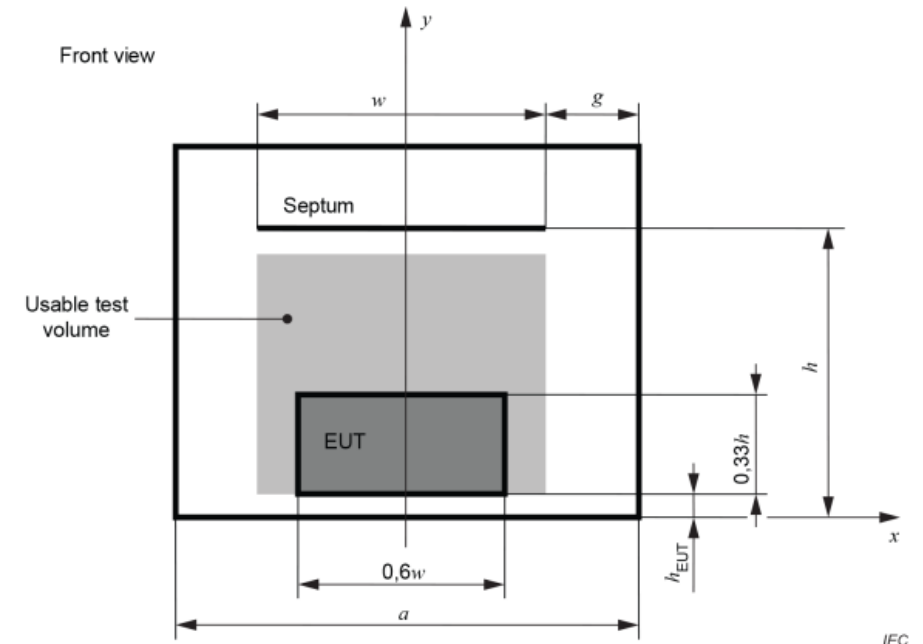
Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Przywołana norma PN-EN 61000-4-20 dość szczegółowo definiuje parametry komory GTEM. Podaje ona metody wyznaczania podstawowego parametru komory jakim jest współczynnik „e0y”, metody weryfikacji komór oraz algorytm korelacyjny wyników pomiarów. Dostarczona komora pozwala na wykonywanie pomiarów urządzeń o wymiarach liniowych nie przekraczających 16,6 cm. Kluczowe parametry komory GTEM są podane w normie.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko



a) Side view



b) Cross-section view

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Na rysunku widoczne jest zdjęcie stanowiska przygotowanego do pomiarów. Widoczne na nim są od lewej strony kolejno:

- pomiarowy odbiornik pomiarowy firmy AFJ typ FFT3110
- komora pomiarowa Astat Gigahertz TEM typ 500
- badane urządzenie (DEMO EMI GTEM + Power Bank) ustawione na nieprzewodzącym postumencie wewnątrz komory.

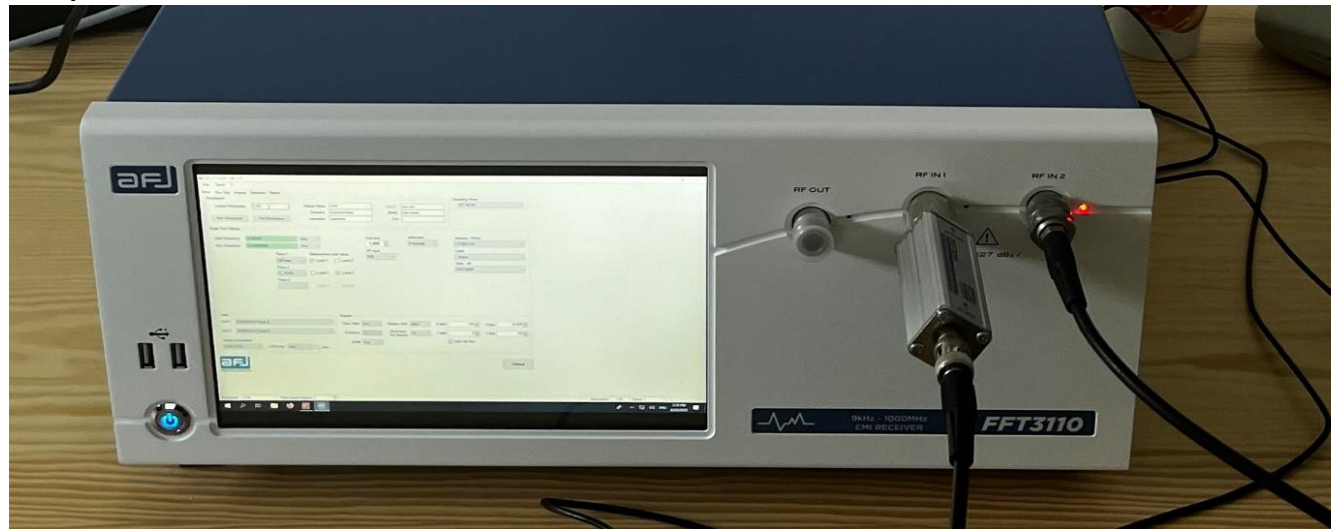


Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Komora GTEM posiada kabel zasilający, który należy podłączyć do zasilania – gniazdo DATA za komorą.

