

УПУТСТВО О МЕРЕЊИМА ТЕХНИЧКИХ И ДРУГИХ ПАРАМЕТАРА РАДИО-РЕЛЕЈНИХ УРЕЂАЈА СА АНАЛОГНОМ И ДИГИТАЛНОМ МОДУЛАЦИЈОМ

Процедуре мерења и провере услова за радио-релејне уређаје.

Норме које треба да буду задовољене.

Верзија 2.0



Садржај

I Увод	5
1. Намена документа	5
2. Примењене јединице, ознаке и скраћенице.....	5
3. Опште дефиниције и примењени изрази	6
4. Фреквенцијски опсези намењени за рад радио-релејних система	11
II Технички преглед	14
1. Сврха.....	14
2. Списак величина које се мере и услова који се проверавају	14
3. Мерни инструменти и опрема који се користе у поступку техничког прегледа	15
4. Процедуре мерења	16
4.1 Предајна фреквенција	16
4.2 Пријемна фреквенција.....	18
4.3 Фреквенције и нивои нежељених зрачења	18
4.4 Ширина опсега заузета емисијом.....	20
4.5 Излазна РФ снага предајника.....	22
4.6 Висина центра антене изнад тла.....	23
4.7 Азимут максималног зрачења антене.....	24
4.8 Поларизација антене	25
4.9 Географске координате радио-станице	26
4.10 Фреквенције и нивои ИМ производа	26
5. Процедуре провере услова и података из Дозволе за коришћење фреквенција	28
5.1 Назив уже локације радио-станице.....	28
5.2 Врста емисије.....	28
5.3 Добитак антенског система	28
5.4 Еквивалентно изотропна израчена снага предајника	29
5.5 Конфигурација антенског система	29
5.6 Угао ширине главног снопа антене.....	29
5.7 Однос напред-назад антене.....	30
5.8 Елевациони угао главног снопа антене.....	30
5.9 Произвођач, тип уређаја и серијски број	30

5.10 Изглед радио-релејног уређаја.....	31
5.11 Уземљење	31
5.12 Надморска висина локације.....	31
6. Презентација резултата, извештај о техничком прегледу.....	32

I Увод

1. Намена документа

Намена овог документа је утврђивање техничких норми, метода мерења и типова мерних уређаја који се користе у поступку техничког прегледа, као и њихових техничких параметара. Документом се дефинише начин презентовања резултата и критеријуми за оцену стварног стања радио-станице за коју се врши технички преглед или се контролише из других разлога предвиђених законом.

Предмет техничког прегледа је радио-станција, са својим функционалним деловима који утичу на карактеристике наведене у Дозволи за коришћење фреквенција. Појам радио-станице у овом случају обухвата радио-релејни уређај (предајник и пријемник код једносмерних радио-релејних система, односно примопредајник код двосмерних система), антену и спољашњи антенски кабл (уколико се користи).

Овим прописом су обухваћени аналогни и дигитални радио-релејни системи који раде у фреквенцијском опсегу 370MHz-40GHz. Имајући у виду велику разноврсност у конструкцији радио-релејних уређаја за различите фреквенцијске опсеге и намене (просторни распоред компонената радио-станице, врста и тип модулације, излазна РФ снага, тип антене итд.), у поступку вршења техничког прегледа се примењују различите методе, што је описано у даљем тексту.

Резултати извршених мерења и провере задатих услова уносе се у Извештај о техничком прегледу радио-станице, у форми која је дефинисана у посебном поглављу овог документа.

2. Примењене јединице, ознаке и скраћенице

Примењене јединице:

- ppm – "parts-per-million", 1×10^{-6} ;
- Hz – Херц;
- kHz – килоХерц;
- MHz – мегаХерц;
- GHz – гигаХерц;
- ° - степен (јединица за угао);
- °C – степен Целзијуса;
- V – Волт;
- W – Ват;
- mW – милиВат;
- dB – децибел;
- dBm – децибела у односу на 1mW;
- dBi - децибела у односу на изотропну антену;
- dBc - децибела у односу на снагу немодулисаног носиоца;
- m – метар;
- km – километар;

- Мр – мегапиксел;
- Mbit/s – мегабита у секунди;
- V/m – Волт по метру;
- mV/m – милиВолт по метру;
- W/m² – Ват по метру квадратном;
- dBμV - децибела у односу на микроволт;
- dBμV/m – децибела у односу на микроволт по метру;
- dB1/m – децибела по метру.

