

МЕТОДИКА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ИНТЕРМОДУЛАЦИОННИ ПРОДУКТИ ОТ ТИП „А1”, ПОЛУЧАВАНИ ПРИ РАБОТА НА БЛИЗКО РАЗПОЛОЖЕНИ УКВ-ЧМ РАДИОПРЕДАВАТЕЛНИ СТАНЦИИ

(съгласно т. 2.5. от Приложение 1 към Технически изисквания за работа на електронните съобщителни мрежи от радиослужба радиоразпръскване и съоръженията, свързани с тях)

Раздел I

Общи положения

1.1. Методиката се отнася за измерване на подтискането на интермодуляционни продукти (ИМП) от тип „А1”, създавани от взаимно проникване на сигналите от един УКВ-ЧМ предавател в изходите на останалите предаватели и обратно, при работа на повече от един предавател на един обект или в непосредствена близост.

ИМП представляват нови честотни съставни, получени от взаимодействието в нелинеен елемент на две или повече основни честотни съставни, представляваща линейна комбинация от основните честоти и хармоничните им.

1.2. Методиката определя задължителните операции, гарантиращи достоверни резултати при измервания и скрийнинг контрол на електромагнитната съвместимост на радиоразпръсквателната радиослужба на УКВ-ЧМ и въздушната радиослужба.

1.3. Съгласно настоящата Методика се изготвят два протокола: „Констативен протокол” за състоянието на обекта преди извършване на измерванията за „А1” ИМП и „Протокол за измерване на „А1” ИМП”.

1.4. Комисията за регулиране на съобщенията (КРС) отчитайки:

- Правомощията си посочени в чл. 32, т. 4 и т. 7 от Закона за електронните съобщения;
- че УКВ-ЧМ радиопредавателните станции в обхвата 87.5 – 108.0 MHz работещи на един обект, могат да бъдат източник на нежелани излъчвания създавани от взаимните интермодуляционни продукти, които от своя страна могат да представляват сериозна заплаха за радиосредствата на въздушната служба в обхвата 108.0 - 128.5 MHz.

- Необходимостта да се гарантира защита на радиосредствата на въздушните служби срещу нежелани продукти от интермодуляционен тип и създаване на условия за контрол на електромагнитната обстановка във връзка с това;

въз основа на следните документи:

- Rec. ITU-R SM.1009-9 и на LEGBAC група – ВАС01; ВАС04; ВАС12; ВАС13; ВАС24; ВАС32; ВАС33; ВАС34;
- ITU-R REC. 1446 – „Измерване на интермодуляционни продукти”
- БДС ETS 300384; „УКВ-ЧМ предаватели радиоразпръсквателни”
- ITU-R REC. SM 329-6; ECC/ERC REC. 74-01; „Нежелателни излъчвания”
- EBU ETR 132; „Радиопредавателни центрове. Инженерни методи”
- Програмен продукт на ITU-R и ICAO – „LEGBAC”

и в съответствие със смисъла на текста:

(ITU-R REC.SM1009-9, Annex 2 (GAM) т.3.2.4) – „В случаите където подтискането на „А1” ИМП за радиоразпръсквателният предавател е известно, тази стойност трябва да се използва, когато се изчислява съвместимостта”

изготви и утвърди настоящата Методика.

1.5. Методиката има за цел да служи като инструкция за практически измервания на „А1” ИМП в реални условия на експлоатация. Освен това Методиката трябва да предпази от грешки, уеднаквявайки условията при измерванията и да гарантира обективност, повторяемост и сравнимост на резултатите от измерванията, а също така да служи като инструмент за практическа проверка на хипотези и методи за изчисляване на подтискането на интермодуляционните продукти и за контролни проверки във връзка с експлоатацията за удовлетворяване на условията по ITU-R, REC.SM1009-9.

1.6. Приложими са два подхода за използване на резултатите от измерването:

- Измерените стойности на подтискането на „А1” ИМП (виж колона 9 на Таблица 1, от настоящата Методика) се използват вместо стойностите от Таблица 1 от REC. SM1009-9 при изчислението на електромагнитната съвместимост по точка 3.2.4, Annex 2 от REC.SM1009-9.

- Измерените стойности се съпоставят със стойностите на подтискане, изчислени с помощта на софтуерните продукти LEGBAC или AIRNAV за потенциално възможните ИМП при изследване на електромагнитната съвместимост (EMC) с въздушните радиослужби при което EMC се удовлетворява, ако измерената стойност на подтискането е по-голяма от изчислената за съответния ИМП.

Методиката за измерване на „А1” ИМП е независима от избрания подход за използване на резултатите.

