

Ekspertyza dokonana w Instytucie Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej na zlecenie Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej dotycząca:

Warszawa dn. 3 października 2008

Wykonawca:

***Zespół pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Wojciecha Gwarka
Zakład Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej Instytutu
Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej***

1. Wnioski ogólne

Przedmiotem ekspertyzy było;

- Określenie sposobu montażu na jednym maszcie urządzeń ACC i DME.
- Określenie ewentualnych, niezbędnych, dodatkowych elementów systemów

Oto podstawowe wnioski:

- A. Na podstawie symulacji elektromagnetycznych modeli anten (Dodatek 2) ustalono, że zadawalającym rozwiązaniem jest montowanie anten ACC w następujący sposób:
 - Anten VHF takich jak stosowana obecnie para anten RLB II A na maszcie o wymiarach przekroju poprzecznego nie przekraczających 50 cm, co najmniej dwa metry poniżej platformy anteny DME
 - Anten UHF takich jak stosowana obecnie antena HK 001 co najmniej 2 m poniżej platformy anteny DME na wysięgniku o długości co najmniej 5 m.
- B. Przy wspomnianym wyżej sposobie montażu anten, system ACC należy uzupełnić o filtr dolnoprzepustowy (jak to opisano w punkcie 2 oraz 3 niniejszego opracowania).
- C. Istnieje jeden jeden obszar niepewności związany z niniejszą ekspertyzą. Dotyczy on możliwości zakłócania stacji ACC przez podharmoniczne systemu DME jak opisano w p.3.2. Analiza teoretyczna tego przypadku wskazuje, że takie zakłócanie jest bardzo mało prawdopodobne, jednak nie można go zupełnie wykluczyć bez wiążącej deklaracji producenta urządzeń DME. Nam nie udało się takiej deklaracji uzyskać ale uważamy, że PAZP jako klient może jej zażądać i nie powinna się spotkać z odmową lub brakiem odpowiedzi. W przypadku, gdyby były jednak trudności z uzyskaniem wiążącej odpowiedzi, zespół przedstawiający tę ekspertyzę może się podjąć dokonania pomiarów pełnego widma wytwarzanego przez nadajnik DME co będzie prowadzić do usunięcia wspomnianych wątpliwości.

Wnioski szczegółowe oraz rozważania teoretyczne, symulacje komputerowe i pomiary stanowiące dla nich podstawę przedstawiono w punktach 2, 3 oraz w Dodatkach 1 i 2.

2. Analiza możliwości zakłócania stacji DME przez urządzenia ACC

2.1 Transmisja sygnału w paśmie pracy urządzeń ACC

Według otrzymanej dokumentacji nadajniki ACC mogą emitować sygnał do 50 W to znaczy do 17 dBW. Zgodnie z wynikami obliczeń przedstawionych w dodatku D2 transmisja sygnału do anteny DME na częstotliwościach pracy urządzeń ACC wynosi mniej niż - 58 dB. Dodatkowo, zgodnie z wynikami pomiarów preselektora DME (przedstawionymi w Dodatku 1) zapewnia on tłumienie w paśmie pracy urządzeń ACC co najmniej -115 dB. W rezultacie, sygnały promieniowane przez urządzenia ACC w ich pasmie podstawowym (118-144 MHz oraz 225-400 MHz) indukują na wejściu odbiornika DME sygnały na poziomie nie większym niż -156 dBW a więc ok. 60 dB poniżej progu czułości odbiornika DME.

Wniosek : Nie ma żadnego niebezpieczeństwa zakłóceń pracy DME przez sygnały wytwarzane przez urządzenia ACC w pasmach VHF i UHF.

2.2 Transmisja sygnałów pasożytniczych promieniowanych przez urządzenia ACC w paśmie pracy DME.

Zgodnie z przedstawioną dokumentacją producent urządzeń ACC zapewnia tłumienie częstotliwości harmonicznych i pasożytniczych na poziomie:

- a) -80 dB względem nośnej (to znaczy -63 dBW) w paśmie VHF
- b) -75 dB względem nośnej (to znaczy -58 dBW) w paśmie UHF

Jednocześnie producent daje możliwość zakupu specjalnych wersji urządzeń ACC (modele .4X) w których zapewnione jest tłumienie częstotliwości harmonicznych i pasożytniczych na poziomie:

- c) - 84 dBW w paśmie VHF
- d) - 84 dBW w paśmie UHF.

Przy założeniu konfiguracji anten rozważanej w Dodatku 2 możemy przyjąć, że transmisja między antenami będzie wynosiła co najwyżej -50 dB w paśmie VHF oraz -46 dB w paśmie UHF. W związku z tym możemy spodziewać się na wejściu odbiornika DME w paśmie jego pracy sygnałów:

- Wypromieniowanych przez nadajnik VHF: -113 dBW lub -134 dBW w przypadku zastosowania nadajnika ACC w wersji .4X.
- Wypromieniowanych przez nadajnik UHF: -104 dBW lub -130 dBW w przypadku zastosowania nadajnika ACC w wersji .4X.

Zgodnie z dokumentacją odbiornika DME ma on czułość -113 dBW. W związku z tym teoretycznie biorąc mogą się na wejściu odbiornika DME pojawić sygnały pasożytnicze wytworzone przez urządzenia ACC na poziomie zbliżonym do progu czułości lub o kilka decybeli wyższe. Według parametrów odbiornika DME odrzuca on sygnały pasożytnicze niezgodne kodowo na poziomie do 55 dB poniżej sygnału użytecznego (decoder rejection = 55 dB). Oznacza to, że sygnały pochodzące od ACC o mocy o kilka decybeli większej od jego progu czułości nie powinny zakłócać jego pracy. Trzeba też przypomnieć, że w obliczeniach przyjęto dość niekorzystne

założenia dotyczące pasożytniczych pasm pracy anten oraz emisji harmonicznych. Jest mało prawdopodobne aby w wąskim paśmie pracy DME wypadła akurat ósma harmoniczna nadajnika VHS ACC albo czwarta harmoniczna nadajnika UHF ACC.

Wnioski: *W zasadzie nie ma zagrożenia, że urządzenia DME będą w swym paśmie zakłócane przez urządzenia ACC, jednak można rozważać tu zastosowanie „strategii asekuracyjnej” o dwóch możliwych stopniach:*

- A) Zakup urządzeń ACC w wersji .4X o obniżonym poziomie promieniowanych harmonicznych, co może być jednak rozwiązaniem dość kosztownym.
- B) Zakup urządzeń standardowych ACC oraz filtru dolnoprzepustowego (np. WLJS 450-4 firmy Wainwright (www.wainwright-filters.com)). Filtr taki w cenie ok. 200 Euro (tłumiący w paśmie ACC ok. 0,3, dB a w paśmie DME co najmniej 60dB) mógłby być włączony między nadajnik ACC a antenę w chwili gdyby zauważono jakiegokolwiek objawy zakłócania urządzeń DME przez ACC.

