

КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА НА ЕМС И ЗАЩИТА ОТ СМУЩЕНИЯ НА ОСНОВНИ РАДИОСЛУЖБИ В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕПОРЪКТЕ НА ITU-R

Анушка Станчева

EMC ASSESSMENT CRITERIA AND INTERFERENCE PROTECTION FOR BASIC RADIO SERVICES IN ACCORDANCE WITH ITU-R RECOMMENDATIONS

Anushka Stancheva

Резюме: Ефектът от нежеланата енергия, дължаща се на едно или комбинация от няколко желани и нежелани излъчвания при приемане на сигнал в радиокомуникационна система има като резултат влошаване на работните характеристики, погрешно детектиране или загуба на информация. На входа на приемника могат да въздействат множество източници на смущения: служби от същия тип или други функциониращи в същата честотна лента, служби функциониращи в съседни честотни ленти, източници, генериращи постоянни смущения или смущения с прекъсвания, фиксирани или мобилни източници и др. За предотвратяване на подобни смущаващи ситуации ключов елемент е стандартизирането на подходящи критерии за електромагнитна съвместимост (ЕМС) и защита от смущения (Interference Protection Criteria - IPC). Целта на проучванията и анализите в тази статия е да се систематизират критериите за ЕМС за основни радиослужби, базирано на публикации на ITU-R. Сравнени са критериите за четири важни области в радиокомуникациите, обхващащи фиксирания, фиксирания спътникова, радиоразпръсквателната и мобилната радиослужби. Приноси са категоризацията на критериите в зависимост от типа на смущаващия сигнал и резултатите от анализите, които показват, че регулаторните изисквания и практическите способности за защита от смущения и осигуряване на ЕМС за различните радиослужби се различават, като подробни критерии за прогнозиране на вероятността за смущения са стандартизирани само за някои от радиослужбите.

Ключови думи: ЕМС, критерии за защита, смущения, радиослужби.

Abstract: The effect of unwanted energy due to one or a combination of several desired and unwanted emissions upon reception in a radio communication system results in performance degradation, misinterpretation or loss of information. Multiple sources of interference may affect the receiver input: services of the same type or other operating in the same frequency band, services operating in adjacent frequency bands, sources generating continuous or short term interferences, fixed or mobile sources, etc. To prevent such interfering situations, a key element is the standardization of appropriate criteria for electromagnetic compatibility (EMC) and interference protection (IPC). The purpose of the studies and analyzes in this article is to systematize the criteria for electromagnetic compatibility for basic radio services based on the Publications of ITU-R. Criteria for four important areas of radio communications covering fixed, fixed satellite, broadcasting and mobile radio services are compared. Contributions are the categorization of the criteria according to the type of interfering signal and the results of the analyses, which show that the regulatory requirements and practical methods for interference protection and EMC for different radio services differ. Detailed criteria for predicting the probability of interference being standardized only for some radio services.

Keywords: EMC, interference, interference protection criteria, radio services

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В наши дни, освен увеличеното търсене на честотен спектър се наблюдава и увеличена географска плътност на предавателни и приемни устройства, вследствие на което рисковете от възникване на смущения нарастват. Един от ключовите елементи за предотвратяване на смущаващите ситуации е стандартизирането на подходящи критерии за защита от смущения (IPС). Внедряването на всяка нова технология често изисква значително време за дефиниране и постигане на споразумение за подходящи IPС. [1]

Една от ключовите стъпки при всяко проучване за смущения, електромагнитна съвместимост или съвместно използване на спектъра е идентифициране на IPС, за да се определи необходимото географско или честотно отстояние или други ограничения при използване на честотния спектър. Сложността на този процес се увеличава от многобройните термини, използвани за дефиниране на смущенията. Например радиокомуникационният сектор на Международния съюз по телекомуникации (ITU-R) дефинира множество термини, като: смущение, допустимо смущение, приемливо смущение и вредно смущение. Разнообразните концепции за тези типове смущения могат да доведат до объркване, когато става въпрос за смущения между радиокомуникационни системи. Освен това, тъй като IPС зависят от техническите характеристики на смущаващата и на смущаваната системи, както и от тяхната работна електромагнитна обстановка (ЕМО), при въвеждането на нови технологии или услуги, трябва да се анализират множество ситуации. Критериите за оценка на електромагнитната съвместимост (ЕМС) за различните типове служби са подробно проучени и добре документирани в препоръките на ITU-R.