1.7. По дадената Методика се измерват интермодуляционни продукти от тип „А1” от трети ред – двусигнални и трисигнални, т.е такива които се получават от взаимодействието на основните честоти (сигнали) на два или три УКВ-ЧМ предавателя. Изследват се само продуктите над 108.0 MHz, тъй като само те попадат в застрашената честотната лента (108.0 - 128.5 MHz), определена за въздушните радиослужби (радионавигация и радиокомуникация):

$$2f_1 - f_2 \text{ двусигнален ИМП ; } f_1 > f_2$$

$$f_1 + f_2 - f_3 \text{ трисигнален ИМП ; } f_1 > f_2 > f_3$$

Раздел II

Ред и условия за провеждане на измерването

Измерването за нивото на „А1” ИМП се провежда след изхода на сумиращото устройство (филтър-мултиплексер) и преди фидера и антенната система.

Използва се следната измервателна постановка (фиг. 1):



Фиг. 1

За насочен отклонител: In - вход, Out - изход, F - изход права вълна, R - изход обратна вълна.

На схемата са показани три предавателя, но броят им може да бъде различен ($n=2$ или $n=3$), в зависимост от това дали се измерва двусигнален или три сигнала „А1” ИМП и евентуално други предаватели, включени към същия филтър-мултиплексер, които не участват в измервания продукт и могат да не се вземат предвид. Освен това някои продукти могат да бъдат образувани от взаимодействието например на две или три радиопредавателни станции, работещи на два или три различни филтър-мултиплексера. При такъв случай измерването на един „А1” ИМП трябва да се извърши последователно в изходите на двата или трите различни филтър-мултиплексера, а броя на предавателите за даден мултиплексер ще бъде ($n=1$ или $n=2$).

Подтискането спрямо всеки от предавателните сигнали, участващи в създаването на „А1” продукта (парциално подтискане), се определя като отношение:

$$A_{ni} = 10 \ln \{ P_n / (A_{ni} \text{ ИМП}) \} \quad A_{ni} \text{ [dB]; } P_n \text{ „А1” ИМП [W], (1)}$$

A_{ni} – парциално подтискане за n -тия предавател ($n = 1, 2$ или 3) по отношение на i -тия „А1” ИМП,

където i означава i -тия „A1” ИМП (i от 1 до k), измерен в m -тия филтър-мултиплексер ($m = 1, 2$ или 3) и отнесен към мощността на n -тия предавател.

За провеждане на измерването се използват насочени отклонители, селективни лентови филтри и спектрален анализатор (или селективен микроволтметър), измерител на мощност и еквивалентни товари, съгласно спецификацията в края на настоящата Методика. Параметрите на нестандартното оборудване (филтри и насочени отклонители) се измерват с анализатор на вериги. Параметрите на нестандартното оборудване трябва да отговарят на специфичните изисквания за конкретния случай, определени при описанието на всяка процедура и в приложенията за измервателна апаратура и нестандартно оборудване (7.1; 7.2).

Насоченият отклонител отделя пропорционална част (с точно известен коефициент 26-40 dB) от енергията подавана от предавателя към антената и подтиска допълнително от 30 до 40 dB енергията приета от външни източници в посока от антената към предавателя – например от VOR предавател, за повишаване на прецизността на работата (насоченост на насочения отклонител). Той трябва да има изходи за права и обратна вълна.

Лентовият филтър се настройва на честотата на „A1” ИМП, определен от софтуера като несъвместим, съответстваща на работната честота на съответния VOR, ILS или COM канал, за който се провежда измерването $/(2f_1 - f_2)$ или $(f_1 + f_2 - f_3)/$. Чрез филтъра се постига подтискане на основното излъчване на предавателите за достигане на необходимата динамика при измерването, която трябва да бъде над 100 dB. Атенюаторът служи за да предпази входа на спектроанализатора от попадане в него на голямо ниво на сигналите, което може да предизвика повреда на входа или да създаде ИМП от входното стъпало на самия спектроанализатор.

Подтискането на „A1” ИМП се определя, като към отчетената от екрана на спектралния анализатор относителна разлика между нивата на даден радиопредавател и „A1” ИМП се прибавят корекционните коефициенти за затихването на филтъра и на насочения отклонител A за работните честоти на съответните радиопредаватели.

Спектралният анализатор може да бъде заменен от селективен микроволтметър с възможности на спектроанализатор.

Процедира се по следния начин:

От изчислението с помощта на софтуера (LEGBAC; AIRNAV) за EMC между УКВ-ЧМ радиопредавателните станции и въздушните радиослужби се изчисляват „A1” ИМП и се отделят само продуктите, които надхвърлят допустимите норми.