3. Analiza możliwości zakłócania urządzeń ACC przez stację DME

3.1 Transmisja sygnału w paśmie pracy urządzeń DME

Nadajnik DME wytwarza sygnał o mocy +30 dBW. Zgodnie z wynikami symulacji z Dodatku 2 może on wytworzyć:

- na wejściu odbiornika VHF sygnał o mocy ok. -20 dBW (10 mW odpowiadających dla impedancji 50 Ω napięciu 0.7 V),
- na wejściu odbiornika UHF sygnał o mocy ok. -16 dBW (25 mW odpowiadających dla impedancji 50 Ω napięciu 1.12 V).

Czułość odbiorników ACC jest na poziomie ok. -137 dBW czyli ok. 120 dB poniżej poziomu sygnału pasożytniczego, który może pojawić się w paśmie DME.

W instrukcji od odbiornika Park Air Systems tłumienie częstotliwości pasożytniczych przez odbiornik w zakresie do 2 GHz wynosi co najmniej 80 dB (typowo 100 dB). Jak rozumiemy, przenikanie może być wynikiem procesów nieliniowych związanych z mieszaniem i jego dokładny poziom jest trudny do przewidzenia. Oznacza to, że producenci ACC sugerują możliwość zakłóceń przez sygnały na poziomie -57 dBW (prawdopodobnie raczej -37dBW). Ponieważ spodziewamy się pojawienia się tam sygnałów w paśmie DME na poziomie -20 dBW (na wejściu odbiornika VHF) lub -16 dBW (na wejściu odbiornika UHF) zalecane jest dodatkowe wytłumienie tych sygnałów filtrem dolnoprzepustowym zainstalowanym na wejściu odbiornika ACC.

Wnioski:

W rozważanej konfiguracji pracy istnieje pewne niebezpieczeństwo zakłócania pracy odbiorników ACC przez sygnał DME emitowany w jego paśmie pracy. Niebezpieczeństwo takie może być wyeliminowane przez zastosowanie filtru dolnoprzepustowego takiego samego jak opisany we wniosku B w punkcie 2.2 tego opracowania. W związku z tym proponuje się przyjęcie następującej strategii działania.

- Zakup filtru o parametrach takich jak np. wspomniany wyżej (np. WLJS 450-4 firmy Wainwright (www.wainwright-filters.com)) i zamontowanie go na wejściu odbiornika ACC
- Gdyby pojawiły się oznaki zakłócania urządzeń DME przez ACC przemontowanie go bezpośrednio w tor antenowy tak aby jednocześnie filtrował wejście odbiornika i wyjście nadajnika (przy założeniu, że odbiornik i nadajnik pracują ze wspólną anteną).

Wspomniany filtr (według producenta) dopuszcza pracę nawet z mocą ciągłą 100 W więc nie powinno być problemów z zastosowaniem go do nadajnika ACC mającego moc maksymalną 50 W. Jednakże umieszczenie dodatkowego tłumienia 0.3 dB w torze nadajnika ma pewne znaczenie praktyczne a prawdopodobieństwo, że będzie ono konieczne jest bardzo niewielkie. Można więc takie rozwiązanie zastosować jako rezerwowe.

3.2 Transmisja sygnału w paśmie pracy urządzeń ACC

Czułość odbiornika ACC wynosi -137 dBW. Odbiornik ACC działa z prostą modulacją AM, a więc trzeba założyć, że nie powinien być poddawany sygnałom pasożytniczym większym niż na poziomie ok -140 dBW przypadającym na pasmo 25 kHz.

Obliczona w Dodatku 2 transmisja między antenami jest na poziomie ok -60 dB. Oznacza to, że nadajnik DME nie powinien nadawać w pasmach ACC (118-144 MHz oraz 225-400 MHz) sygnału pasożytniczego o poziomie przekraczającym -80 dBW (10 nW) na dowolne 25 kHz pasma.

Nadajnik DME generuje w swoim paśmie pracy sygnał o mocy +30 dBW, a więc wymagany poziom -80 dBW jest 110 dB niższy niż sygnał podstawowy. Jest wielce prawdopodobne, że pasożytnicze promieniowanie odbiornika DME w pasmach VHF i UHF jest znacznie niższe niż wspomniany poziom progowy ponieważ:

- Rozważane częstotliwości są znacznie niższe niż częstotliwość pracy DME a wymagania systemowe nie wymuszają skomplikowanego systemu przemiany częstotliwości, którego rezultatem mogłaby być emisja na częstotliwościach podharmonicznych.
- Szkodliwe promieniowanie musiałoby dotyczyć bardzo wąskiego pasma częstotliwości (25 kHz) i mało prawdopodobna jest koncentracja promieniowania na tym poziomie w tak wąskim paśmie.

Niemniej należy zauważyć, że producent nie podaje wyraźnie określonych danych dotyczących możliwego pasożytniczego promieniowania systemu w paśmie pracy ACC. W czasie pracy nad tym opracowaniem zwróciliśmy się do producenta urządzeń DME (SELEX Systemi Integrati, Kansas, USA) z pytaniem o takie dane. Niestety, w odpowiedzi dostaliśmy tylko dane dotyczące szczegółów anteny DME a nie nadajnika. W związku z tym przedstawiamy następujące wnioski:

Wnioski:

Przed przystąpieniem do projektu instalacji systemów DME i ACC na jednym maszcie zalecane jest zwrócenie się do producenta systemu DME z pytaniem czy gwarantuje, że urządzenie to nie promieniuje w pasmach 118-144 MHz oraz 225-400 MHz sygnałów pasożytniczych w których gęstość mocy przypadająca na dowolne 25 kHz pasma nie przekracza 10 nW (-80 dBW). W przypadku trudności z uzyskaniem odpowiedzi zalecane jest zbadanie pracującego DME analizatorem widma. Trzeba tu dodać, że w badaniu tym bardzo przydatny byłby filtr dolnoprzepustowy o jakim wspomniano we wnioskach do

punktu 2.2 i 3.1. Bez takiego filtra trudno byłoby zmierzyć małe poziomy sygnałów pasożytniczych bez obawy o uszkodzenie analizatora widma sygnałem podstawowym.

4. Problem wzajemnego zakłócania u znajdujących się na sąsiednich masztach

Jeśli urządzenia DME i ACC zainstalowane są na oddzielnych masztach wtedy należy przyjąć, że oddziałują na siebie w strefie dalekiej. Wtedy transmisja mocy między antenami wynosi :

$$T = 10 \log \left(\frac{G_1 G_2 \lambda^2}{16 \pi^2 R^2} \right)$$

gdzie: G_1, G_2 zyski kierunkowe anten,
 R - odległość między antenami
 λ – długość fali

Można przyjąć przybliżone zyski kierunkowe anten: 10 dla anteny DME, 2.5 dla pary anten RLB II A oraz 1.5 dla anteny HK 001 oraz długości fali z dolnego skraju pasm to znaczy: 0.31 m dla pasma DME, 2.55 m dla pasma VHF oraz 1.33 m dla pasma UHF. Dodatkowo przyjmując odległość między masztami równą 200 m otrzymujemy w najbardziej interesujących nas przypadkach:

- A. Dla transmisji na częstotliwości DME z anteny DME do anteny VHF i UHF (zakładając że trafiamy w jej pasma pasożytnicze) otrzymujemy transmisję na poziomie ok. -64 dB.
- B. Dla transmisji na częstotliwości VHF otrzymalibyśmy transmisję na poziomie ok. 18 dB większą, jednakże antena DME pracuje dla sygnałów z pasma VHF bardzo mało efektywnie co pozwala założyć, że transmisja nie byłaby większa niż -56 dB.
- C. Dla transmisji na częstotliwości UHF otrzymalibyśmy transmisję na poziomie ok. 12.5 dB większą, jednakże antena DME pracuje dla sygnałów UHF również mało efektywnie co pozwala założyć, że transmisja nie byłaby większa niż -56 dB.