2. ФИКСИРАНА СЛУЖБА (FS)

Към Фиксираната служба спадат наземни радиосистеми за комуникации от точка до точка. Като примери за IPС ще бъдат анализирани някои Препоръки на ITU-R за цифрови микровълнови системи от точка до точка (DMS). IPС за този тип системи обикновено се дефинират чрез параметри характеризиращи цифровата грешка и наличност на системите като % от времето (оперативна готовност). От гледна точка на анализа за смущения най-важната препоръка е Rec. ITU-R F.1668-1 [2]. Това е единствената Препоръка, която дефинира параметрите на цифрова грешка за всички типове фиксирани радиосистеми. Това са: честота на грешните секунди (errored second ratio - ESR), честота на недопустимо грешни секунди (severely errored second ratio - SESR) и фонов блоков коефициент на цифрова грешка (VBER).

Табл. 1. Критерии за защита от грешки за действащи цифрови фиксирани безжични линии от национални междуселищни мрежи [2]

Цифрова скорост (Mbit/s)	Основна скорост	1,5 до 5	>5 до 15	>15 до 55	>55 до 160
ESR	0,04 A	0,04 A	0,05 A	0,075 A	0,16 A
SESR	0,002 A	0,002 A	0,002 A	0,002 A	0,002 A
VBER ⁽¹⁾	Не е приложимо	$2 A \times 10^{-4}$	$2 A \times 10^{-4}$	$2 A \times 10^{-4}$	$2 A \times 10^{-4}$

(1) Параметърът VBER е приложим само за трасето.

където:

$$(1) A = (A_I + 0,002) L_{\text{link}}/100 \quad \text{за } 50 \text{ km} \leq L_{\text{link}} \leq 100 \text{ km}$$

$$(2) A = A_I + 2 \times 10^{-5} L_{\text{link}} \quad \text{за } 100 \text{ km} < L_{\text{link}}$$

Договорените стойности за A_1 са в обхвата от 0,01 до 0,02 (1% до 2%).

DMS са проектирани така, че постигат доста ниски коефициенти на цифрова грешка с типични стойности за оперативна готовност по всеки участък на радиорелейното трасе 99.999% или по-висока. Като правило стойностите на IPC са разработени така, че да се ограничи влошаването на работните характеристики вследствие на смущаващи сигнали. В препоръките на ITU –R те са дефинирани като стойности на отношението смущение/шум (I/N) съответно за продължителни, краткотрайни и импулсни смущаващи сигнали. Например, допустимите нива на смущенията в приемниците на FS се дефинират в зависимост от източника на смущения. Ключовият документ на ITU-R, в който е дефинирано, че влошаването на характеристиките не трябва да превишава стойностите, описани в табл. 1 е Res. ITU-R F. 1094 [3]. Вземат се предвид следните категории източници на смущения:

- Излъчвания от фиксирани безжични системи, работещи в същата честотна лента;
- Излъчвания от други радиослужби, които използват същите честотни присвоявания на първична основа;
- Излъчвания от други радиослужби, които използват същите честотни присвоявания на вторична основа;
- Нежелани излъчвания (извънлентови и странични излъчвания) на радиосистеми, функциониращи в други честотни обхвати;
- Нежелани излъчвания от ултра широколентови системи.

3. ФИКСИРАНА СПЪТНИКОВА СЛУЖБА (FSS)

В спътниковите комуникации регулирането на смущенията е международна задача. Следователно процедурите за честотна координация, критериите EMC (за съвместно използване на спектъра и критериите за защита от смущения) са препоръчани от ITU –R, S-серия Препоръки. Спътниковите оператори, дадена администрация или цял ITU-R Регион могат да наложат по-строги IPC, за да се изпълнят техните изисквания за потискане на смущенията или тези за преизползване на честотите.

В табл. 2 са показани някои Препоръки на ITU-R и регламентираните с тях критерии за EMC, въз основа на които се решават въпросите за съвместно функциониране в общи честотни ленти на радиоелектронни средства с различни видове модуляции.