Определя се минималната стойност на подтискане на продукт „A1”, необходима за всеки предавател, участващ в създаването на продуктите, надхвърлящи допустимите норми:

$$A_{Ln} = A_{T1n} + A_{Mn} \quad (2)$$

A_{Ln} – минимална стойност на подтискането (Limit) [dB]

A_{T1n} – стойност на подтискането по отношение на максималната E.R.P. от Таблица 1 от REC. IS 1009-9 [dB]

A_{Mn} – недостиг на подтискане (margin), изчислен със софтуера [dB]

Забележка: Всички стойности са отнесени за n -тия предавател.

Пристъпва се към настройка и калибриране на елементите (Виж раздел 3) от постановката - фиг.1 за даден „A1” ИМП, след което се извършва отчитане на резултата. Към отчетения резултат се добавят корекционните коефициенти, отразяващи действието на филтъра и насочения отклонител. Окончателният резултат за измереното подтискане трябва да е по-голям от изчисления по формула 2.

Измерванията се провеждат продукт по продукт, като операциите по настройка и калибриране се повтарят за всеки продукт, тъй като процесът е честотно зависим.

Раздел III

Предварителна подготовка за измерването

3.1. Извършва се изчисление с програма LEGBAC или AIRNAV и се определят радиопредавателните станции, за които има несъвместимост по „A1” ИМП. По-нататъшните измервания се водят само за тези продукти или за част от тях за минимизиране на времето за изключване на предавателите. Резултатите се разпечатват и прилагат към протокола за измерване на „A1” ИМП.

3.2. По административен ред се извършва координация с предприятията, относно режима на изключване на радиопредавателните им станции и с РВД относно времето на изключване на оперативно-технически съоръжения на въздухоплавателната администрация, ако се налагат такива.

3.3. От данните от техническите характеристики (или актуалната база данни, служеща за изчисление с LEGBAC) се установява изходната мощност за всяка радиопредавателна станция, която съответства на E.R.P., за която е проведено изчислението със софтуера и са установени несъвместимости по „A1” ИМП. Данните се записват в констативния протокол.

3.4. Преди започване на измерванията се проверяват и записват входовете и изходите на филтър-мултиплексер(ите), към които е включена всяка от радиопредавателните станции и антените към които е включен всеки филтър-мултиплексер. Връзките трябва да отговарят на базата данни за обекта, служеща за изчисление по LEGBAC. Връзките се записват в констативния протокол.

3.5. Свързва се постановката от фиг. 1. Препоръчва се да бъдат свързани едновременно толкова постановки, колкото изходи от филтър-мултиплексер(и) трябва да бъдат измерени за несъвместими „A1” ИМП. За измерване на изходната мощност на всяка радиопредавателна станция е необходимо да са монтирани и насочени отклонители между изхода на всяка предавателна станция и съответния вход на филтър-мултиплексера (насочени отклонители 1, 2, 3 фиг. 1). Допуска се в случай, че не достигат насочени отклонители и филтри, постановката от фиг.1 да се мести от един филтър-мултиплексер на друг, което се отбелязва в протокола.

Вместо спектрален анализатор може да се използва селективен микроволтметър с възможности на спектрален анализатор в съответствие с инструкцията за работа с уреда. В този случай ще бъдат измерени абсолютни стойности като подтискането ще се получи като отношение между стойностите за „A1” ИМП и сигнала на съответния радиопредавател.

3.6. След измервателния изход F на всеки насочен отклонител, предназначен за включване към измервателната постановка, се включва полупроводников ограничител на мощност (Limiter) за ниво 20 - 100 mW (непоказан на фиг.1), последван от атенюатор 10dB/2W за осигуряване на безопасно ниво на сигнала за измервателната апаратура.

3.7. С подходящ измерител на мощност се измерват изходните мощности за всеки радиопредавател, участващ в създаването на измерван „A1” ИМП. Измерването става чрез насочен отклонител, свързан между изхода на всеки предавател и съответния вход на филтър-мултиплексера (насочени отклонители 1, 2, 3 - фиг. 1) или чрез разделяне на предавателя от филтър-мултиплексера и пренасочването му върху еквивалентен товар за необходимата разсеяна мощност. Мощностите трябва да отговарят на мощностите от точка 3.3. Несъответствията се записват в отделен протокол за констатация и преди измерването на „A1” ИМП, мощностите се установяват съгласно точка 3.3 и се вписват в протоколите.

3.8. Прави се измерване за наличие на приеман от антената ефирен сигнал с честота на измервания VOR, ILS или COM. Свързва се постановката от фиг. 1 като всички предаватели работещи на дадения филтър-мултиплексер, включително и тези, които нямат отношение към „A1” ИМП, се заместват с еквивалентни товари 50 Ω за мощност по-голяма от 1/1000 от сумарната мощност на останалите радиопредаватели работещи на обекта. Наблюдава се спектрограмата на приеманите от антената сигнали, като за целта се правят две измервания – едно от изхода за права вълна и второ от изхода за обратна вълна на насочения отклонител. Записват се резултатите от измерването, при което се получават по-високи стойности (права вълна за сигналите постъпващи от антената – изход R). Записва се и затихването на атенюатора, при което се отчитат резултатите от екрана на спектралния анализатор. Измерването се извършва в диапазона 87.5 - 128.5 MHz. Резултатите за всички продукти, които се наблюдават се записват и се прилагат към протокола за измерване на „A1” ИМП.