Wnioski:

W poprzednich rozdziałach uzasadniono, że podstawowym problemem może być oddziaływanie stacji DME na ACC. W przypadku instalacji na dwóch masztach oddległych o ok. 200 m oddziaływanie na częstotliwości DME powinno być znacznie mniejsze niż w przypadku montażu na jednym maszcie rozważanym w Dodatku 2. Oddziaływanie jest jednak na tyle duże, że wniosek z p.3.1 o zastosowaniu filtra dolnoprzepustowego na wejściu odbiornika ACC należałoby jednak podtrzymać.

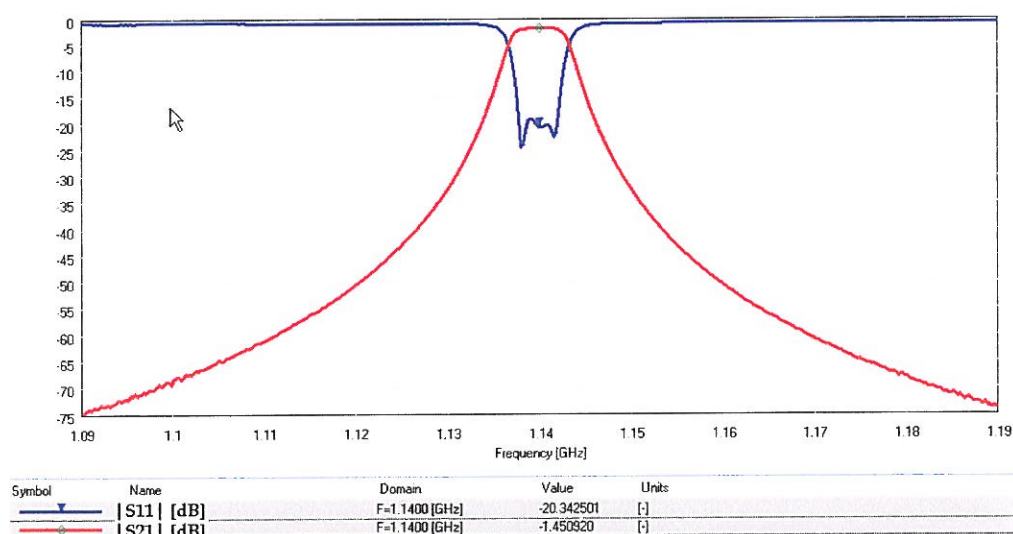
Potencjalne wzajemne oddziaływanie DME na urządzenia ACC na częstotliwościach UHF i VHF jest na podobnym poziomie jak przy montażu na jednym maszcie a więc wniosek z p. 3.2 również tu zachowuje swoją ważność.

Dodatek 1 – Pomiar preselektora DME 1119 typ

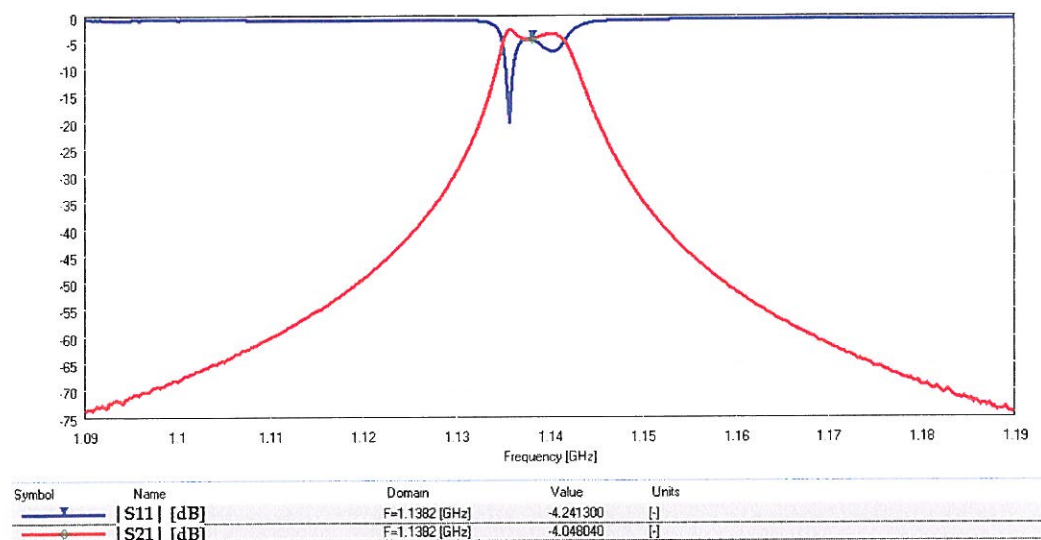
W ramach przygotowywanej ekspertyzy w Instytucie Radioelektroniki PW wykonano pomiary preselektora DME 1119 (oznaczonego symbolem 030206-3 S/N103) dostarczonego przez zleceniodawcę.

Pomiary wykonano z użyciem mikrofalowego wektorowego analizatora sieci typu Rohde Schwarz ZVRE (9 kHz – 4 GHz). Dla zmniejszenia poziomu szumów przyrządu pomiarowego (a więc uzyskania większej dynamiki pomiarów) ustawiono bardzo wąskie pasmo pracy (3Hz) i związany z tym długi czas przemiatania badanego zakresu częstotliwości wynoszący kilka minut. W takich warunkach dynamika przyrządu wynosi ok. 125-135 dB. Na rys D1.1 przedstawiono zmierzoną charakterystykę odbiciową ($|S_{11}|$) oraz transmisyjną ($|S_{21}|$) po nastrojeniu filtra (preselektora) na częstotliwość 1140 MHz. Jak widać, szerokość pasma przepustowego wynosi ok. 4 MHz, a tłumienie w paśmie przepustowym ok. 1.5 dB. Filtr jest dobrze dopasowany do linii 50 Ω . Odbicia są na poziomie ok. -19 dB co odpowiada współczynnikowi fali stojącej WFS= 1.25.