Примењене ознаке и скраћенице:

- РФ – радио-фреквенцијски;
- STM-1 – Synchronous Transport Module – level 1 (155Mbit/s);
- РРУ – радио-релејни уређај;
- МФ – међуфреквенција;
- НФ – ниско-фреквенцијски (аудио-фреквенцијски);
- ИМ – интермодулација;
- BW – "bandwidth"; ширина опсега;
- RBW – "resolution bandwidth"; ширина МФ филтра мерног инструмента;
- VBW – "video bandwidth"; ширина видео филтра мерног инструмента;
- GPS – "Global Positioning System"; сателитски навигациони систем;
- λ - таласна дужина;
- E – интензитет електричног поља;
- V – напон;
- P – снага (предајника);
- G_A – добитак антене;
- G_p – појачање претпојачавача;
- AF – фактор антене;
- Ак – слабљење антенског кабла;
- WGS-84 ECEF- "World Geodetic System 1984, Earth-Centered Earth-Fixed".

3. Опште дефиниције и примењени изрази

У циљу што лакшег праћења и разумевања изложеног кроз мерне методе и поступке, наведене су неке важније дефиниције и примењени изрази:

3.1.- *Радио-релејни систем* је систем за пренос радио-сигнала у конфигурацији тачка-тачка, са или без присуства једне или више међу-станица.

3.2.- *Стандардни атмосферски услови* при мерењу су:

- температура средине у којој се мери између +15⁰С и +35⁰С;
- релативна влажност ваздуха између 20% и 75%;
- атмосферски притисак између 860mbar и 1060mbar.

3.3.- *Стандардни напон напајања* радио-предајника је:

- из градске мреже напона 3x400/230V, +10% и -15% и фреквенције 50Hz, ± 2%;

- из акумулаторске батерије номиналног напона акумулатора 6V, 12V, 24V, .. увећан за фактор 1,1 пута.

3.4.- *Радни фреквенцијски опсег* радио-предајника је опсег у оквиру кога радио-предајник може бити подешен за нормалан рад.

3.5.- *Канални размак* је разлика између централних фреквенција два суседна радио-канала.

3.6.- *Излазна снага предајника радио-уређаја* је средња вредност снаге радио-предајника у стандардним условима испитивања, у одсуству модулације, која се преноси на стандардно радио-фреквенцијско оптерећење или антенски вод у току једне периоде радио- фреквенцијског сигнала.

3.7.- *Номинална фреквенција* је фреквенција одређена Дозволом за коришћење фреквенција.

3.8.- *Радна фреквенција* је фреквенција носиоца предајника радио-уређаја у одсуству модулације.

3.9.- *Опсег фреквенција заузет емисијом* је онај у коме се израчи 99% укупне средње снаге предајника.

3.10.- *Снага нежељеног зрачења* сигнала на антенском прикључку радио-предајника је средња снага сигнала на фреквенцијама изван ширине опсега емисије прописане Дозволом за коришћење фреквенција.

3.11.- *Антена* је функционални део радио-станице који се користи за предају или пријем радиоталаса, а може да укључује ма које склопове за прилагођење.

3.12.- *Поларизација антене* је карактеристика антене која је одређена оријентацијом вектора електричног поља зраченог радио таласа у односу на површину земље.

3.13.- *Усмерена антена* је антена чији дијаграм зрачења у хоризонталној равни није кружни, односно зрачење електромагнетног таласа у појединим правцима се разликује.

3.14.- *Главни лист антене* је сноп зрачења који садржи смер максималног добитка.

3.15.- *Споредни лист антене* је ма који лист зрачења који није главни лист.

3.16.- *Надморска или апсолутна висина* је вертикално растојање између неке тачке на физичкој површини земље и нивоа мора изражене у метрима.

3.17.- *Висина центра антене изнад терена* је висинска разлика апсолутних висина центра антене на антенском стубу (носачу) и тачке на којој је постављен антенски стуб (носач) изражена у метрима.