3.9. Когато в измерването по т. 3.8 е установено наличие на сигнал, приеман на изследваната честота на VOR, ILS или COM, допълнително трябва да се установи стойността на този сигнал, постъпваща на изхода F на насочения отклонител в реални условия на работа.

Свързва се постановката от фиг. 1 и при изключен поне един от предавателите, създаващ измервания интермодуляционен продукт, се отчита наблюдаваното сигнално ниво на „A1” ИМП, резултат от приемането на излъчването на съответния VOR, ILS или COM чрез антената, което може да опорочи резултата от измерването. В този случай, при измерването на „A1” ИМП (раздел IV, т.4.7) следва да се изключи съответния VOR, ILS или COM за времето, през което се провежда изследването или ако това не е възможно, да се отчете показанието като сумиране на некохерентни сигнали (виж т. 4.7). В случай, че всички предаватели, образуващи даден интермодуляционен продукт, са свързани само към един филтър-мултиплексер и има външно проникване на сигнал с честотата на ИМП, то тогава измерването по т. 4.7 може да се проведе на еквивалентна антена (товар), с която да се замени антената от фиг.1.

Измерванията се извършват в диапазона 108.0 - 128.5 MHz. Резултатите за нивото на проникващия ефирен сигнал с честотата на ИМП се записват, разпечатват и прилагат към протокола за измерване на „A1” ИМП.

3.10. За установяване на нежелани прониквания в измервателната постановка от фиг.1 от електромагнитни полета в помещението, в което е разположена самата постановка, се провежда следното измерване:

Изпълнява се постановката съгласно фиг. 1. Измерването се извършва в диапазона 108.0 - 128.5 MHz. Кабелът свързан към лентовия филтър се изключва (разделя) от изхода на насочения отклонител (фиг.1) чрез развиване на съединителя. Кабелният отрязък за връзка между насочения отклонител и селективния филтър остава свързан към филтъра и се натоварва в свободния си край с еквивалентен товар – 50 Ω. Записва се картината, получена върху екрана на спектралния анализатор, и се установява евентуално наличие на нежелателни прониквания. Ако такива прониквания има, те се вписват в протокола и се взимат под внимание при измерванията. Резултатите се записват, разпечатват и прилагат към протокола за измерване на „А1” ИМП.

3.11. Определят се корекционните коефициенти на лентовите филтри:

Като селективен филтър от фиг. 1 се използва двукръгов лентово- пропускащ филтър с висок качествен фактор на кръговете – над 500 и коефициент на връзката между кръговете $k=0,7-1$.

Загубите в лента на пропускане не трябва да са по-големи от 1 dB.

Затихването на честоти +/- 1,5 MHz спрямо честотата на настройка, трябва да е по-голямо от 20 dB, а за честоти +/-2 MHz по-голямо от 26 dB.

Работната мощност на филтъра трябва да е по-голяма от 1 W. Допуска се работа и с филтър за по-голяма мощност.

Измерванията се извършват в диапазона 87.5 - 128.5 MHz.

За отчитане на корекционните коефициенти за работните честоти на радиопредавателните станции, които създават измервания „А1” ИМП, се снемат параметрите на лентовия филтър. Извършва се настройка на филтъра на честотата на „А1” ИМП. Настроеният лентов филтър се включва към анализатора на вериги и се измерват S11, S12, S21, S22. Резултатите се записват и разпечатват. От амплитудно-честотните характеристики (АЧХ) се определят корекционните коефициенти на филтъра за всяка от честотите, участващи при измерването.

Допуска се измерването да се извърши и с трекинг генератор и спектрален анализатор. В този случай филтърът се включва между трекинг генератора и входа на спектралния анализатор. Измерва се и се записва неговата АЧХ, съгласно с инструкцията за работа със спектралния анализатор. По АЧХ се отчита разликата в затихването между честотата на „А1” ИМП и честотата на всеки от радиопредавателите, образуващи „А1” ИМП. Тези стойности се използват при измерванията по-нататък като корекционни коефициенти на селективния филтър за нивото на носещия сигнал за всеки от предавателите и за нежелания „А1” ИМП.

Резултатите, представляващи корекционните коефициенти за всяка честота, се записват в колона 7 на протокола – фиг. 3.