Таблица 2. Препоръки на ITU-R и критерии за EMC

Препоръка	Полезен сигнал	Съвместно работеща служба	Критерий за EMC	Условия за изпълнение
S.466-6 [4]	ЧМ аналогов многоканален телефонен канал с честотно разделяне	Други мрежи от FSS	Средно минутна мощност на смущението в телефонния канал 2500nW за не повече от 20% от месеца; смущението е от една мрежа с мощност 800nW	Координация на мрежите
S.522-5 [5]	PCM телефонен сигнал	Други мрежи от FSS	Допустимите стойности за BER в изхода на хипотетично еталонно цифрово трасе (HRDP) не трябва да превишават: <ul style="list-style-type: none"> • 10^{-6}, 10-минутна средна стойност за повече от 20% от месеца 	Координация на мрежите

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА НА ЕМС И ЗАЩИТА ОТ СМУЩЕНИЯ НА ОСНОВНИ РАДИОСЛУЖБИ
В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕПОРЪКИТЕ НА ITU-R**

Анушка Станчева)

Препоръка	Полезен сигнал	Съвместно работеща служба	Критерий за ЕМС	Условия за изпълнение
			<ul style="list-style-type: none"> • 10^{-4}, 1-минутна средна стойност за повече от 0,3% от месеца • 10^{-3}, 1-минутна средна стойност за повече от 0,05% от месеца 	
S.523-4 [6]	8PCM цифров сигнал	Други мрежи от FSS	25% от пълната мощност на шума на входа на демодулатора, при която BER = 10^{-6} ; смущението е от една мрежа, 6% от пълната мощност на шума	Координация на мрежите
S.483-3 [7]	Аналогов телевизионен сигнал с ЧМ носещ сигнал.	Други мрежи от FSS	10% допустима мощност на шума във видеоканала за не повече от 1% от месеца; в случай на смущения от една мрежа - 4% допустима мощност на шума.	Координация на мрежите
S. 614-4 [8]	64 kbit/s ISDN	Цифрови комуникационни спътникови системи	BER в изхода (т.е. от двете страни на двупосочна връзка) на спътниково хипотетично еталонно цифрово трасе (HRDP) функциониращо под 15 GHz и формиращо част от 64 kbit/s ISDN свързаност не трябва да надвишава следните стойности: <ul style="list-style-type: none"> • 1×10^{-7} за повече от 10% за всеки месец, • 1×10^{-6} за повече от 2% за всеки месец, • 1×10^{-3} за повече от 0,03% за всеки месец 	Координация на мрежите

По отношение на последния критерий, посочен в табл.2 (Препоръка S. 614-4) трябва да се има предвид, че стойността 0,03% за всеки месец се отнася за измерения BER по времето на наличност на системата. Тази цел може да бъде постигната например чрез проектиране на спътниковата система за неналичност от 0,2% в най-лошия месец (общо време).

Освен това е необходимо да се включи толеранс за приноса към онези недопустимо грешни секунди, които настъпват, когато BER е по-добър от 10^{-3} . Например 0,01% за този толеранс за най-лошия месец, като общата цел е изпълнение на изискването за 0,03% от времето на наличност за най-лошия месец.

4. НАЗЕМНА РАДИОРАЗПРЪСКВАТЕЛНА СЛУЖБА (BS)

Към наземната радиоразпръсквателна служба спадат станциите за радио и/или телевизионно излъчване за директно приемане от широката публика. С малки изключения, наличните IPC стойности за BS са ограничени до отчитане на смущаващи сигнали от една и съща радиослужба. IPC за BS обикновено са посочени като стойности на отношението носещ сигнал/смущение (C/I).

Критериите за защита от смущения (при непрекъснати и тропосферни смущаващи сигнали) за телевизионно разпръскване са стандартизирани в Препоръка на ITU – R BT 1368 [9]. Непрекъснатите смущаващи сигнали се определят като продължителни смущаващи сигнали, допустимите нива за които са превишени за 50% или повече от времето и обикновено служат като база за определяне на критериите за защита. Тропосферните смущаващи сигнали се определят като краткотрайни смущаващи сигнали, допустимите нива за които са превишени за не повече от 1 до 10 % от времето. Във всички случаи IRC за краткотрайни тропосферни смущения позволяват по-ниски отношения C/I, отколкото тези за непрекъснати смущаващи сигнали.