Zasilanie odbiornika pomiarowego 230VAC należy podłączyć do wolnego gniazda „DATA” na ścianie nad siecią V-LISN – rysunek.

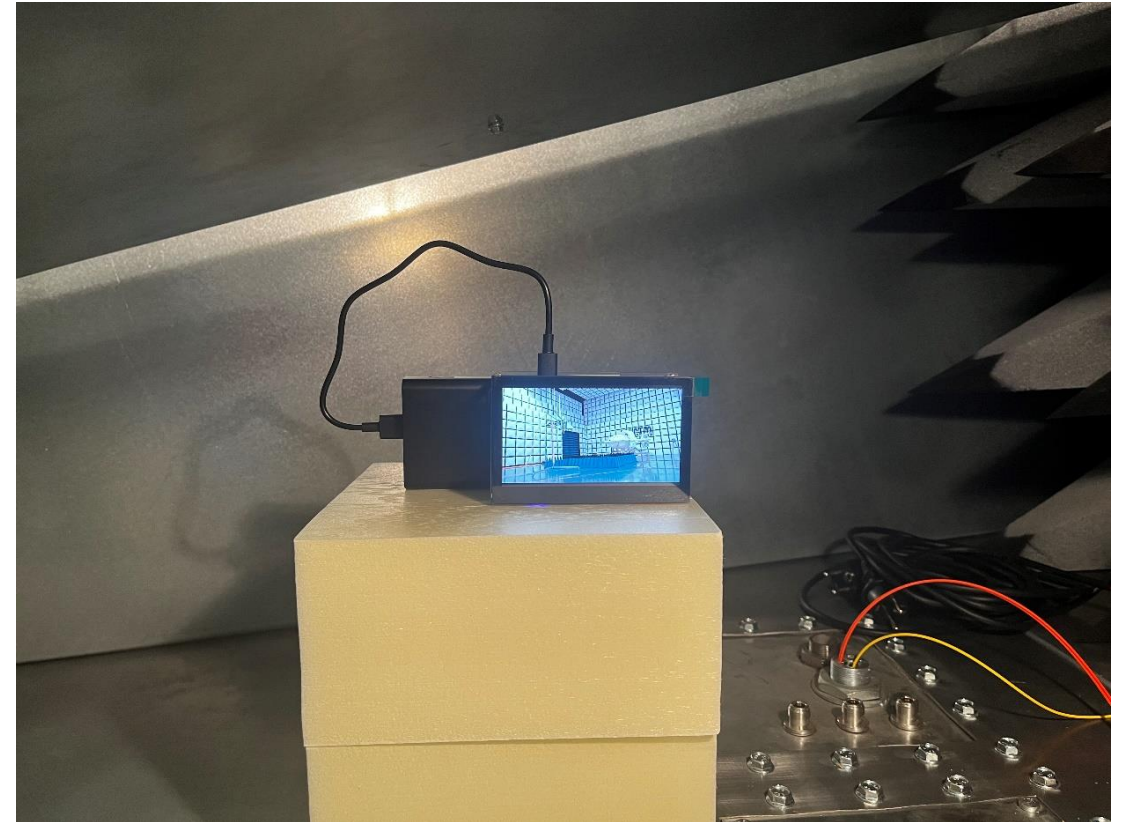
Do komory GTEM 500 podłączony jest sygnałowy kabel koncentryczny. Należy go podłączyć do odbiornika FFT3110 do wejścia RF IN2 jak na rysunku.