Забележка: Когато лентовите филтри имат фирмени спецификации, позволяващи отчитането на необходимите коефициенти, не е задължително да се прави измерване.

3.12. Определят се корекционните коефициенти на насочените отклонители:

Насоченият отклонител А се избира за работна мощност, равна на сумата от мощностите на всички предаватели включени към даден филтър-мултиплексер, плюс резерв от поне 50 %, за да се избегнат евентуални повреди във филтрите и спектралния анализатор от прехвърляне на енергия при голям КСВ в главния тракт или поради разряд в насочения отклонител. Коефициентите на предаване, насоченост, КСВ и АЧХ за насочения отклонител за всеки от изходите спрямо главния тракт се определят чрез анализатор на вериги (S11, S12, S21, S22) и се отчитат корекционните коефициенти за всяка от интересующите ни честоти. Параметрите на предаване и АЧХ на насочения отклонител може също да се снемат и чрез трекинг генератор и спектрален анализатор, съгласно инструкцията им за работа.

За опорна се избира честотата на „А1” ИМП. Отчитат се корекционните коефициенти (разликите) за честотите на предавателите образуващи „А1” ИМП, спрямо опорната честота и се записват в колона 6 на протокола за измерване на „А1” ИМП – фиг. 3.

Насочените отклонители 1, 2, 3 се избират за мощност, съответстваща на мощността на предавателя, към който са включени. Корекционните коефициенти се снемат по същия начин, както за насочен отклонител А.

Забележка: Когато насочените отклонители имат фирмени спецификации, позволяващи отчитането на необходимите коефициенти, измерването не е задължително да се прави.

3.13. Проверява се интермодуляционната устойчивост на спектроанализатора:

Изключва се атенюаторът на входа на спектроанализатора. От два сигналгенератора през лентови филтри, настроени на съответните работни честоти, се подават равни по амплитуда сигнали на входа на спектроанализатора през пасивен суматор с развръзка между входовете му не по-малка от 26 dB и с ниво във входа на спектралния анализатор – 10 dBm, и честоти 100 MHz и 105 MHz. Измерва се собственият ИМП на честоти 95 MHz и 110 MHz, който трябва да е по-нисък от – 66 dBc. При по-нататъшни измервания се контролира нивото на сигналите на входа на спектралния анализатор на нито една от носещите честоти да не е по-голямо от – 10 dBm. Резултатите се записват, разпечатват и прилагат към протокола за измерване на „А1” ИМП.

Раздел IV

Измерване на „А1” ИМП и ниво на подтискане

Измерването се провежда при изключена модулация на всичките радиопредаватели участващи в измервания продукт. Ако нивото на „А1” ИМП е по-ниско от шума и не може да се установи, се отчита отношението „носец сигнал/шум”.

4.1. Измерване се извършва за всеки „А1” ИМП, за който според изследванията със софтуерните продукти LEGBEC (AIRNAV) продуктът е над допустимите стойности и потенциално може да причини несъвместимост.

Допуска се отделно измерване само на един или няколко „А1” ИМП. При измерване на всеки следващ „А1” ИМП се извършват наново процедурите по точки 3.9, 3.11, 3.12.

4.2. Спектралният анализатор, насоченият отклонител и лентовият филтър се включват съгласно схемата, показана на фиг. 1.

Настройва се развивката на спектралния анализатор така, че на екрана му да могат да се наблюдават честотите на радиопредавателите, образуващи „А1” ИМП и честотата на самия „А1” ИМП в лентата над 108.0 MHz. Атенюаторът на входа на спектралния анализатор (и допълнителни атенюатори при нужда) се регулират така, че уреда да не се претоварва от нивата на сигналите от радиопредавателите (ниво -10 dBm), но не и по-малко, за да се постигне максимално възможен динамичен обхват (при даденото затихване да се гарантира възможност за отчитане върху екрана вероятният „А1” ИМП заедно със сигнала на предавателя т.е. динамика не по-малко от 100 dBc, (включва се и подтискането на носещите честоти на предавателите на интермодулиращите радиостанции от селективния лентов филтър).

4.3. Измервателната честотна лента (Resolution Bandwidth – RBW) на спектралния анализатор се установява на 100 kHz. (Допуска се 10 kHz или 1kHz при изключена модулация на предавателите за повишаване на чувствителността).

4.4. Честотата на изследвания сигнал трябва да съвпада с настройката на спектралния анализатор +/- 1 kHz и сигнала с модулация не трябва да излиза извън лентата (RBW).

4.5. Извършва се калибровка на спектралния анализатор, съгласно документите за експлоатация на уреда.

4.6. Маркират се честотите, които ще се измерват – на двата или трите предавателя, създаващи „А1” ИМП и на самия продукт в честотната лента над 108.0 MHz.