Критериите за защита от смущения за наземно УКВ звуково радиоразпръскване с честотна модулация са стандартизирани в Препоръка на ITU-R BS.412 [10]. Дефинирани са критерии за защита на монофонични и на стереофонични полезни сигнали от непрекъснати и тропосферни смущаващи сигнали. Към източниците на смущаващи сигнали не спадат радиоразпръсквателни станции за УКВ ЧМ радиоразпръскване.

Защитните отношения при постоянни смущения осигуряват приблизително 50 dB отношение сигнал/шум. Защитните отношения за тропосферни смущения съответстват на едва забележимо влошаване на качеството на функциониране и това влошаване се разглежда като приемливо, ако смущението се проявява за малък процент от времето, който не е точно дефиниран, но обикновено се определя между 1 % и 10 %. Както се очаква, IRC, показани в табл. 5 намаляват с увеличаване на честотното отстояние между носещите честоти на желаните и на смущаващия сигнал, с изключение на случая на стереофонично излъчване, където IRC първоначално нарастват и след това намаляват при честотни отстояния по-големи от 50 kHz.

Таблица 3. Препоръки на ITU-R и критерии за EMC

Препоръка	Полезен сигнал	Съвместно работеща служба	Критерий за EMC	Условия за изпълнение
BT. 1368 [11]	DVB-T цифрова наземна телевизия	Същата служба (DVB-T сигнал)	Защитно отношение по съвместим канал [dB] съгласно табл. 4	Честотно-териториално планиране на мрежата
BS. 412 [10]	УКВ ЧМ, монофонично или стереофонично излъчване	Други служби	Защитно отношение [dB], съгласно табл. 5	Честотно-териториално планиране на мрежата

Таблица 4. ITU-R BT. 1368: Защитни отношения по съвместим канал [dB] за DVB-T сигнал, смущаван от DVB-T сигнал

Модулация	Код	Гаусов канал	Рицев канал	Релеев канал
QPSK	1/2	5	6	8
QPSK	2/3	7	8	11
16-QAM	1/2	10	11	13
16-QAM	2/3	13	14	16
16-QAM	3/4	14	15	18

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА НА ЕМС И ЗАЩИТА ОТ СМУЩЕНИЯ НА ОСНОВНИ РАДИОСЛУЖБИ
В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕПОРЪКИТЕ НА ITU-R**

Анушка Станчева)

64-QAM	1/2	16	17	19
64-QAM	2/3	19	20	23
64-QAM	3/4	20	21	25

Таблица 5. ITU-R BS. 412: Радиочестотни защитни отношения (dB), при използване на максимална честотна девиация ± 75 kHz

Отстояние между носещите честоти (kHz)	Монофонично излъчване		Стерефонично излъчване	
	Постоянно смущение	Тропосферно смущение	Постоянно смущение	Тропосферно смущение
0	36,0	28,0	45,0	37,0
25	31,0	27,0	51,0	43,0
50	24,0	22,0	51,0	43,0
75	16,0	16,0	45,0	37,0
100	12,0	12,0	33,0	25,0
125	9,5	9,5	24,5	18,0
150	8,0	8,0	18,0	14,0
175	7,0	7,0	11,0	10,0
200	6,0	6,0	7,0	7,0
225	4,5	4,5	4,5	4,5
250	2,0	2,0	2,0	2,0
275	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
300	-7,0	-7,0	-7,0	-7,0
325	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5
350	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0
375	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5
400	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0

5.МОБИЛНА СЛУЖБА (MS)

За осигуряване на електромагнитната съвместимост и оценка на смущенията на станциите в мрежите от мобилната служба могат да се използват различни критерии, например, C/I , $C/(N + I)$, $(N + I)/N$ или I/N .

Критерият за защита, който се използва в проучванията за съвместно използване на спектъра и съвместимост между IMT-Advanced и IMT-2020 и други системи и служби, независимо от броя на клетките и независимо от броя на източниците на смущения е отношение $I/N =$ минус 6 dB [12]. Този критерий се прилага за смущения от един източник или за агрегирани смущения от множество източници. Един и същ критерий за защита трябва да се използва както за анализи на смущения по съвместим канал, така и за смущения в съседни честотни ленти.

За оценка на смущенията в LTE мрежи от други служби функциониращи в обхват 700 MHz, критерият, който се препоръчва е също $I/N =$ минус 6 dB.