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

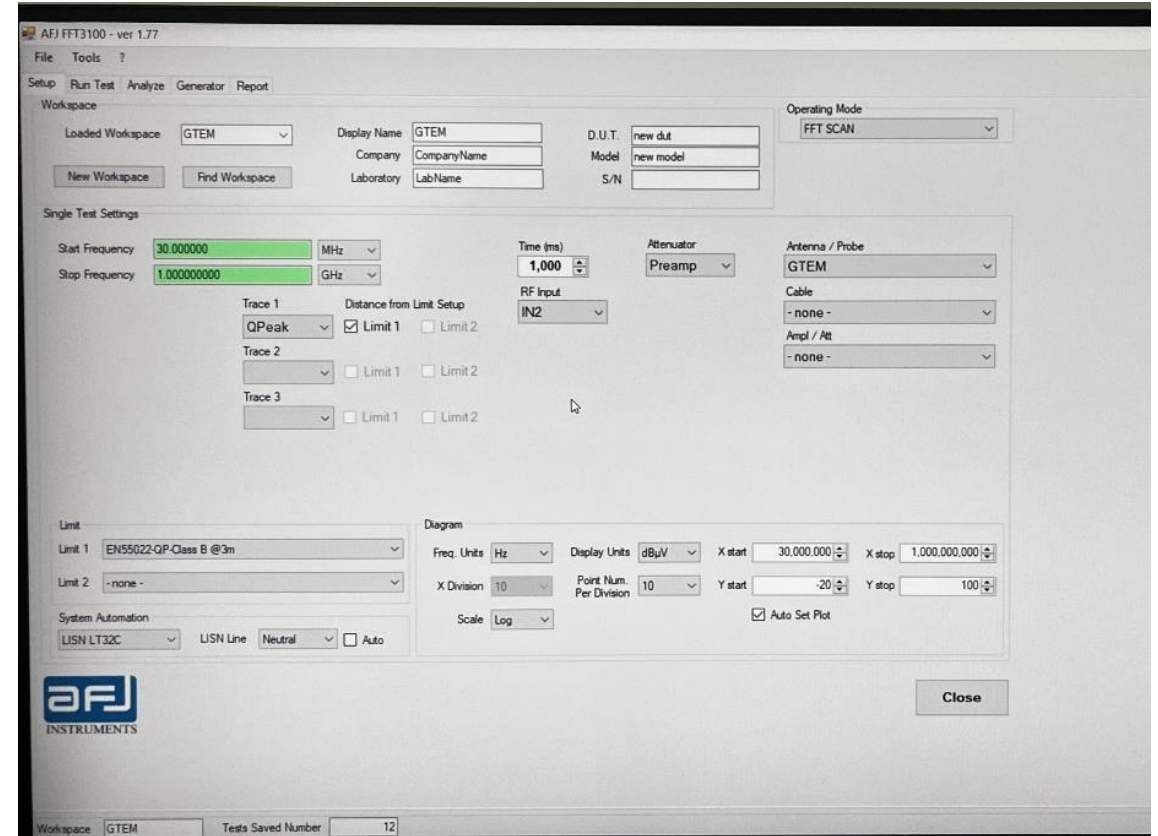
Po podłączeniu stanowiska do pomiarów emisji przewodzonej RF zgodnie z informacjami podanymi wcześniej należy załączyć odbiornik za pomocą przycisku w lewym dolnym narożniku urządzenia. Jeżeli przycisk włącznika na panelu frontowym nie zadziała to należy przełączyć zasilanie włącznika z tyłu odbiornika, obok kabla zasilającego IEC, do pozycji „1”.

Po załączeniu odbiornika należy ułożyć urządzenie w komorze GTEM w osi X i załączyć zasilanie badanego urządzenia poprzez podłączenie go do dedykowanego Power Bank.



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Po uruchomieniu badanego urządzenia można przejść do konfiguracji odbiornika. Po uruchomieniu odbiornika należy kliknąć niebieską ikonę AFJ FFT3110 w lewym górnym narożniku pulpitu, a następnie RUN. Po tych czynnościach uruchomi się oprogramowanie jak na rysunku.



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Rozpoczynając od lewej górnej części okna zaczynamy od wyboru Workspace „GTEM”. Dalej możemy wpisać informacje dotyczące pomiaru, badanego urządzenia oraz operatora. Ważne jest, aby upewnić się, że Operating Mode został wybrany FFT Scan.

Poniżej zaczynając od lewej strony należy określić zakres częstotliwości pomiaru. W naszym przypadku jest to Start – 30 MHz i Stop – 1 000 MHz. Poniżej wybieramy wymagane detektory QPeak (Quasi-szczytowy). Dalej należy określić czas pomiaru, który nie powinien być krótszy niż 1 sekunda. Poniżej należy określić wejście RF odbiornika, do którego podłączony jest kabel pomiarowy komory GTEM – powinien to być IN2.

W kolejnej kolumnie należy wybrać tłumienności elementów toru pomiarowego w oknie Antenna / Probe „GTEM”.

UWAGA:

Wybranie atrybutu „GTEM” w oknie Antenna / Probe jest niezbędne. Wykonanie i zapisanie pomiaru bez wybrania atrybutu GTEM spowoduje brak możliwości przeprowadzenia korelacji wyników pomiarów.

Poniżej należy wybrać odpowiednie dopuszczalne poziomy zaburzeń (limity) oraz skorelować je z odpowiednimi detektorami. Na rysunku 5 widoczne są poprawnie skonfigurowane limity. Dalsze ustawienia w oknie „Diagram” pozostawić bez zmian.