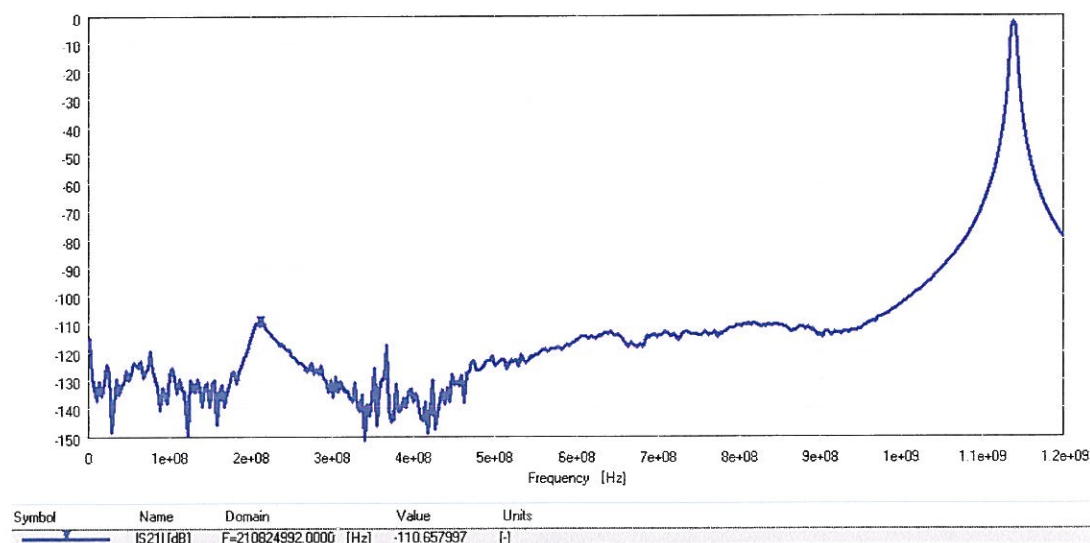
Wykonano też próbę odstrajania filtra. Po wkręceniu śruby strojącej środkowego rezonatora o $\frac{1}{4}$ obrotu (odpowiadającemu przesunięciu o ok. 0.15 mm) filtr odstroił się tak jak to pokazano na rys D1.2. Pasmo pracy przesunęło się o 2 MHz, tłumienie w paśmie przepustowym wzrosło do 5 dB a odbicia do -5 dB (WFS = 4). Ten eksperyment każe spojrzeć z pewną rezerwą na procedurę dostrajania preselektora na podstawie położenia strojników przedstawioną na Rys 4-2 (str. 4-23) instrukcji DME 1119. Błąd nastawienia strojnika rzędu 0.1 mm może mieć bardzo istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania urządzenia. W praktyce powinno być zalecane strojenie preselektora z użyciem analizatora sieci.



Rys D1.1 Wyniki pomiarów charakterystyki odbiciowej ($|S_{11}|$) oraz transmisyjnej ($|S_{21}|$) preselektora DME 1119 w paśmie od 1.09 do 1.19 GHz po nastrojeniu go na częstotliwość 1140 MHz.

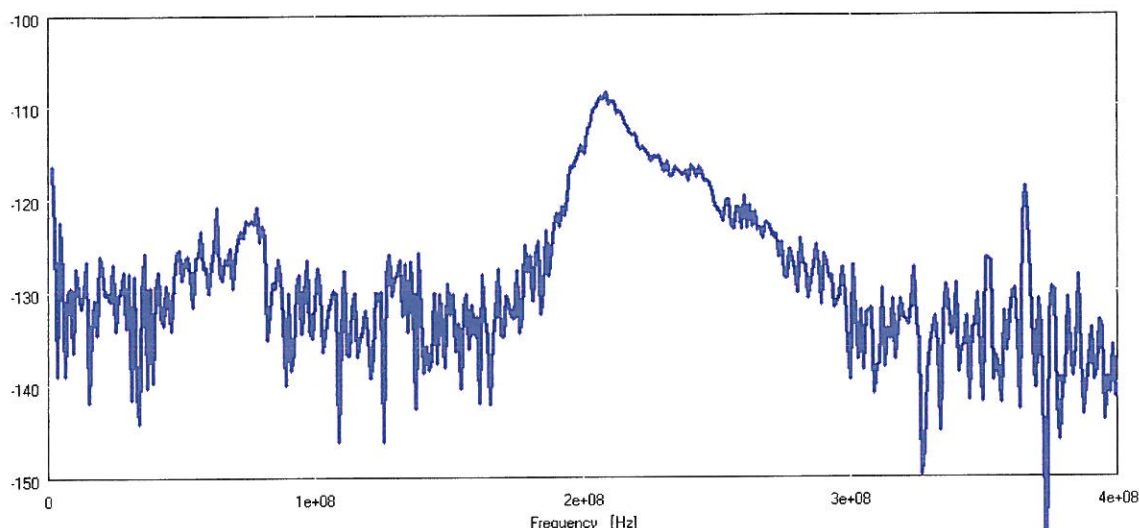


Rys D1.2 Wyniki pomiarów charakterystyki odbiciowej ($|S_{11}|$) oraz transmisyjnej ($|S_{21}|$) preselektora DME 1119 w paśmie od 1.09 do 1.19 GHz po odstrojeniu go przez zmianę długości jednego ze strojników o 0.15 mm..



Rys D1.3 Wyniki pomiarów charakterystyki transmisyjnej ($|S_{21}|$) preselektora DME 1119 w paśmie od 0.001 do 1.200 GHz po nastrojeniu go na częstotliwość 1140 MHz.

Rys. D1.3 przedstawia charakterystykę tłumienia preselektora w paśmie 1-1200 MHz a Rys. D1.4 przedstawiono tę samą charakterystykę zmierzoną z większą rozdzielczością w paśmie ograniczonym od góry górnym zakresem pracy urządzeń ACC. Jak widać, tłumienie preselektora w dolnym paśmie VHF (118-144 MHz) wynosi co najmniej 130 dB a tłumienie w paśmie UHF (225-400 MHz) wynosi co najmniej 115 dB. Takie wartości są przyjmowane w przedstawionej w tym raporcie analizie możliwości szkodliwego wpływu urządzeń ACC na funkcjonowanie DME.



Rys D1.4 Wyniki pomiarów charakterystyki transmisyjnej ($|S_{21}|$) preselektora DME 1119 w paśmie od 0.001 do 0.400 GHz po nastrojeniu go na częstotliwość 1140 MHz

Dodatek 2 – Symulacje elektromagnetyczne.