3.18.- *Елевациони угао* антене је угао између смера максималног добитка и хоризонталне равни.

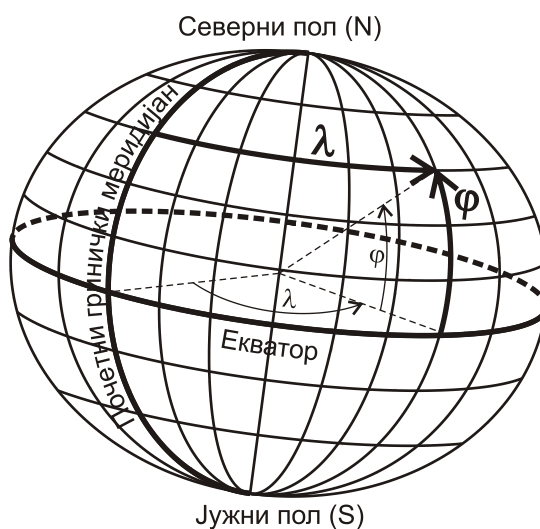
3.19.- *Азимут максималног зрачења* је угао од правца географског севера до правца максималног зрачења антене у смеру кретања казаљке на сату.

3.20.- *Географске координате* (слика 1); меридијани и паралеле на елипсоиду образују географску координатну мрежу. Раван екватора и раван меридијана који пролази кроз Гринич формирају, на

елипсоиду, географски координатни систем. У њему је положај сваке тачке на површини елипсоида одређен географским координатама: географском ширином (φ) и географском дужином (λ).

3.21.- *Географска ширина* је лучно растојање неке тачке од екватора, мерено по меридијану те тачке, односно то је угао који заклапа нормала тачке на површини елипсоида са равни екватора. Географска ширина може имати вредност од 0° на екватору, до 90° на северном односно јужном полу, па се зато назива северна односно јужна географска ширина (слика 1).

3.22.- *Географска дужина* је лучно растојање неке тачке на површини земљиног елипсоида, од Гриничког меридијана, мерено по паралели те тачке, односно то је угао који образује раван почетног гриничког меридијана са равни меридијана те тачке. Географска дужина може да има вредност од 0° на гриничком меридијану, до 180° источно или западно од тог меридијана па се зато назива западна односно источна географска дужина (види слику 1).



Слика 1- Географска координатна мрежа на земљиним елипсоиду

3.23.- *Земљин елипсоид* је математички модел земље приказан елипсоидом чије димензије се сматрају димензијама земље, а његова површина математичком површином земље на нивоу мора на коју се ортогонално пројектују све тачке са физичке површине земље.

3.24.- *Географски азимут* је хоризонтални угао између правца географског меридијана и правца циљног места на географској карти.

3.25.- *Магнетски азимут* је хоризонтални угао између правца магнетног севера и правца циљног места на земљишту у природи.

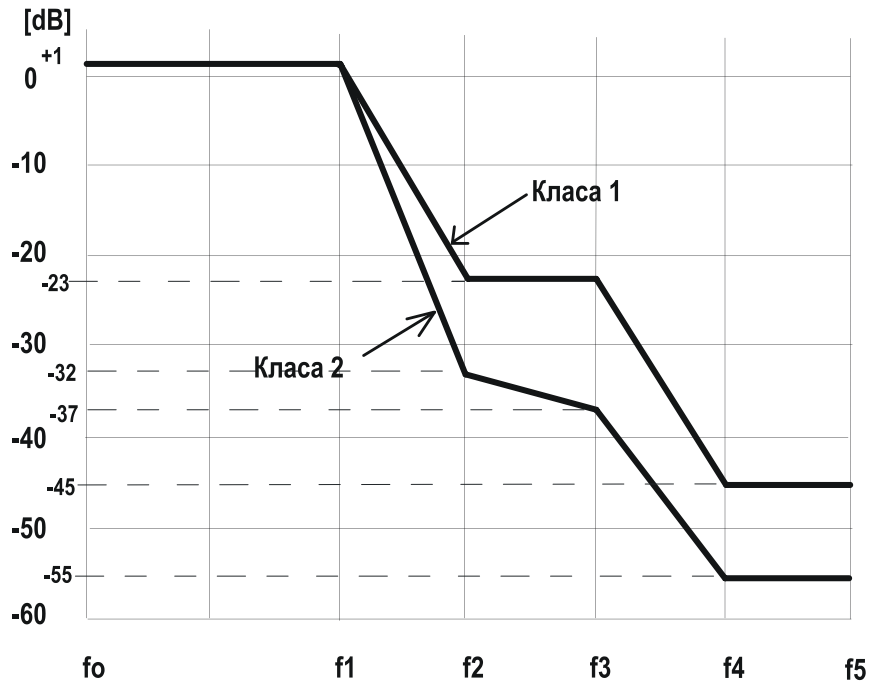
3.26.- *Маска спектра РФ сигнала* зависи од ширине опсега заузетог емисијом, односно капацитета радио-релејног система и у себи садржи дозвољене маргине услед одступања фреквенције носиоца. Маске спектра за различите типове дигиталних радио-релејних уређаја дате су у одговарајућим стандардима.

