

**Porównanie zniekształceń intermodulacyjnych IP3  
(odporności na modulację skrośną)  
w radiotelefonach CB  
SP9MTV 2014**

W codziennym użytkowaniu radiotelefonów w dużych aglomeracjach, lub podczas dobrych warunków propagacyjnych, nie brakuje odbieranych silnych sygnałów radiowych. Sygnały te występują na różnych kanałach a także w piątkach, w zerach itd. Kończy się to tym, że sygnały te, każdy z każdym produkują w radiu na jego wejściu oraz mieszaczu swoją kombinację częstotliwości intermodulacyjnych (IMD). Czyli słyszymy nieraz coś, czego w rzeczywistości radio nie odebrało na danym kanale, można nazwać sygnał „widmo”, gdyż jest on tylko produktem mieszania wynikającym z nieodporności odbiornika na przesterowanie dużymi sygnałami a nie sygnałem który dotarł na tej konkretnej częstotliwości do naszego radia. Niemal ciągle na różnych kanałach powstają więc sygnały „widma” o których wielu użytkowników CB nie ma nawet pojęcia że nie dotarły one do radia z anteny. Uważają że to ktoś zakłóca im odbiór albo bezpardonowo nadaje na naszym kanale. Okazuje się że nie zawsze tak jest, postaram się opisać to zjawisko.

Zależność poziomów sygnałów właściwych do ich kombinacji IMD, jest taka, że na każdy wzrost sygnałów o daną wartość ich sygnały intermodulacyjne rosną trzykrotnie. Tak więc w pewnym momencie poziom sygnałów intermodulacyjnych okaże się tak istotny, że skutecznie uniemożliwi nam odbiór nawet silnych stacji. Im lepszy odbiornik, tym lepiej znosi obecność silnych par sygnałów na jego wejściu. Z drugiej strony w kiepskim odbiorniku stosunkowo już słabe sygnały mogą także spowodować powstanie dość znacznych sygnałów intermodulacyjnych i skutecznie uniemożliwić w ten sposób prawidłowy odbiór naszego korespondenta.

Znanym sposobem pozwalającym uniknąć sytuacji, kiedy sygnał IMD przykrywa nam korespondenta, jest stosowanie tłumika albo regulowanego wzmocnienia pierwszych stopni wejściowych, tzw. RF-GAIN.

Przykładowo: Jeżeli poziom sygnału naszego korespondenta wynosi S6 a poziom zakłócającego sygnału IMD jest na poziomie S7, to będziemy mieli sporo problemów z prawidłowym odebraniem naszego korespondenta. Jeżeli w takiej sytuacji włączymy tłumik np. 10dB lub o taką wartość zmniejszymy wzmocnienie odbiornika za pomocą RF-GAIN, sygnał naszego korespondenta spadnie co prawda o niecałe 2S do poziomu nieco ponad 4S (1S=6dB), ale w myśl zasady o której napisałem wcześniej, poziom sygnałów IMD spadnie trzykrotnie więc o 30dB, czyli o 5S do wartości S2. W takiej sytuacji różnica poziomów IMD do sygnału właściwego poprawia się znacząco na korzyść sygnału naszego korespondenta, dzięki czemu jesteśmy w stanie go teraz prawidłowo odbierać. Niestety, z włączonym tłumieniem tracimy automatycznie możliwość odbioru najsłabszych stacji, co jest wadą tego rozwiązania. Tak więc, aby myśleć o sukcesie w każdych warunkach z każdymi sygnałami, decyduje posiadanie radia o wysokiej odporności a nie tylko wyposażonego w RF-GAIN lub podobne dodatki.

Parametrem określającym odporność odbiornika na powstawanie IMD, lub dowolnego innego urządzenia w którym następuje przemiana częstotliwości, czy nawet wzmacniaczy, zarówno radiowych lub akustycznych jest IPn (punkt przechwyty n-rzędu).

My zajmujemy się parametrem IP3 (trzeciego rzędu). Te produkty IMD dają się nam najbardziej we znaki, z racji tego, że występują w tym samym paśmie co sygnały właściwe. Nie jest możliwe odfiltrowanie ich jakimikolwiek sposobem, dlatego są tak uciążliwe. Wielu specjalistów oraz wytrawnych DX-menów uważa, że jest to najważniejszy parametr urządzeń odbiorczych. Zapewne wiele osób zrozumiało już w tej chwili że IP3 ma także niebagatelne znaczenie także w tak prostych radiach jak CB, gdyż używamy je w aglomeracjach lub podczas podwyższonej propagacji.

Im wyższy jest ten parametr, tym bardziej odporne mamy urządzenie na powstawanie IMD. Wartość IP3 określa się w jednostce dBm. Zawierać się może od wartości ujemnych (najniższych) do wartości dodatnich (najwyższych).