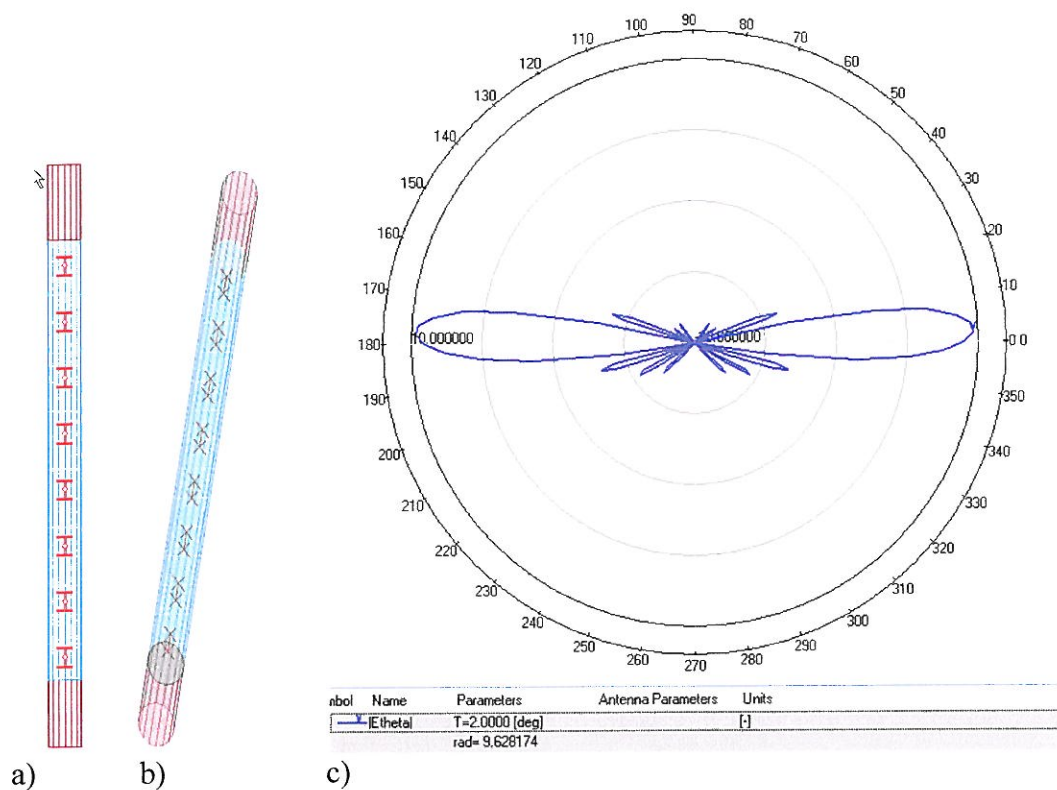
D2.1. Model anteny DME 1119

Zgodnie z założeniami podstawową anteną stosowaną w urządzeniu DME jest antena Model 1119 DME na zakres 962-1213 MHz. Zgodnie z jej opisem jest to antena składająca się z umieszczonych pionowo ośmiu dipoli dwustożkowych. Nie są znane szczegóły techniczne konstrukcji wewnętrznej anteny. Do dalszych rozważań przyjęto jej model uproszczony przedstawiony na Rys.D2.1. Przesłanki dotyczące wyboru modelu były następujące:

- antena powinna się składać z ośmiu uproszczonych dipoli, przy czym uproszczenie powinno być takie, aby możliwa była dalsza symulacja elektromagnetyczna FDTD z dyskretyzacją przestrzeni wokół anteny z oczkiem ok. 20 mm (co odpowiada ok 13.5 oczek na długość fali),
- model powinien dawać charakterystykę promieniowania dla częstotliwości ok. 1120 MHz jak najbardziej zgodną z charakterystyką podaną przez producenta DME.

Rys. D2.1 Przedstawia przyjęty model anteny w rzucie bocznym (a) oraz na rysunku perspektywicznym (b) jak też obliczoną programem QW-3D charakterystykę promieniowania w skali logarytmicznej w zakresie zysku kierunkowego od +10 do -10 dB (z liniami co 5 dB). Otrzymana charakterystyka z dużą dokładnością odtwarza ch-kę anteny DME 1119 podaną przez producenta to znaczy:

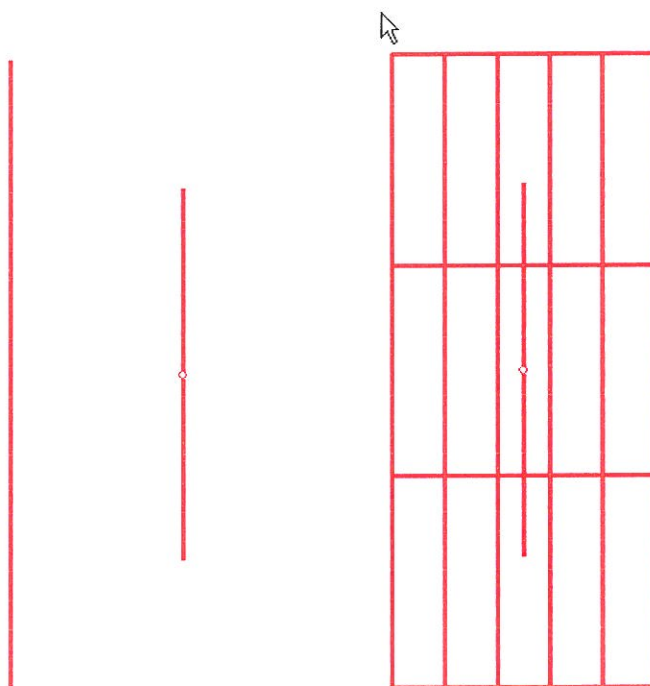
- zysk kierunkowy ok. 9 dB,
- listek główny nachylony 3° w górę,
- listki boczne na poziomie ok. 13 dB poniżej listka głównego.



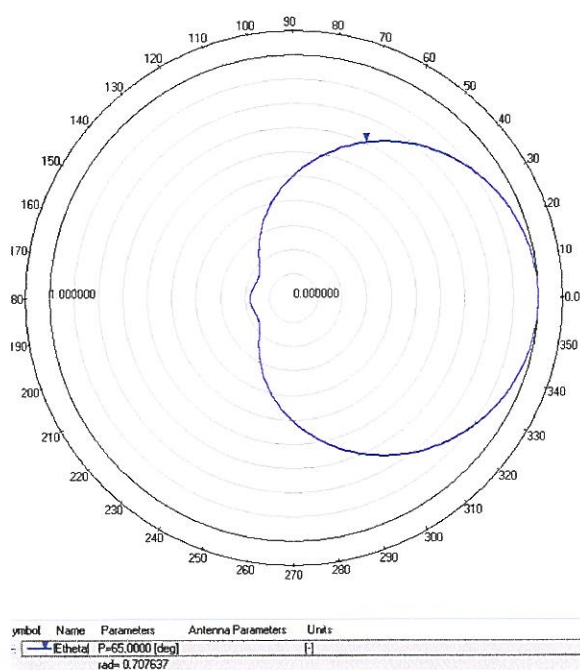
Rys. D2.1. Przyjęty model anteny DME oraz otrzymana z symulacji charakterystyka kątowa zysku kierunkowego. Skala jest decybelowa w zakresie od +10 do -10 dB z liniami co 5 dB