На слици 2. дат је пример изгледа маске РФ спектра за дигиталне радио-релејне уређаје малих и средњих капацитета који раде у фреквенцијским опсезима 13, 15 и 18GHz. У табели 1. дате су вредности мерних параметара анализатора спектра за различите системске каналне размаке у овим опсезима.

Табела 1.

Канални размак (MHz)	1.75	3.5	7	14 (13.75)	28 (27.5)
Централна фреквенција	номинална	номинална	номинална	номинална	номинална
Мерни опсег – "frequency span" (MHz)	10	20	40	80	160
Време сканирања	аутоматски	аутоматски	аутоматски	аутоматски	аутоматски
Ширина МФ филтра – "RBW" (kHz)	30	30	30	30	100
Ширина видео филтра – "VBW" (kHz)	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3

* - вредности у заградама се односе на фреквенцијски опсег 18GHz



Слика 2- Дозвољене границе спектралне густине снаге

У табели 2. дате су вредности референтних фреквенција маске РФ спектра у зависности од класе спектралне ефикасности радио-уређаја и системског каналног размака у наведеним фреквенцијским опсезима.

Табела 2.

Класа спектралне ефикасности	Капацитет (Mbit/s)	Канални размак (MHz)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	f_5 (MHz)
1	2	1.75	0.7	1.4	1.75	3.5	4.375
	2 x 2	3.5	1.4	2.8	3.5	7	8.75
	8	7	2.7	5.6	6.5	13	17.5
	2 x 8	14 (13.75)	5.4	11.2	13	26	36
	34	28 (27.5)	11	19	25	45	70
2	2 x 2	1.75	0.7	1.4	1.75	3.5	4.375
	8	3.5	1.4	2.8	3.5	7	8.75
	2 x 8	7	2.8	5.6	7	14	17.5
	34	14 (13.75)	5.6	11.2	14	28	35
	2 x 34	28 (27.5)	11.2	22.4	28	56	70

* - вредности у заградама се односе на фреквенцијски опсег 18GHz.

3.27- Нежељена зрачења се састоје од споредних емисија и емисија ван опсега. Граница између ова два региона зависи од врсте емисије. Оквирно се усваја да је регион у коме се јављају емисије ван опсега $\pm 2,5 \times BW$, где је BW опсег фреквенција неопходан за пренос информације, док се зрачења које се јављају ван овог региона третирају као споредне емисије. Имајући у виду да ниво емисија ван опсега директно зависи од ширине опсега заузетог емисијом и тзв. уграђених карактеристика радиорелејног уређаја, мерење овог типа нежељених зрачења врши се само изузетно, када је потребно предузети посебне мере којима се смањује опсег потребан за пренос, а у циљу сузбијања интерференције између суседних канала.