4.7. На екрана на спектралния анализатор се наблюдават сигналите на интерфериращите предаватели и „А1” ИМП в честотната лента над 108.0 MHz. Измерват се разликите между нивото на сигнала на честотата на всеки радиопредавател, образуващ „А1” ИМП и нивото на честотата на „А1” ИМП – [dBc].

Съгласно формула (1) се образуват парциалните подтискания за всеки от предавателите, създаващи даден „А1” ИМП. Резултатите, след прибавяне затихването в лентовия филтър $D_{л.ф.}$, се записват в колона 8 на протокола – фиг. 3.

Към измерването за всеки отделен „А1” ИМП се взимат предвид и прилагат резултатите от т. 3.8 и т. 3. 9, ако има външен сигнал от измервания VOR. В случай, че VOR не може да бъде изключен, от измереното ниво на сигнала в точка 3.9 – $V_{3.9}$ и измереното ниво на сигнала при включени всички предаватели, създаващи интересувания ни продукт, измерен в тази точка (4.7) – $V_{4.7}$, търсеното ниво на „А1” ИМП, се изчислява от формулата:

$$V_{A1} = \sqrt{(V_{(4.7)})^2 - (V_{(3.9)})^2} \quad (3)$$

или

$$P_{A1} = (P_{(4.7)}) - (P_{(3.9)}) \quad (3.1)$$

в зависимост от това как се провежда измерването,

където P_{A1} ; $(P_{(4.7)})$; $(P_{(3.9)})$ са търсена и измерена мощност в съответните точки.

Забележка: Когато е необходима само качествена проверка за наличие на „А1” ИМП продукти под нивото на чувствителност на спектралния анализатор се използва комуникационен приемник с оптимална чувствителност за диапазона 108.0 - 128.5 MHz.

За целта комуникационният приемник трябва да отговаря на следните изисквания:

- да бъде с четирикръгов лентов филтър на входа;
- да бъде с честотен синтезатор за хетеродина, който не създава нежелани честоти в диапазона 108.0 - 128.5 MHz и позволява настройка през 1 kHz;
- за избягване на нежелани огледални канали, първата междинна честота да е по-висока от 140 MHz.
- да има превключваема лента по междинна честота – 1 kHz; 10 kHz; 100 kHz;
- детектори – AM и FM - широка лента; тясна лента и постояннотоков изход от детекторите; средноквадратичен изход (по мощност); S метър (RSSI).

- входна чувствителност – по добра от -120 dBm/10kHz, 12 dB SINAD, отговарящо на 0.224 μ V върху 50 Ω ; и чувствителност по-добра от -107 dBm/ 300 kHz; 26 dB S/N за FM;
- неравномерност на чувствителността по диапазона 108-128.5 MHz - по малка от 1 dB;
- изходът на детектора да се контролира от индикатор с линейна скала и слушалки/говорител;
- приемникът да има RSSI индикатор с логаритмично-линейна скала с диапазон минимум 90 dB при неточност в целия диапазон по-малка от 3 dB.

Такава проверка трябва да се извършва винаги при контрол на смущенията на комуникационните канали (COM), когато са констатирани смущения от ИМП. RSSI-индикаторът на приемника може да се използва за непрецизно отчитане на констатиран продукт, вместо селективен микроволтметър.

4.8. Радиопредавателите, създаващи „А1” ИМП, могат да бъдат включени или само към един филтър-мултиплексер или към различни филтър-мултиплексери. В случай, че един „А1” ИМП продукт се образува от предаватели включени към различни филтър-мултиплексери, насоченият отклонител А се премества (когато се използва само един насочен отклонител А) в изхода на всеки следващ филтър-мултиплексер и се продължава по описания начин, докато се измерят всички радиопредаватели, образуващи измервания ИМП – (2 или 3). Постановката може да се изпълни с използването на два или три насочени отклонителя А, включени съответно в изходите на всеки от интересующите ни филтър-мултиплексери.

4.9. Измерват се отстоянието (подтискането) между нивата на сигналите на даден предавател и получавания „А1” ИМП. Ако продукт не може да се отчете, вместо него се отчита нивото на шума на неговата честота.

4.10. Към измереното подтискане се прибавя стойността от колона 2 за затихването във филтъра на честотата на „А1” ИМП и резултатът се записва в колона 8.

4.11. За определяне на реалното подтискане „А1” ИМП/носеца, към данните от колона 8 се прибавят корекционните коефициенти от съответния насочения отклонител – колона 6 и селективния лентов филтър - колона 7. Резултатът се вписва в колона 9 на протокола за измерване на „А1” ИМП.