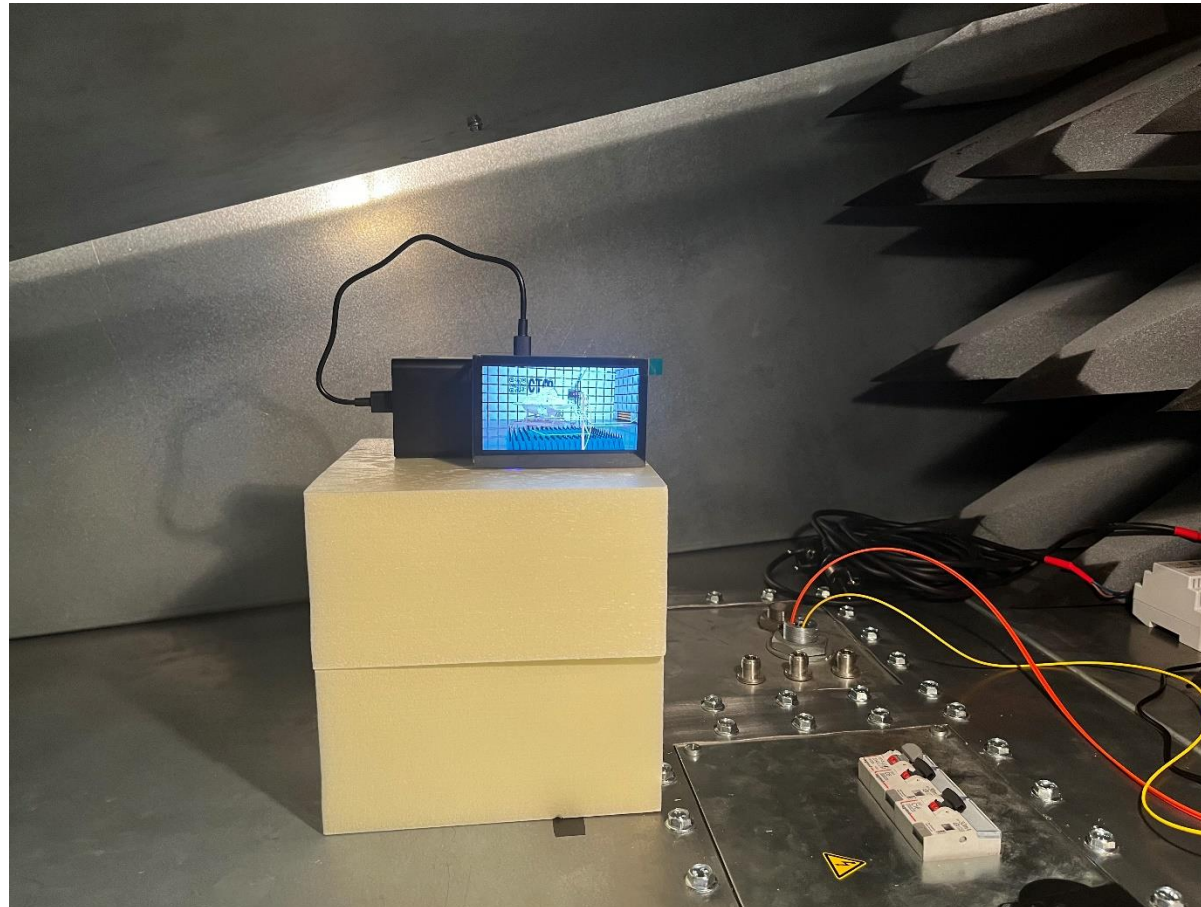
Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Po skonfigurowaniu pomiaru można przejść do zakładki „Run Test”, a następnie po naciśnięciu przycisku „Start” powinien uruchomić się pomiar. Po kilkunastu minutach powinien pojawić się wykres. Po zakończeniu pomiaru oprogramowanie zapyta czy zapisać test. Test należy zapisać i najlepiej nadać mu w opisie informacje o zmierzonej osi EUT (np. oś X i kolejno oś Y oraz oś Z). Na kolejnych slajdach pokazano ułożenie badanego EUT w komorze GTEM 500 w kolejnych pozycjach.