D2.2. Model anteny RLB II A

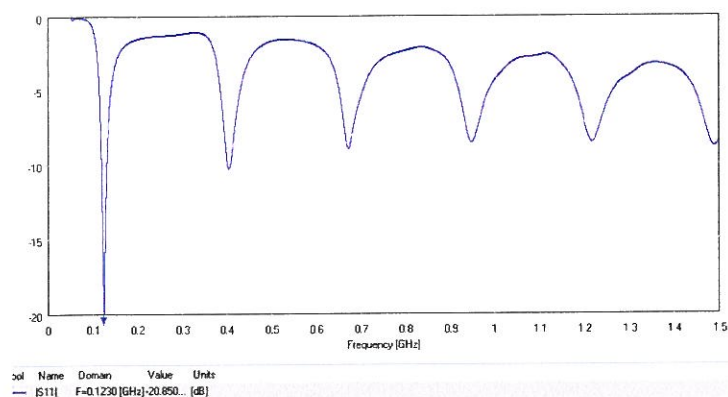
Jako model anteny RLB II A przyjęto prosty dipol pionowy oraz reflektor o wymiarach takich jak podano w specyfikacji anteny, umieszczony w odległości 50 cm od reflektora. Model przedstawiony jest na Rys. D2.2. Przyjęto grubość prętów dipola i reflektora: 15 mm. Na Rys. D2.3 przedstawiono obliczoną charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie azymutalnej, która jest w pełni zgodna z podaną przez producenta. Na Rys. D2.4 przedstawiono obliczony współczynnik odbicia w funkcji częstotliwości na wejściu modelu anteny. Charakterystyka współczynnika odbicia w funkcji częstotliwości modelu uproszczonego nie odpowiada w pełni charakterystyce anteny rzeczywistej. Nie będzie to decydowało o wiarygodności symulacji pod warunkiem rozwżania najbardziej niekorzystnego przypadku jaki może zaistnieć w praktyce. Powinno się przyjać, że w rzeczywistej antenie może się zdarzyć, że pasożytnicze pasmo pracy wypadnie w zakresie pracy DME. Należy więc badać możliwość wzajemnego wpływu systemów w takim najgorszym przypadku. Dlatego też dobrano tak parametry modeli, aby czwarte pasmo pasożytnicze anteny RLBIIA wypadło w okolicach 1120 MHz, w którym pracuje badany model anteny DME.



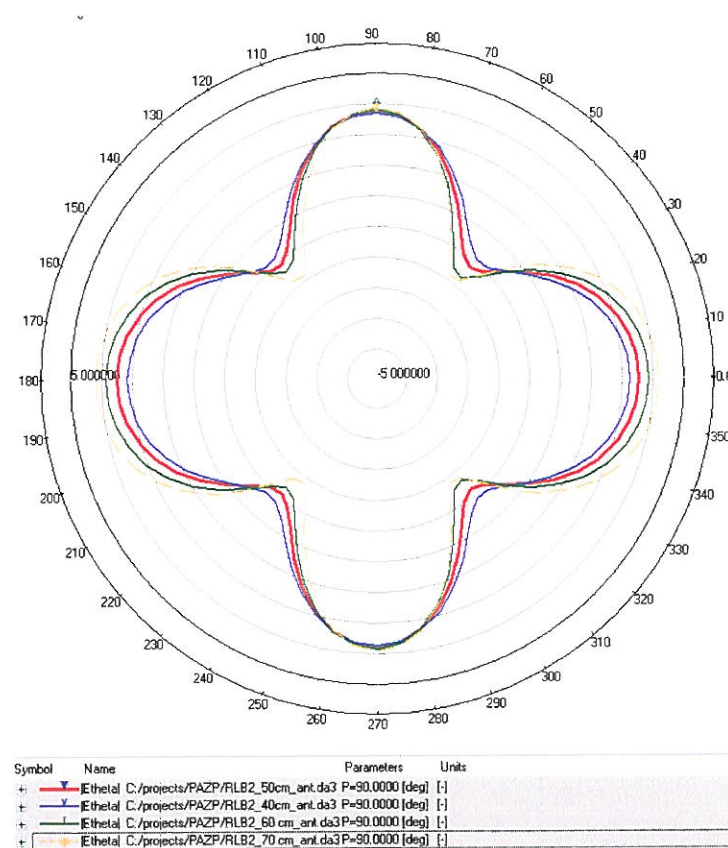
Rys. D2.2 Przyjęty model anteny RLB II A w dwóch rzutach



Rys. D2.3 Charakterystyka promieniowania obliczona dla modelu anteny RLB II A w skali liniowej względnej (z maksimum odpowiadającym liczbie 1). Linie skali narysowane są co 0.1.



Rys. D2.4 Charakterystyka odbiciowa obliczona dla modelu anteny RLBIIA.

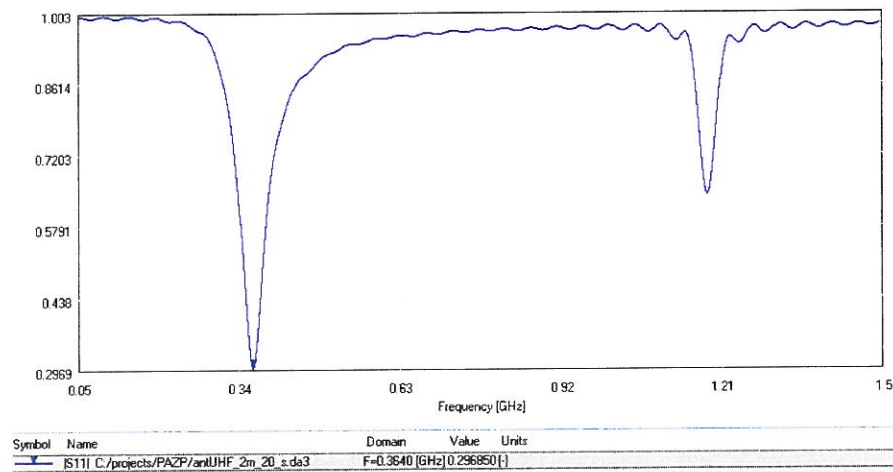


Rys. D2.5 Charakterystyka kątowa zysku kierunkowego w płaszczyźnie azymtalnej obliczona dla dwóch modeli anteny RLBIIA umieszczonych „back-to-back” dla różnych odległości między reflektorami X . $X=40$ cm (linia niebieska), $X=50$ cm (linia czerwona), $X=60$ cm (linia zielona) oraz $X=70$ cm (linia żółta). Skala rysunku jest logarytmiczna od +5 do -5 dB z liniami skali co 1 dB.