Przykładowo: Dobrej klasy i zarazem drogie urządzenia krótkofalarskie, osiągają wartość IP3 na

poziomie +30dBm i więcej, natomiast najslabsze urządzenia, którymi są niestety najczęściej radiotelefony CB - z racji swojej prostoty, osiągają wartość nieraz zaledwie -40dBm. Rozpiętość 70dB jest w tym przypadku przeogromna.

Do pomiaru wartości zniekształceń intermodulacyjnych IP3, (tzw. skrośnych) niezbędne są dwa sygnały radiowe. W celach pomiarowych ważne jest, aby zawartość harmoniczných oraz innych produktów niepożądanych była jak najmniejsza. Do tego celu wykorzystałem sygnały radiowe w.cz. z dwóch generatorów.

Jeden generator to pomiarowy generator ADRET- 740A, natomiast drugi generator to sterowany mikroprocesorem ATMEGA 32 układ DDS AD9851 z filtrem dolnoprzepustowym eliptycznym, oraz z dodatkowym filtrem pasmowym CB.

Częstotliwości obu generatorów powinny znajdować się możliwie blisko siebie. Wybrałem poniższą kombinację:

<b>Generator I (DDS):</b>	<b>27,200MHz</b>	<b>kanal #20</b>
<b>Generator II (ADRET):</b>	<b>27,220MHz</b>	<b>kanal #22</b>

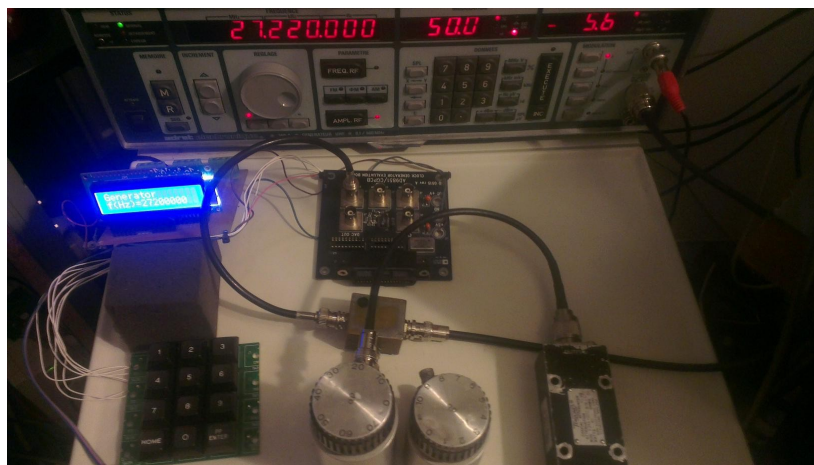
Produkty IMD trzeciego rzędu (sygnały „widma”) dla wybranych częstotliwości powinny wystąpić więc na kanałach #19 oraz #25. Wynika to z poniższych wyliczeń

$$27,200 * 2 - 27,220 = 27,180 \text{ kanal \#19}$$

$$27,220 * 2 - 27,200 = 27,240 \text{ kanal \#25}$$

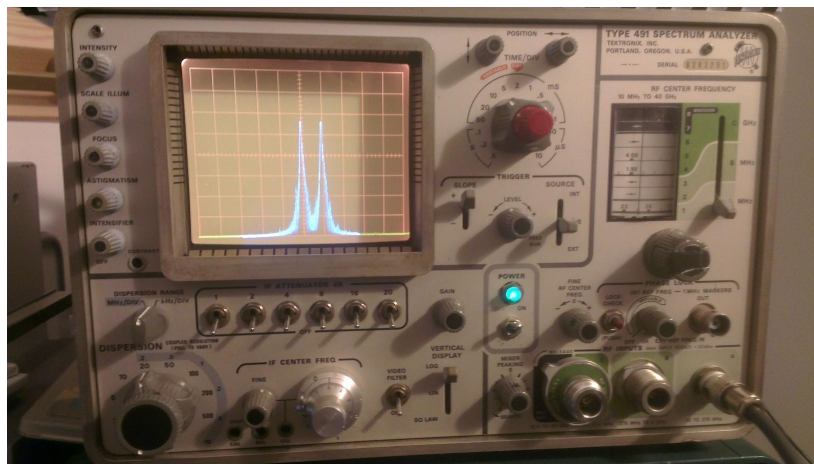
Są to druga harmoniczna pierwszego sygnału (54,400MHz ) minus częstotliwość podstawowa sygnału drugiego, oraz druga harmoniczna sygnału drugiego (54,440MHz) minus częstotliwość podstawowa sygnału pierwszego.