4.12. Така полученият резултат от колона 9:

- се използва за изчисления на съвместимостта по формулите на т.3.2.4, Annex 2 (GAM) на REC.SM1009-9, вместо стойностите от Таблица 1;

или

- се сравнява със съответната стойност от изчислението за необходимото подтискане на „А1” ИМП, което гарантира отсъствие на смущения за съответната въздушна радиослужба (VOR, ILS, COM). Тези стойности (margin) се дават в специална таблица от изследването за EMC с въздушните радиослужби на софтуера AIRNAV, а в софтуера LEGBAC се дава само най-голямата стойност на подтискането, която трябва да се е по-малка от резултата от колона 9 от Таблица 2, за да е осигурено EMC с въздушните радиослужби.

Раздел V

Съдържание на протоколите

5.1. Констативен протокол

Задължителни реквизити:

- Предаватели на обекта;
- Честоти на предавателите;
- Мощности на предавателите – изходна и E.R.P.;
- Филтри или филтър-мултиплексери с входове и изходи и предаватели включени към всеки конкретен вход.
- Антени и връзки към филтри или филтър-мултиплексери;
- Таблица 1 с резултатите по образец от фиг. 2

Таблица 1 за обект „.....”

Име на радиостанция	Честота на излъчване	Мощност/ E.R.P.	Филтър-мултиплексер	Вход №	Антенa	Несъответствия

Фиг. 2

5.2. Протокол за измерване на „А1” ИМП

Задължителни реквизити:

- Изчисления със софтуера за EMC - LEGBAC, AIRNAV, включително изходни мощности на предавателите и E.R.P. – данните, използвани в изчислението, трябва да отговарят на актуалното състояние и базата данни към момента;
 - Електромагнитна обстановка на обекта:
 - приемани сигнали от антените на обекта на измерваните честоти. (т.3.8);
 - електромагнитни влияния от вътрешни електромагнитни полета (т.3.9);
 - Параметри на предавателите, създаващи даден продукт – честота, мощност (изходна мощност и E.R.P.), антена, филтър-мултиплексер и вход на включване;
 - Данни от предварителната подготовка по Раздел III;
 - Таблица 2 с резултатите по образец от фиг. 3;
 - Приложения:
 - Аналитични резултати от изследване за EMC за обекта с помощта на LEGBAC, AIRNAV;
 - „Констативен протокол” по т. 5.1;
 - Измерителна постановка;
 - Спектрограми от измерванията за електромагнитната обстановка;
 - Измерени характеристики на лентовите филтри за всяка f;
 - Измерени характеристики на насочените отклонители;
 - Спектрограми от измерванията на „А1” ИМП.

Таблица 2 за обект „.....”

ИМП f [MHz]	D _{л.ф.} [dB]	Антена	Мульти- плексер тип	TX (2или3) Честота/ Мощност	Корекция насочен отклонител „А” спрямо f _{ИМП} [dB]	Корекция лентов филтър спрямо f _{ИМП} [dB]	Подтискане на „А1” ИМП	
							Измерена стойност [dB] + D _{л.ф.}	Реална стойност [dB] (6+7+8)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				f ₁ MHz/P kW				
				f ₂ MHz/PkW				
				f ₃ MHz/PkW				
				f ₁ MHz/P kW				
				f ₂ MHz/PkW				
				f ₃ MHz/PkW				
				f ₁ MHz/P kW				
				f ₂ MHz/PkW				
				f ₃ MHz/PkW				
				f ₁ MHz/P kW				
				f ₂ MHz/PkW				
				f ₃ MHz/PkW				

Забележка: При двусигнален продукт клетките се делят на два реда, а при трисигнален продукт на три реда (показаното на таблицата).

Всички измерени стойности се взимат с положителен знак когато се касае за затихване (подтискане) спрямо честотата на продукта, приета за опорна.

Фиг. 3

Забележка: Предварителната проверка по Раздел III т. 3.11, т. 3.12 и т. 3.13 може да се извърши в лабораторни условия преди измерването на обекта, в случай че има подготвени филтри за всяка изследвана честота и настройка на обекта не се налага.

Тези измервания не са необходими ако има фирмени спецификации, от които необходимите данни могат да бъдат отчетени.