3.28 - Алгоритам за одређивање укупне снаге, ширине емисије и централне фреквенције емисије на анализатору спектра базира се на основу дефиниција укупне снаге сигнала у задатом опсегу, ширине емисије у којој се налази одређени проценат снаге сигнала и централне фреквенције емисије. Након читавања одмерака спектра са анализатора спектра помоћу рачунара, подаци се смештају у вектор $P(i)[dBm]$, $i=1,2...N$, где је N број тачака спектра (бинова) које садржи меморија анализатора. Вредност N обично износи 1001, 701 или 501. $SPAN$ представља опсег фреквенција на анализатору у коме се сигнал посматра и има вредност $SPAN=(F_{STOP}-F_{START})$. ENB (equivalent noise bandwidth) представља еквивалентну ширину употребљеног IF филтра (RBW) анализатора спектра. У зависности од употребљеног IF филтра, однос $ENB/RBW(-3dB)$ типичних анализатора спектра је:

Тип IF филтра	Типа анализатора спектра	ENB/RBW(-3dB)
4-пола синхрони	Аналогни	1.128 (0.52dB)
5-полова синхрони	Аналогни	1.111 (0.46dB)
FFT	Дигитални(FFT)	1.056 (0.24dB)

Укупна снага $P_{TOT}[mW]$ једнака је:

$$P_{TOT}[mW] = \frac{1}{ENB} * \frac{SPAN}{N} * \sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{P(i)}{10}} \right)$$

$$p_{TOT}[dBm] = 10 * \log_{10} \left\{ \frac{1}{ENB} * \frac{SPAN}{N} * \sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{P(i)}{10}} \right) \right\}$$

Снага у каналу $P_{CH}[mW]$, ширине BW_{CH} , једнака је:

$$P_{CH}[mW] = \frac{1}{ENB} * \frac{BW_{CH}}{(X_2 - X_1) + 1} * \sum_{i=X_1}^{X_2} \left(10^{\frac{P(i)}{10}} \right)$$

$$p_{CH}[dBm] = 10 * \log_{10} \left\{ \frac{1}{ENB} * \frac{BW_{CH}}{(X_2 - X_1) + 1} * \sum_{i=X_1}^{X_2} \left(10^{\frac{P(i)}{10}} \right) \right\}$$

где су X_1 и X_2 индекси који одговарају траженој ширини канала $BW_{CH}=(X_2-X_1)*SPAN/(N-1)$.

Ширина емисије у којој је садржано 99% снаге сигнала, $BW_{99\%}$ дефинисана је на основу индекса Y_2 и Y_1 који се одређују на основу следећих услова:

$$\frac{\sum_{i=1}^{Y_1} \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right)}{\sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right)} = 0.005$$

$$\frac{\sum_{i=Y_2}^N \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right)}{\sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right)} = 0.005$$

Вредност $BW_{99\%}$ израчунава се на основу једнакости:

$$BW_{99\%} = (Y_2 - Y_1) * \frac{SPAN}{(N - 1)}$$

Централна фреквенција емисије, f_c , одређује се на основу припадајућег индекса i_c , чија вредност се налази на основу следеће једнакости:

$$i_c = \text{round} \left\{ \frac{\sum_{i=Y_1}^{Y_2} \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right) * i}{\sum_{i=Y_1}^{Y_2} \left(10^{\frac{P(i)}{10}}\right)} \right\}$$

где је функција $\text{round}(x)$ најближи цео број од x .

Вредност централне фреквенције емисије, f_c , израчунава се на основу једнакости:

$$f_c = F_{START} + (i_c - 1) * \frac{SPAN}{(N - 1)}$$

Изложени алгоритам се може прилагодити конкретном моделу анализатора спектра.

4. Фреквенцијски опсежи намењени за рад радио-релејних система

Према Плану намене радио-фреквенцијских опсега, за рад радио-релејних система предвиђени су следећи опсежи фреквенција:

4.1 Опсег 1525-1535MHz садржи 20 једносмерних радио-канала за аналогне и дигиталне радио-релејне системе малих капацитета са каналним размаком од 0.5MHz и намењен је за једносмерни пренос радијског модулационог сигнала од студија до предајника.

4.2 Опсег 3800-4200MHz садржи 6 двосмерних радио-канала за аналогне и дигиталне радио-релејне системе средњих и великих капацитета са каналним размаком од 29MHz и размаком предаја/пријем од 213MHz.

4.3 Опсег 5925-6425MHz садржи 8 двосмерних радио-канала за дигиталне радио-релејне системе великих капацитета са каналним размаком од 29.65MHz и размаком предаја/пријем од 252.04MHz.

4.4 Опсег 6425-7125MHz садржи 8 двосмерних радио-канала за дигиталне радио-релејне системе великих капацитета са каналним размаком 40MHz и размаком предаја/пријем од 340MHz.