UWAGA: Obracanie EUT w komorze GTEM 500

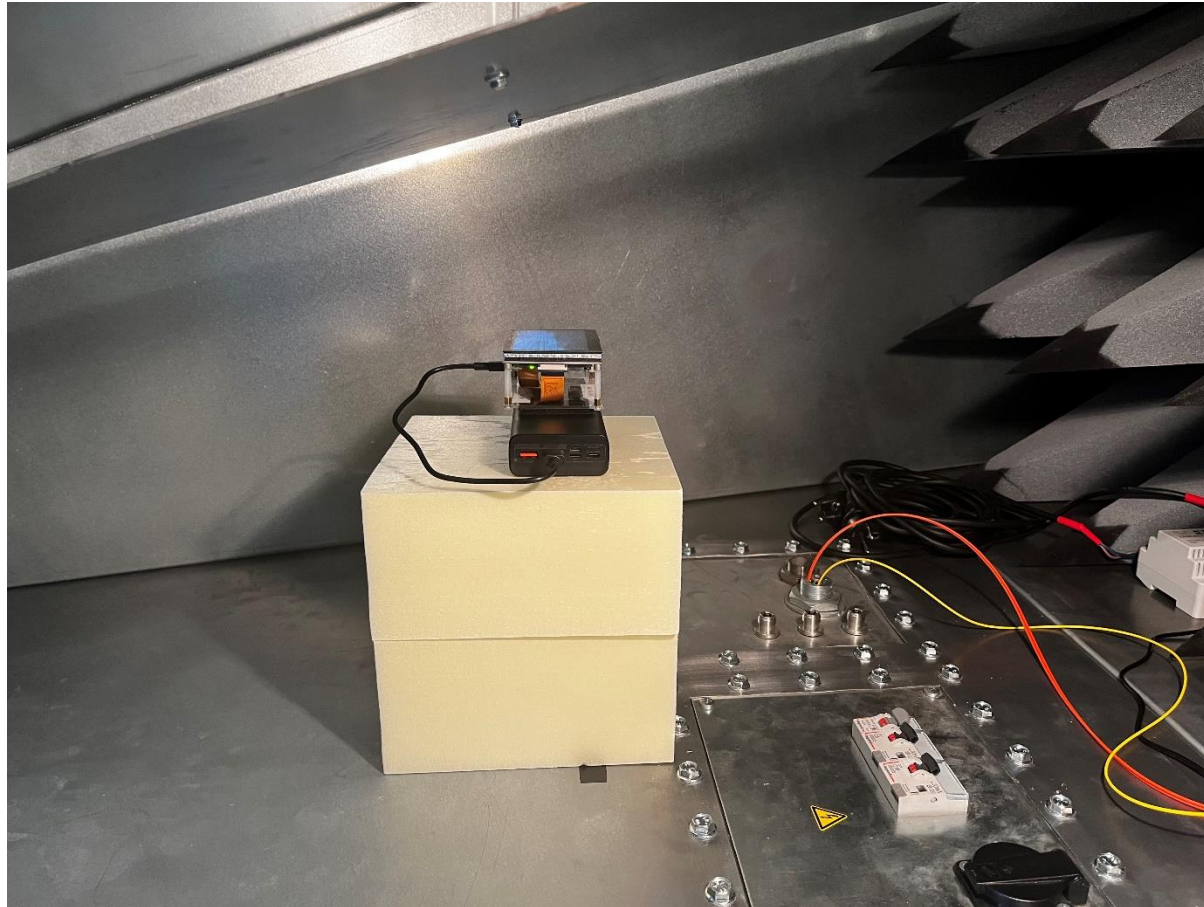
Metoda pomiaru wymaga obracania badanego urządzenia w trzech ortogonalnych (prostopadłych) osiach w kolejności X, Y, a następnie Z. Należy zwrócić uwagę, że nie każde obrócenie urządzenia o 90° nie powoduje zmianę osi pomiaru. Propozycją jest wprowadzenie zasady przy kolejnych obrotach „od siebie i w lewo”. Zgodnie z tą zasadą kolejne pozycje EUT są widoczne na następnych slajdach.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko



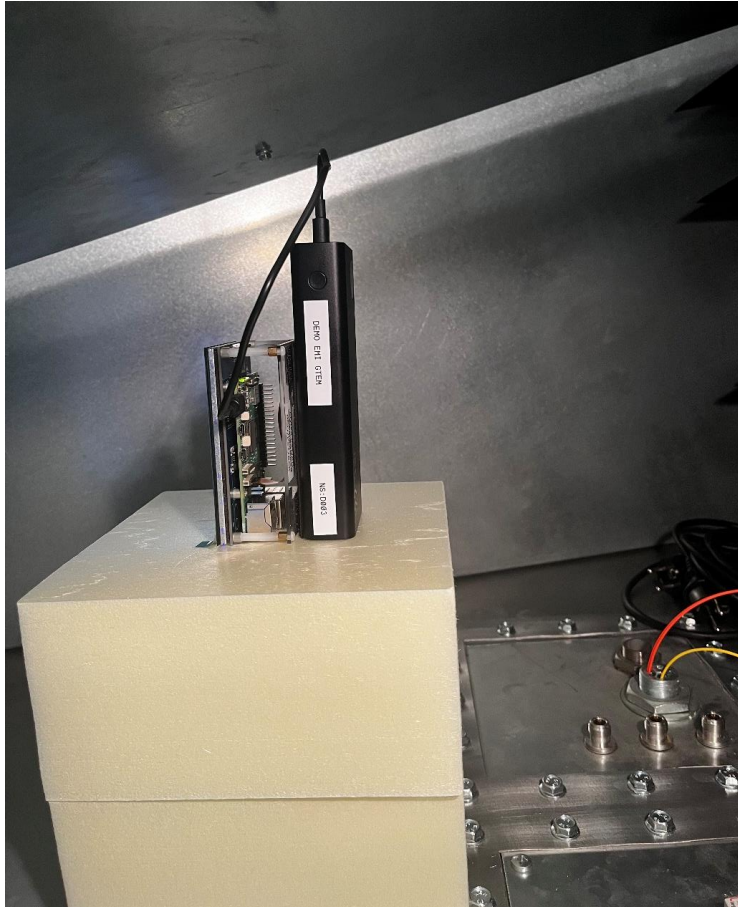
Ułożenie EUT w komorze GTEM 500 w pozycji X.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko



Ułożenie EUT w komorze GTEM 500 w pozycji Y.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko



Ułożenie EUT w komorze GTEM 500 w pozycji Z.

Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Po wykonaniu pomiarów w trzech osiach można przejść do wykonania korelacji na otwarty poligon pomiarowy (OATS) lub komorę pół-bezodbiciową (SAC). W menu Tool należy wybrać GTEM Correlation, po czym wyświetli się okno jak na rysunku. W oknie możliwe jest zaznaczenie trzech wyników pomiarów do korelacji. Zaznaczenie można wykonać w kolumnie Selected For Correlation.

Dalej należy wybrać w EUT Info:

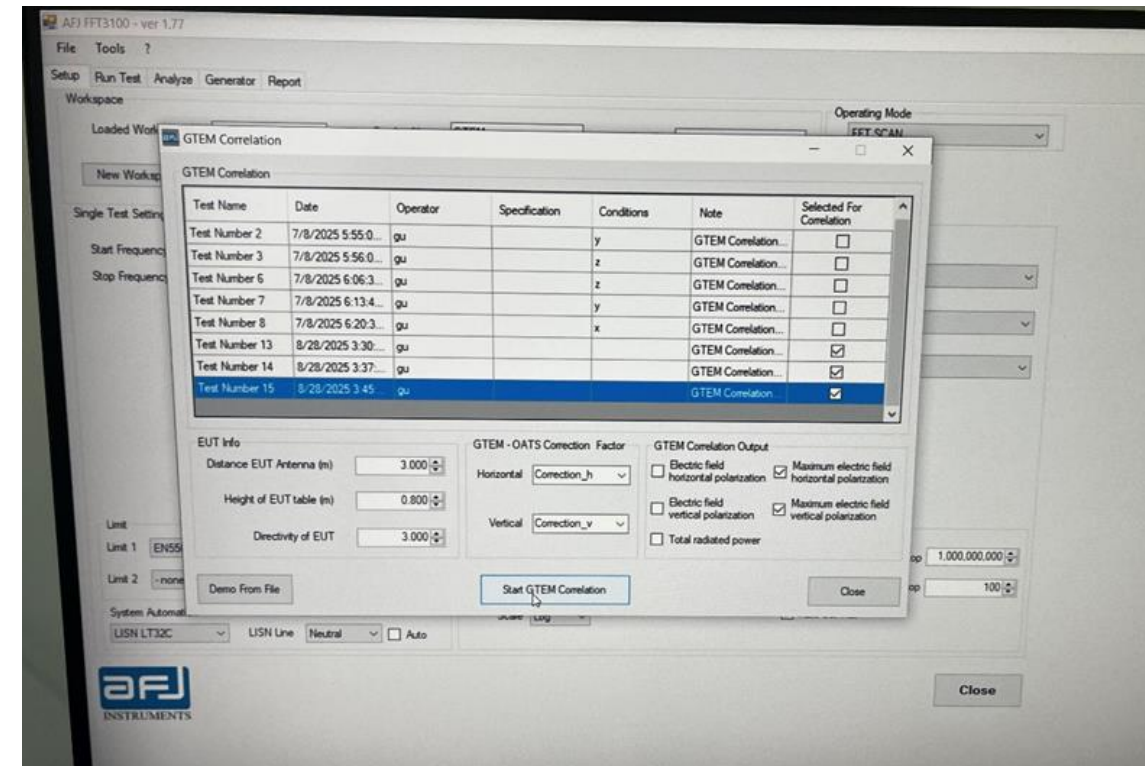
- Distance EUT Antenna – 3m (odległość pomiarowa po korelacji)
- High of EUT table – 0,8m (wysokość stołu w komorze OATS)
- Directivity of EUT – 3m