Sygnały z obu generatorów doprowadzone są do sumatora mocy, który posiada dwa wejścia i jedno wyjście. Sumator zapewnia odpowiednią izolację między wejściami generatorów, aby sygnały nie przenikały zbyt do generatorów wzajemnie. Na wyjściu sumatora obecne są tylko sygnały z obu generatorów. Z sumatora „zespolone” sygnały doprowadzone zostały do regulowanego zespołu tłumików 0-80dB. Za tymi tłumikami znajduje się jeszcze jeden tłumik, o stałej wartości 20dB i mocy 40W z którego sygnał doprowadzony jest wprost do gniazda antenowego badanego radia. Tłumik 20dB/40W służy jako zabezpieczenie całego układu pomiarowego przed przypadkowym naciśnięciem nadawania w radiu. Na fot. 1 przedstawiony jest opisywany zestaw pomiarowy.



fot. 1

Aby możliwe dokładnie wyliczyć parametr IP3, sygnały z obu generatorów powinny być ustawione precyzyjnie na jednakowym poziomie. Poziom sygnału na wyjściu generatora DDS jest stały, tak więc generatorem ADRET należało dopasować się ustawiając identyczną wartość, obserwując siłę obu sygnałów np. na analizatorze widma. Ustawienie poziomu widoczne jest na fot.2  
Rozdzielczość analizatora została ustawiona na 20kHz/dz. Jak widać, w całym zakresie 200kHz obecne są tylko dwa sygnały podstawowe, na kanałach #20 oraz #22.



fot.2

W celu sprawdzenia poprawności pomiarów, zmierzyłem wartość IP3 słynnego mieszacza AD831 produkcji Analog Devices. Zmierzona wartość wyniosła +23,2dBm, podczas gdy producent w nocie aplikacyjnej podaje +24dBm. 0,8dB różnicy to nie jest dużo. Może wynikać z innej częstotliwości pośredniej zastosowanego u mnie filtra (85,175MHz) oraz częstotliwości z generatorów. Trzeba mieć na uwadze że AD831 pracuje w bardzo szerokim zakresie do 500MHz. Można więc uznać śmiało, że pomiary na moim stanowisku są wiarygodne.

Prezentowane na końcu, zmierzone wartości IP3, są tylko dla modeli sprowadzanych przez firmę MERX Nowy Sącz. Natomiast dla pozostałych radiotelefonów znajdujących się na rynku wykonywane będą pomiary tylko na potrzeby własne.

Jeżeli chcemy tylko porównać na słuch między sobą różne modele radiotelefonów, nie jest konieczne aby sygnały z generatorów były na identycznym poziomie, w końcu na co dzień docierają do radia sygnały o różnych poziomach. Aby identyfikacja słuchowa produktów intermodulacyjnych była łatwiejsza, czyli eliminacja tego co nie pochodzi z mieszania tych dwóch częstotliwości, oraz łatwiejsza była słuchowa ocena siły produktów intermodulacyjnych, jeden z sygnałów może być modulowany np. 1kHz 50% AM.

Generator ADRET daje możliwość modulacji sygnałem 1kHz, 400Hz, oraz sygnałem zewnętrznym o dowolnej częstotliwości lub np. nagrany rozmową itp.

Tak więc, na kanale 20 usłyszymy nośną niezmodulowaną generatora I, podczas gdy na kanale 22 nośną zmodulowaną sygnałem 1kHz lub zewnętrznym. Każdy produkt intermodulacyjny będzie więc także zmodulowany.

W ostateczności, do oceny słuchowej, zamiast generatorów można posłużyć się dwoma radiotelefonami CB, np. zainstalowanymi w dwóch samochodach, które jednocześnie będą nadawać na dwóch różnych częstotliwościach. Odbiornik w testowanym, trzecim radiotelefonie CB, będzie ustawiony na jednym z kanałów na którym powstać ma kombinacja częstotliwości według zależności opisanych powyżej. Oddalając się jednym z samochodów na stałe odległości można próbować porównywać między sobą kolejne modele radiotelefonów, kiedy IMD szybciej zaniknie poniżej szumów własnych odbiornika.

Ja także zajmę się oceną słuchową z użyciem zmodulowanego sygnału generatora ADRET, do której nie trzeba rozkręcać radiotelefonów i przygotowywać ich do pomiaru. Wyniki testów oceny słuchowej przedstawiane będą w formie krótkich filmów przedstawiających odbiór na kanałach #19 #25 w obecności zsumowanych sygnałów z generatorów na poziomie od S9 do S9 + 40dB. Regulacja poziomów dokonywana będzie za pomocą wspomnianego zespołu tłumików. Im szybciej sygnał IMD na kanał #19 lub #25 zanika, tym bardziej odporny jest odbiornik na powstawanie IMD.