В препоръките на ITU – R [13] са публикувани резултати от проучвания на възможностите за разгръщане на IMT – Advanced системи в честотни ленти 3400 – 4200 MHz и 4500 – 4800 MHz, които се използват от Фиксираната спътникова служба (FSS).

За да се осигури защита на приемните земни станции на FSS се изисква пространствено отстояние от станциите на мобилната наземна мрежа. Големината на това отстояние зависи от параметрите на мрежите и начина на разгръщането им. За целта са стандартизирани критерии за защита от краткотрайни и от продължителни смущения.

За оценка на смущенията, генерирани от IMT Advanced във FSS се препоръчват следните критерии:

- Критерий за защита от продължителни смущения – базирано на Препоръка ITU-R S.1432:
 - в работната честотна лента: I/N = минус 12,2 dB ($\Delta T/T = 6\%$), съответстващо на общите смущения от други системи с честотни разпределения на първична основа за 100% от най-лошия месец или I/N = минус 10 dB ($\Delta T/T = 10\%$), за 20% от всеки месец;
 - в съседни честотни ленти: I/N = минус 20 dB ($\Delta T/T = 1\%$), съответстващо на общите смущения от всички останали източници на смущения за 100% от времето.
 Параметърът N е шумът на спътниковата система при ясно небе, съгласно Препоръка на ITU –R 1432.
- Критерий за защита от краткотрайни смущения - този критерий е регламентиран с Препоръка на ITU-R SF.1006 и Приложение 7 на Апендикс 7 на PP – I/N = минус 1,3 dB, което може да бъде превишено за не повече от 0,001667% от времето (при смущения от един източник).
В таблица 6 са дадени специфицирани от ITU-R [12] параметри на базови станции в IMT –Advanced мрежи, които трябва да се използват при анализи за съвместимост с мрежи от FSS.

Таблица 6. Параметри на IMT-Advanced базова станция

Параметър	Стойност	Стойност, която трябва да се използва при симулационни сценарии
EIRP плътност: макро базова станция, ширина на честотната лента 1 MHz	39 до 46 dBm/MHz	46 dBm/MHz
EIRP плътност: микро базова станция, ширина на честотната лента 1 MHz	15 до 22 dBm/MHz	22 dBm/MHz
Максимална EIRP ⁽¹⁾ (Изходна мощност на предавателя + усилване на антената – загубите във фидера)	59 dBm (макро базова станция) 35 dBm (микро базова станция)	
Тип на антената (Tx/Rx) (приема се, че усилването в един сектор е постоянно)	Секторизирана антена за макро клетка и ненасочена антена за микро клетка	
Термичен шум на приемника (включително коефициента на шум)	-109 dBm/MHz	
Критерий за защита (I/N) (смущаване на отделна базова станция)	-6 dB или -10 dB⁽²⁾	
Критерий за защита (I/N) спрямо спътникови системи	-10 dB	

⁽¹⁾ обхватът на EIRP се отнася за ширина на честотната лента между 20 и 100 MHz.

КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА НА ЕМС И ЗАЩИТА ОТ СМУЩЕНИЯ НА ОСНОВНИ РАДИОСЛУЖБИ В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕПОРЪКИТЕ НА ITU-R

Анушка Станчева)

- (2) Тези стойности трябва да се използват когато се оценява съвместимостта между системи използващи спектъра на вторична основа и системи, използващи същия спектър на първична основа (например между UWB и IMT-Advanced).

Критерият за защита на IMT – Advanced мобилни станции е $I/N = \text{минус } 6 \text{ dB}$.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имайки предвид, че една от основните цели при управлението на спектъра е да се планира, разпредели и назначи спектър по начин, който предотвратява възникването на недопустими взаимни смущения в статията е направен анализ на важни публикации на ITU-R с цел компилиране и систематизиране на информацията за критериите за ЕМС на основни радиослужби.

Обща особеност е, че за непрекъснатите продължителни смущаващи сигнали, почти всички препоръчвани РС се базират на стойност на отношението смущение/шум от минус 6 до минус 10 dB.

За много от разглежданите радиослужби не бяха открити препоръки за критерии за ЕМС и РС, в случай на краткотрайни смущаващи сигнали с високи нива, проявяващи се за малък процент от времето или в определени местоположения.

За импулсни или периодични смущаващи сигнали за много от радиослужбите няма специфицирани РС или наличните такива варират в зависимост от специфичните типове приети полезни и смущаващи сигнали.