W obszarze GTEM – OATS Correlation Factor należy sprawdzić czy są wybrane współczynniki:

- Horizontal – Correction_h
- Vertical – Correction_v

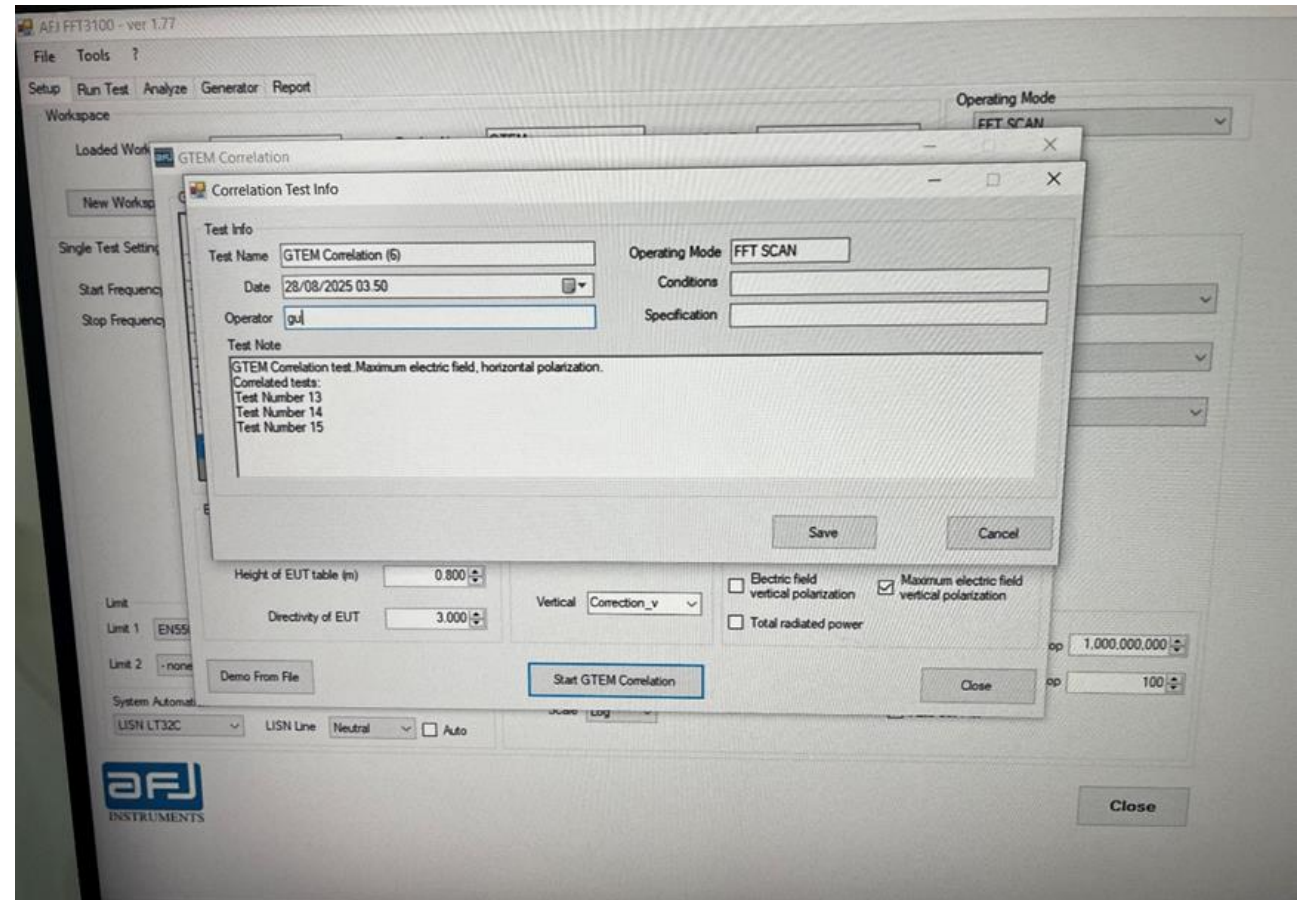
W obszarze GTEM Correlation Output zaznaczyć:

- Maximum electric field horizontal polarization
- Maximum electric field vertical polarization