Раздел VI

Термини, определения и абривиатури

По смисъла на тази Методика:

- „интермодуляционен продукт (ИМП)” е резултат от нелинейно взаимодействие на сигналите от два или три УКВ-ЧМ радиопредавателя;
- „А1” ИМП е продукт от тип „А1”, съгласно определението на ITU-R, т.е. продукт, получаван в резултат от взаимното проникване в изходите на предавателите на изходната мощност от други предаватели в условията на близко разположение на предавателите, който се излъчва в ефира от антените на радиопредавателите;
- „Динамика на измерването” е отношението между нивото на сигнала на интермодулиращ предавател и нивото на „А1” ИМП. За целите на настоящето измерване трябва да се осигури динамика по-голяма 100 dB;
- „Филтър-мултиплексер” е сумиращо устройство имащо n-входа (с лентово-пропускаща характеристика и най-много един честотно независим вход) и един общ изход. Към входовете се включват радиопредавателите, а изходът се свързва с антената. Филтър-мултиплексерите могат да бъдат два типа – „суматори с насочени филтри” и суматори тип „звезден център”. Суматорите с насочени филтри имат един широколентов вход, към който радиопредавател може да се включи само през допълнителен лентов филтър;
- E.R.P. – ефективна излъчена мощност;
- „Измервателна честотна лента” (Resolution Bandwidth – RBW) – честотната лента, в която спектралният анализатор измерва продуктите;
- RSSI – индикатор на напрегатостта на електромагнитното поле в приемник;
- $D_{л.ф}$ - затихване на лентовия филтър в лентата на пропускане;
- „Корекция” (корекционни коефициенти) – затихването в dB внасяно от лентовия филтър и насочения отклонител за сигналите с честота на изследваните предаватели спрямо честотата на изследвания продукт.

Раздел VII

Необходима измерителна апаратура и нестандартно оборудване:

7.1. Измерителна апаратура:

1. Спектроанализатор и трекинг генератор за честоти поне до 240 MHz;
2. Измерител на мощност за честоти поне до 240 MHz. (Максимална мощност според измервателната задача и метода на измерване); Точност до 3 %.
3. Селективен микроволтметър (вместо спектрален анализатор);
4. Анализатор на вериги (Network Analyzer) за честоти поне до 240 MHz;
5. Сигналгенератор за честоти поне до 240 MHz , изходно ниво 0 dBm (по точка 3.5) – 2 бр.;
6. Суматор пасивен широколентов – 2 входа - 1 изход / 0.5W (по точка 3. 5);
7. Насочен отклонител за права и обратна вълна – 50 Ω ; 87.5 - 128.5 MHz; 20 kW; коефициент на предаване – 40 dB, насоченост по-добра от 30 dB. (Само ако подлежи на измерване предавател с такава мощност);
8. Насочен отклонител за права и обратна вълна – 50 Ω ; 87.5 - 128.5 MHz; 3 kW; коефициент на предаване – 30 dB, насоченост по-добра от 30 dB. (Само ако подлежи на измерване предавател с такава мощност);
9. Насочен отклонител за права и обратна вълна – 50 Ω ; 87.5 - 128.5 MHz; 1 kW ; коефициент на предаване – 26 dB, насоченост по-добра от 30 dB;
10. Насочени отклонители 1, 2, 3 за права и обратна вълна – според мощността на предавателите; 50 Ω ; 87.5 - 128.5 MHz; коефициент на предаване – 26 dB, насоченост по-добра от 30 dB;
11. Атенюатори – 10dB, 20dB/2W; регулируем атенюатор 20dB/2W; KCB < 1.05 за честоти не по-малко от 128.5 MHz;
12. Еквивалентни товари 50 Ω /2 W; 50 Ω /10 W; KCB < 1.05 за честоти не по-малко от 128.5 MHz;
13. Еквивалентна антена 50 Ω със съответната мощност – 100W - 10 kW (при необходимост) KCB < 1.05 за честоти не по-малко от 128.5 MHz;

7.2. Нестандартно оборудване:

1. Селективен лентов филтър – пренастройваем от 87.5 - 108.0 MHz, за мощност 0.5 - 1,0 W по т. 3.12. – 1 бр.; двукръгов; критична връзка; Q >200; ширина на лента на пропускане на ниво -3

dB по-малка от 500 kHz; селективност по-добра от - 26 dB на отстояние +/- 2 MHz от носещата честота;

2. Лентови двукръгови филтъри за честоти 100 MHz и 105 MHz, с ширина на лента на пропускане на ниво -3 dB по-малка от 500 kHz, за мощност до 100 mW (по точка 3.5). Селективност по-добра от - 26 dB на отстояние +/- 2 MHz от носещата честота;

3. Комуникационен приемник – 108.0 - 128.5 MHz (при необходимост).

7.3. Забележки:

1. Броят на насочените отклонители, атенюатори и товари се определя от конкретната задача за измерване и трябва да се обсъди внимателно при планирането на работата. Мощността на насочените отклонители и еквивалентна антена е в зависимост от мощността на предавателите в измервания обект. Необходимостта от използване на еквивалентна антена се обсъжда при планиране на измерването.

2. Съгласно „Техническите изискванията за работа на електронните съобщителни мрежи от радиослужба радиоразпръскване и съоръженията, свързани с тях“ всички УКВ-ЧМ-станции следва да бъдат оборудвани с насочени отклонители и филтри/филтър-мултиплексори според фиг.1.