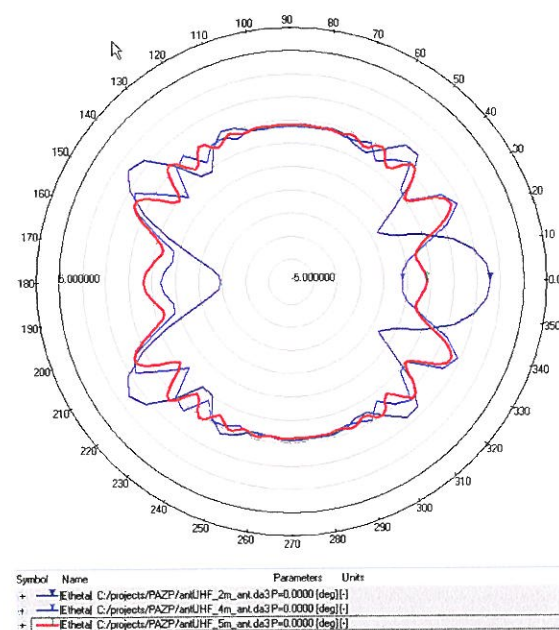
D2.3 Model anteny HK 001

Antenę HK 001 modelowano jako prosty dipol. Obliczoną charakterystykę odbiciową modelu przedstawiono na Rys D2.6. Parametry modelu dobrano tak, aby jego pasmo pracy było zgodne z pasmem pracy modelu anteny DME. Pozwala to na zbadanie najbardziej niekorzystnego przypadku mogącego się pojawić w czasie pracy rzeczywistych anten. Dysponując modelem anteny HK 001 wykonano symulacje zniekształceń charakterystyki kierunkowej spowodowanej istnieniem masztu zbudowanego z kwadratowych prętów

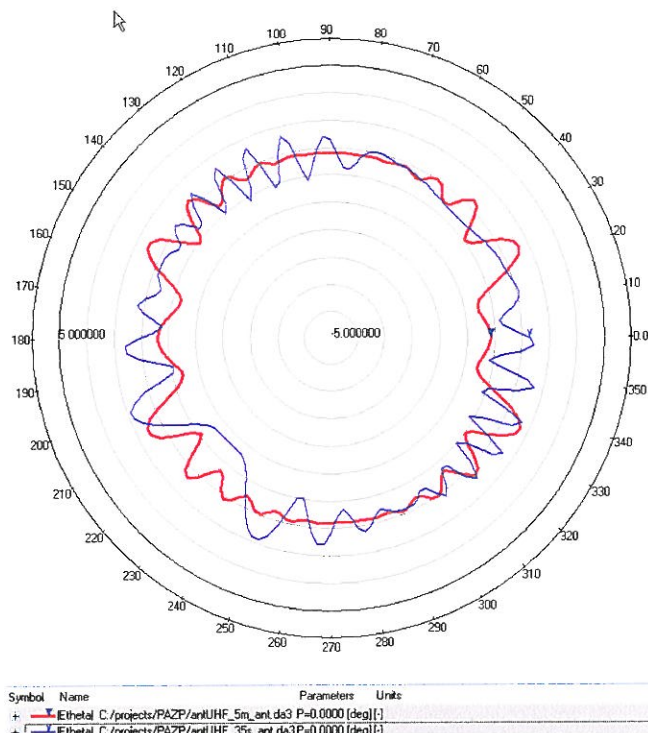
stalowych 40 x 40 cm. Na Rys. D2.7 przedstawiono kształt charakterystyki anteny położonej w odległości Y od środka masztu przy czym założono, że wysięgnik jest równoległy do boku masztu. Obliczenia przedstawiono dla Y=200, 400 i 500 cm. Nierównomieroność charakterystyki wywołana cieniem masztu wynosi ok 5 dB dla Y=200 cm i spada do ok. 2 db przy Y=500 cm. W związku z tym długość wysięgnika bocznego ok. 500 cm można uznać za wystarczającą do realizacji charaterystyki o dużej równomierności promieniowania w płaszczyźnie azymutalnej. Na Rys. D2.8 przedstawiono porównanie obliczeń równomierności charakterystyki azymutalnej dla wysięgnika 500 cm umieszczonego równoległe do boku masztu oraz omieszczonego po przekątnej masztu. Ciekawe, że umieszczenie równoległe do boku masztu daje nieco lepsza równomierność charakterystyki.



Rys. D2.6 Charakterystyka odbiciowa obliczona dla modelu anteny HK 001.



Rys. D2.7 Charakterystyka kątowa zysku kierunkowego w płaszczyźnie azymutalnej obliczona dla modelu anteny HK 001 umieszczonej w odległości Y od metalowego masztu zbudowanego z kwadratowych oczek 40 x 40 cm. Wysięgnik na którym umieszczona jest antena poprowadzony jest przez linię środka masztu równoległe do boku kwadratu. Obliczenia pokazane są dla: Y=200 cm (linia granatowa), Y=400 cm (linia niebieska), Y=500 cm (linia czerwona). Skala rysunku jest logarytmiczna od +5 do -5 dB z liniami skali co 1 dB.



Rys. D2.8 Charakterystyka kątowa zysku kierunkowego w płaszczyźnie azymutalnej obliczona dla modelu anteny HK 001 umieszczonej w odległości $Y=500$ cm od metalowego masztu zbudowanego z kwadratowych oczek 40×40 cm. Wysięgnik na którym umieszczona jest antena poprowadzony jest przez linię środka masztu równoległe do boku kwadratu (linia czerwona) lub po przekątnej kwadratu (linia niebieska).

Dodatek D3. Badanie transmisji między antenami.

Dysponując modelami anten DME1119, RLBIIA oraz HK 001 wykonano obliczenia transmisji między tymi antenami zamocowanymi na jednym maszcie. Założono, że antena DME 1119 jest położona nad platformą o wymiarach 73.7×54.6 cm, zgodnie z zaleceniami umieszczonymi w instrukcji DME. Poniżej platformy znajduje się maszt o przekroju kwadratowym 40×40 cm.

Na wstępie rozważono konfigurację przedstawioną na Rys.D2.9a. Dokonano obliczeń transmisji między antenami w funkcji częstotliwości, przy założeniu odległości między platformą anteny DME oraz górną krawędzią ekranu anteny RLB II A równej 80 cm oraz 200 cm. Wyniki obliczeń przedstawiono na Rys.D2.10.

Wnioski:

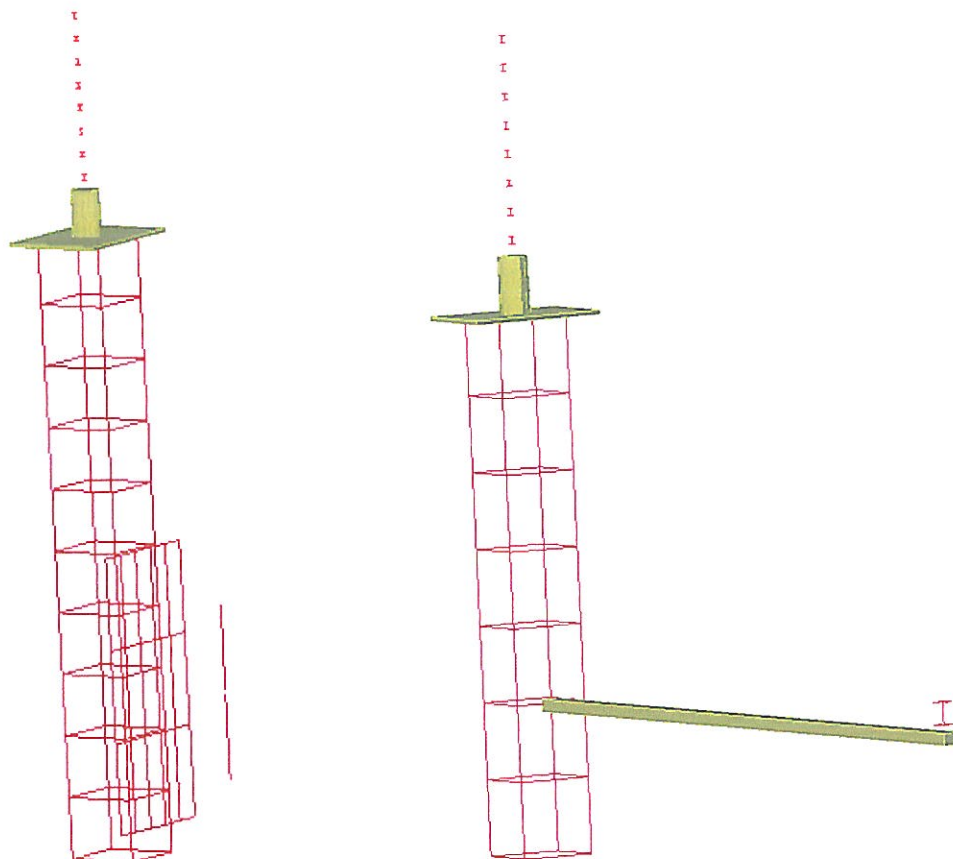
- Zapewniając montaż anteny RLBIIA co najmniej 200 cm poniżej platformy anteny DME należy się liczyć z możliwością transmisji między antenami mniejszej niż -50 dB w paśmie anteny DME oraz mniejszej niż -58 dB w paśmie anteny VHF wykorzystywanym w systemie ACC.

- Obniżanie miejsca umocowania anteny RLBII A może istotnie zmniejszać transmisję w paśmie DME ale ma niewielki wpływ na transmisję w paśmie VHF wykorzystywanym w systemie ACC.

Następnie rozważono konfigurację przedstawioną na Rys.D2.9b. Dokonano obliczeń transmisji między antenami w funkcji częstotliwości, przy założeniu, że antena HK001 umieszczona jest na wysięgniku o długości 500 cm umieszczonym 200 cm poniżej platformy anteny DME. Wyniki obliczeń przedstawiono na Rys.D2.11.

Wnioski:

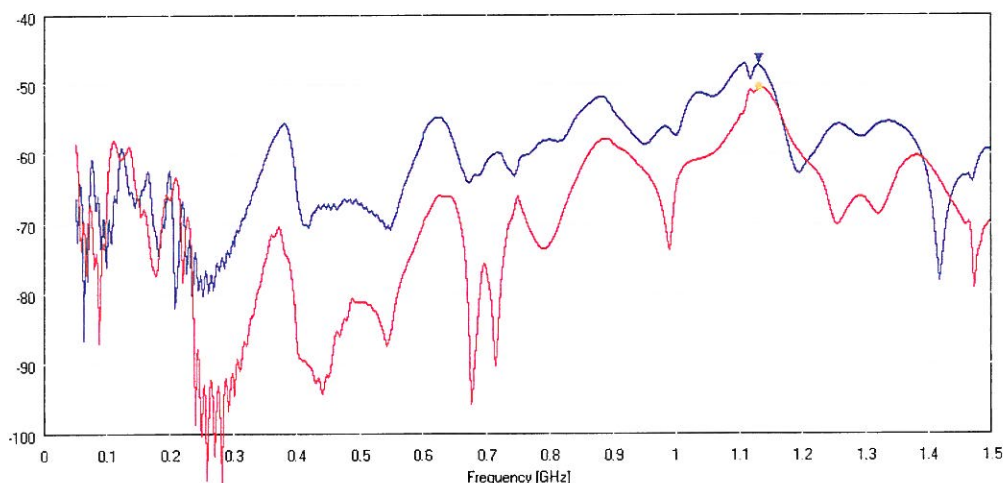
- Zapewniając montaż anteny HK001 co najmniej 200 cm poniżej platformy anteny DME, na wysięgniku o długości co najmniej 500 cm należy się liczyć z możliwością transmisji między antenami mniejszej niż -46dB w paśmie nateny DME oraz mniejszej niż -62 dB w paśmie anteny UHF wykorzystywanym w systemie ACC.



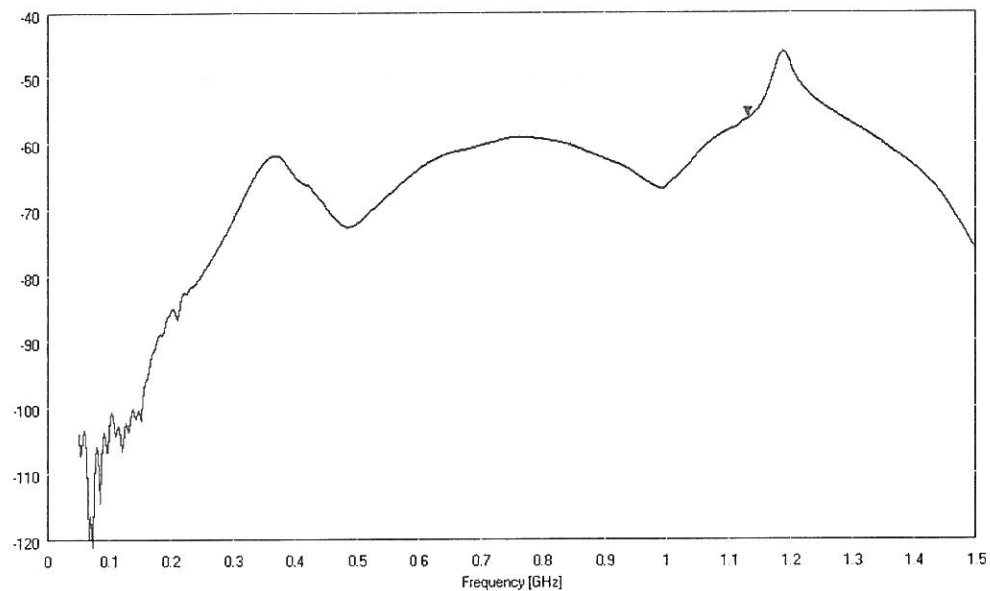
a)

b)

Rys. D2.9 Konfiguracje wykorzystywane do badania wzajemnej transmisji między antenami a) DME oraz RLB II A b) DME oraz HK001.



Rys. D2.10 Obliczona transmisja między antenami DME oraz RLBIIA w konfiguracji jak na Rys D2.9a przy założeniu odległości między platformą anteny DME oraz górną krawędzią ekranu anteny RLB II A równej 80 cm (linia niebieska) oraz 200 cm (linia czerwona).



Rys. D2.11 Obliczona transmisja między antenami DME oraz HK001 w konfiguracji jak na Rys D2.9b przy założeniu, że antena HK001 umieszczona jest na wysięgniku o długości 500 cm umieszczonym 200 cm poniżej platformy anteny

Handwritten signature