Регулаторните изисквания и практическите способности за защита от смущения и осигуряване на ЕМС за различните радиослужби се различават, като за някои от радиослужбите са стандартизирани подробни критерии за прогнозиране на вероятността за смущения.

ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ (REFERENCES):

- [1] PAUL, Alakananda. Interference protection criteria, Phase 1 - Compilation from Existing Sources, NTIA Report 05-432. U.S. *National Telecommunications and Information Administration* [online]. 2005 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ipc_phase_1_report.pdf
- [2] Recommendation ITU-R F.1668-1, Error performance objectives for real digital fixed wireless links used in 27 500 km hypothetical reference paths and connections. *International Telecommunication Union* [online]. 2004 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1668-0-200401-S!!PDF-E.pdf
- [3] Recommendation ITU-R F.1094-2, Maximum allowable error performance and availability degradations to digital fixed wireless systems arising from radio interference from emissions and radiations from other sources. *International Telecommunication Union* [online]. 2007 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1094-2-200709-I!!PDF-E.pdf
- [4] Recommendation ITU-R S.466-6, Maximum permissible level of interference in a telephone channel of a geostationary-satellite network in the fixed-satellite service employing frequency modulation with frequency-division multiplex, caused by other networks of this service. *International Telecommunication Union* [online]. 1992 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.466-6-199203-I!!PDF-E.pdf
- [5] Recommendation ITU-R S.522-5, Allowable bit error ratios at the output of the hypothetical reference digital path for systems in the fixed-satellite service using pulse-code modulation for telephony. *International Telecommunication Union* [online]. 1994 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.522-5-199409-I!!PDF-E.pdf
- [6] Recommendation ITU-R S.523-4, Maximum permissible levels of interference in a geostationary-satellite network in the fixed-satellite service using 8-bit PCM encoded telephony, caused by other networks of this service. *International Telecommunication Union* [online]. 1992 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.523-4-199203-I!!PDF-E.pdf
- [7] Recommendation ITU-R S.483-3, Maximum permissible level of interference in a television channel of a geostationary-satellite network in the fixed-satellite service employing frequency modulation, caused by other networks of this service. *International Telecommunication Union* [online]. 1997 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.483-3-199705-I!!PDF-E.pdf

- [8] Recommendation ITU-R S.614-4, Allowable error performance for a satellite hypothetical reference digital path in the fixed-satellite service operating below 15 GHz when forming part of an international connection in an integrated services digital network. *International Telecommunication Union* [online]. 2005 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.614-4-200502-I!!PDF-E.pdf
- [9] Recommendation ITU-R BT.1368-13, Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands. *International Telecommunication Union* [online]. 2017 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1368-13-201706-I!!PDF-E.pdf
- [10] Recommendation ITU-R BS.412-9, Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF. *International Telecommunication Union* [online]. 1998 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.412-9-199812-I!!PDF-E.pdf
- [11] Recommendation ITU-R BT.1368-13, Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands. *International Telecommunication Union* [online]. 2017 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1368-13-201706-I!!PDF-E.pdf
- [12] Report ITU-R M.2292-0, Characteristics of terrestrial IMT-Advanced systems for frequency sharing/interference analyses. *International Telecommunication Union* [online]. 2013 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2292-2014-PDF-E.pdf
- [13] Report ITU-R M.2109, Sharing studies between IMT Advanced systems and geostationary satellite networks in the fixed-satellite service in the 3 400-4 200 and 4 500-4 800 MHz frequency bands. *International Telecommunication Union* [online]. 2007 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2012/SNMC20/docs/WP06A_AppA.pdf
- [14] PAUL, Alakananda. Interference protection criteria, Phase 1 - Compilation from Existing Sources, NTIA Report 05-432. U.S. *National Telecommunications and Information Administration* [online]. 2005 [viewed 03 June 2021]. Available from: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ipc_phase_1_report.pdf

Информация за автора:

доц. д-р инж. Анушка Станчева, Департамент "Телекомуникации" НБУ, София, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: astancheva@nbu.bg

Contacts:

Assoc. Prof. Anushka Stancheva, PhD, New Bulgarian university, Department Telecommunications, Sofia, 21 Montevideo St., tel.: 359 2 8110609; e-mail: astancheva@nbu.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 05.12.2019

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 05.03.2020