Należy mieć na uwadze, że w niektórych odbiornikach znajduje się silnie działający układ ANL powodujący fałszywą ocenę na słuch. Silny układ ANL spowoduje tylko wycięcie większości tego co jest nieznacznie powyżej szumów. Niestety sygnał IMD jest cały czas obecny na detektorze AM oraz dociera także do układu regulacji automatycznej wzmocnienia, co powodując zmniejszenie czułość odbiornika (efekt zatykania radia). Efekt jest taki, że na słuch z głośnika radiotelefonu niby już nie odbieramy IMD, ale daje się zauważyć, że tło jakby narasta. Dopiero dalsze obniżanie wartości sygnałów właściwych spowoduje, że i tło zaczyna opadać. Gdyby nasz korespondent był słyszany nieco ponad tło, także zostałby stłumiony przez ANL. Takie „anomalie” mogą czasem spowodować że jeżeli nie zwrócimy uwagi na to, będziemy niesłusznie przekonani o wyższości jednego radia nad drugim podczas oceny słuchowej.

W tym momencie można też stwierdzić, że w przypadku porównania dwóch radiotelefonów, o ile mają identyczną zmierzoną czułość, im mniej szumiące radio oznacza że posiada silniejszy układ ANL. W dobrych starszych radiach układ ANL można było wyłączać przyciskiem. Wyłączenie ANL co prawda skutkowało zwiększeniem szumów ale za to radio potrafiło odebrać najsłabsze sygnały. Tak więc wbrew pozorom, wcale nie musi to oznaczać że mniej szumiące radio jest lepsze. To samo dotyczy radiotelefonów o niskiej czułości, np. PRO-110 które dla wielu osób są na pozór dla ucha przyjemniejsze ale niestety niezwykle łatwo dają się przesterować i produkują IMD na znacznych poziomach.

W wielu modelach CB obecny jest układ RF-GAIN lub podobne, np. DX/LOCAL. W niektórych radiotelefonach przy maksymalnym stłumieniu RF-GAIN lub włączeniu funkcji LOCAL, uzyskałem wartość IP3 zbliżoną do wartości w radiotelefonach nie wyposażonych w układy RF-GAIN lub podobne. Oznacza to, że radiotelefon który pomimo, że nie posiada RF-GAIN, odbiera więcej i lepiej niż radiotelefon z ustawionym na minimum wzmocnieniem gdyż jego czułość została znacznie ograniczona. Pozostaje więc tylko kwestia pozostałości szumów które wiele osób uznaje za kryterium jakości odbioru, ale do eliminacji ich służyć powinien prawidłowo działający układ SQ lub ASQ- czyli układy blokady szumów.

Są też radiotelefony które niestety, ale mają źle działające układy RF-GAIN. Podczas pomiarów różnych modeli „z rynku”, okazało się że zmniejszanie czułość RF-GAIN wcale nie zmniejsza sygnałów IMD, wprost odwrotnie, powoduje że sygnały IMD narastają i to jest także słyszalne w teście na słuch. Oczywiście szumy odbiornika maleją i użytkownik ma przeświadczenie że jest lepiej. Niestety nie ma świadomości, bo jak ma to odróżnić, że na różnych kanałach hałasują sygnały widma. Obarcza więc za ich obecność niesłusznie innych użytkowników CB, zamiast swój radiotelefon.

Na koniec wrócę do wyznaczania wartości IP3. Do poprawnego pomiaru wartości IP3 układy automatycznego wzmocnienia (AGC) powinny zostać zablokowane na czas pomiaru, lub przynajmniej pomiar powinien być przeprowadzony z wartościami sygnałów poniżej progu zadziałania AGC. Natomiast układy ANL muszą być pominięte, najlepiej jest gdy pomiar odbywać się będzie przed układem ANL. Tylko z powyższymi warunkami zmierzona wartość IP3 będzie najbardziej miarodajna.

Wyniki pomiarów poszczególnych modeli radiotelefonów sprowadzanych przez firmę MERX Nowy Sącz. Ułożone od najlepszej wartości IP3 do najgorszej. Na pozycji pierwszej jest zmierzony mieszacz AD831.

1. Analog Devices AD831	+23,2dBm
2. Anytone AT-6666	-15,0dbm
3. Anytone Apollo I Road Blues	-22,5dBm
4. Anytone AT-300 Symfonia	-27,0dBm
5. Yosan MJ-3031M Turbo	-30,0dBm
6. Yosan CB-300	-31,5dBm
7. Yosan PRO-110	-38,3dBm
8. Onwa MK3	-42,8dBm

W przyszłości w dokumencie tym pojawiać się będą kolejne zmierzone modele z oferty MERX Nowy Sącz.

**Uwaga:** Zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych (*Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r.*), zabrania się wykorzystywania do celów zarobkowych i reklamowych, kopiowania, drukowania, rozpowszechniania, tłumaczenia, materiałów zawartych w tym dokumencie bez pisemnej zgody autora. W celu uzyskania pisemnej zgody prosimy pisać na adres [marek@merx.com.pl](mailto:marek@merx.com.pl).