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

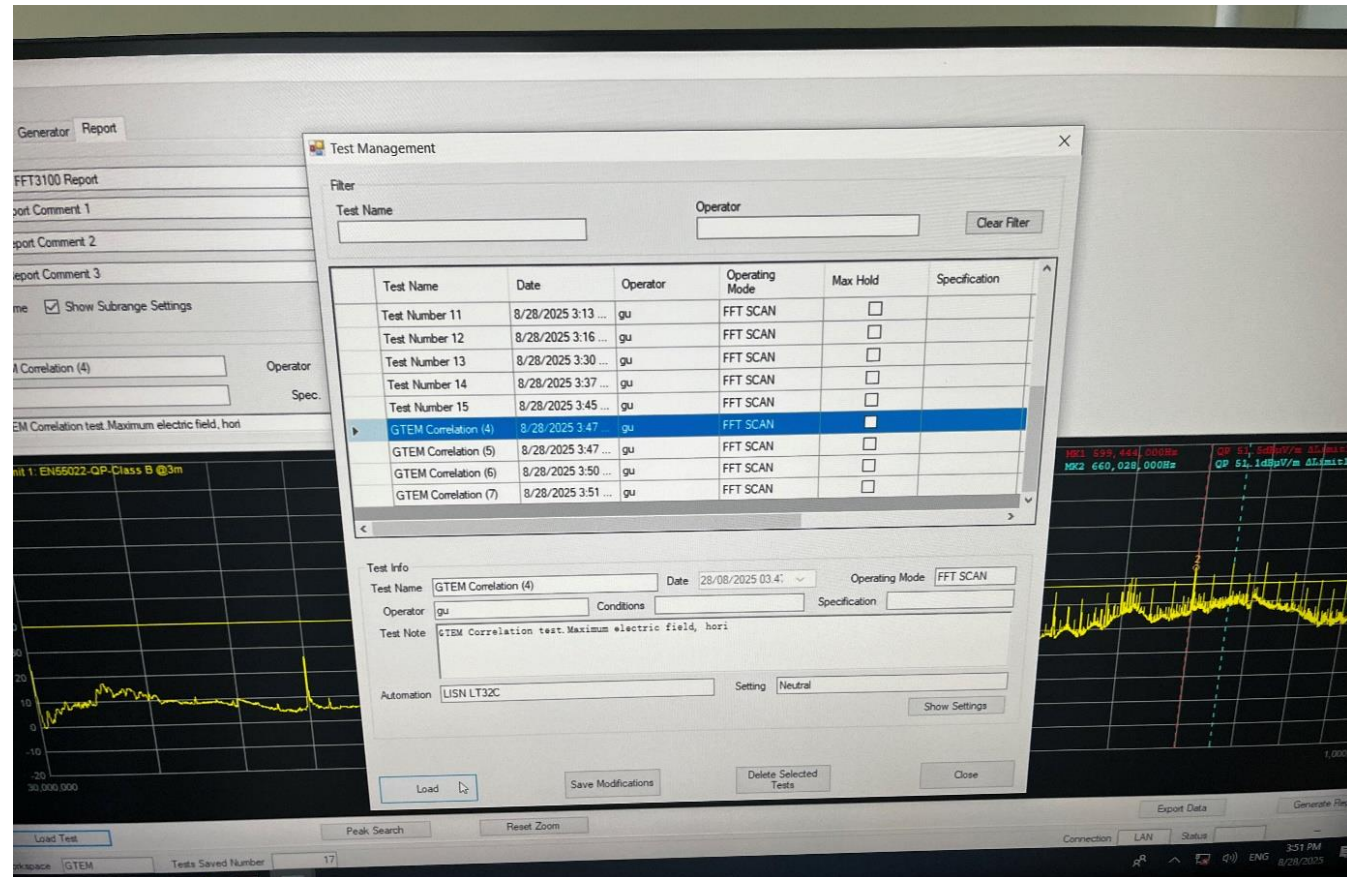
W kolejnym oknie dla polaryzacji poziomej należy wpisać operatora (jest to konieczne) i kliknąć Save. Okno widoczne na rysunku



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 - Stanowisko

Po wykonaniu korelacji można przygotować raport w zakładce „Report” widocznej na rysunku. Należy kliknąć przycisk „Load Test” i wybrać wykonany pomiar, a następnie kliknięcie „Load”. Po jego załadowaniu możliwe jest przygotowanie raportu po naciśnięciu przycisku „Generate Report” jak widać na rysunku.

W raporcie będzie znajdowała się tablica z częstotliwościami przekroczeń i z ich poziomami, jeżeli występują, oraz informacja o pozytywnym wyniku pomiaru (PASS) lub negatywnym (FAIL).



Pomiar emisji promieniowanej – PN-EN IEC 61000-4-20 – Zadanie

1. Ustawienie odbiornika pomiarowego i wykonanie pomiaru z uwzględnieniem obracania EUT
2. Wykonanie korelacji GTEM – OATS z użyciem narzędzie GTEM Correlation
3. Wygenerowanie raportu i określenie wyniku pomiaru.

Zadania dodatkowe:

Próba analizy wyników – np. rozpoznanie częstotliwości taktowania magistral komunikacyjnych mikrokomputera