4.5 Опсег 7125-7425MHz садржи двосмерне радио-канале са каналним размаком од 7MHz, 14MHz и 28MHz и размаком предаја/пријем од 161MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета.

4.6 Опсег 7425-7725MHz садржи 20 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 7MHz и размаком предаја/пријем од 161MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета.

4.7 Опсег 7725-8275MHz садржи 8 двосмерних радио-канала за аналогне и дигиталне радио-релејне системе великих капацитета са каналним размаком од 29.65MHz и размаком предаја/пријем од 311.32MHz.

4.8 Опсег 8275-8500MHz садржи 6 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 14MHz и размаком предаја/пријем од 119MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе средњих и великих капацитета.

4.9 Опсег 10.30-10.45/10.50-10.68GHz садржи 14 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 10MHz и размаком предаја/пријем од 230MHz.

4.10 Опсеци 10.30-10.45/10.50-10.68GHz и 21.2-21.4/22.6-23GHz могу се такође користити за фиксне и мобилне везе за једносмерни пренос радио и ТВ модулационог сигнала од студија до предајника.

4.11 Опсег 10.7-11.7GHz садржи 12 двосмерних радио-канала за аналогне и дигиталне радио-релејне системе великих капацитета са каналним размаком од 40MHz и размаком предаја/пријем од 530MHz.

4.12 Опсег 12.75-13.25GHz садржи 8 двосмерних радио-канала за аналогне и дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 266MHz. Поделом првог канала добија се 4 главна и 4 уметнута подканала са каналним размаком од 7MHz који су намењени радио-релејним системима малих капацитета.

4.13 Опсег 14.5-15.35GHz садржи 4 двосмерна радио-канала за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 728MHz. Поделом првог канала добијају се 4 подканала са каналним размаком од 7MHz који су намењени радио-релејним системима малих капацитета.

4.14 Опсег 17.7-19.7GHz садржи 17 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 55MHz и размаком предаја/пријем од 1010MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе

малих, средњих и великих капацитета. Поделом прва два канала добија се 18 подканала са каналним размаком од 7MHz који су намењени дигиталним радио-релејним системима малих капацитета.

4.15 Опсег 21.20-23.60GHz користи се на следећи начин: до опсега од 21.2-21.4GHz садржи 6 једносмерних радио-канала, део опсега од 22.60-23.00GHz садржи 14 једносмерних радио-канала са каналним размаком од 28MHz. Део опсега 22.00-22.60 / 23.00-23.60GHz садржи 20 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 1008MHz и намењен је за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета. Поделом прва четири канала добија се 16 подканала са каналним размаком од 7MHz који су намењени радио-релејним системима малих капацитета.

4.16 Опсег 24.5-26.5GHz садржи 32 двосмерна радио-канала са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 1008MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета.

4.17 Опсег 27.5-29.5GHz садржи 32 двосмерна радио-канала за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 1008MHz.

4.18 Опсег 31.8-33.4GHz садржи 27 двосмерних радио-канала са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 812MHz. Користи се за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета.

4.19 Опсег 37.0-39.5GHz садржи 40 двосмерних радио-канала за дигиталне радио-релејне системе малих, средњих и великих капацитета са каналним размаком од 28MHz и размаком предаја/пријем од 1260MHz. Поделом прва два канала добија се 8 подканала са каналним размаком од 7MHz и намењени су дигиталним радио-релејним системима малих капацитета.

II Технички преглед

1. Сврха

Овим упутством утврђују се мерне величине, процедуре мерења и провере услова и критеријума прихватљивости мерних величина у поступку техничког прегледа и контроле радио-релејних уређаја (у даљем тексту Упутство). Упутством се такође дефинише начин презентовања резултата и критеријуми за оцену стварног стања радио-станице за коју се врши технички преглед или се контролише из других разлога предвиђених законом.

Предмет мерења могу бити само параметри којима се проверава усаглашеност са дозволом за коришћење фреквенција и евентуално постојање сметњи за рад других радио-станица или сервиса.

2. Списак величина које се мере и услова који се проверавају

У поступку техничког прегледа радио-релејног уређаја непосредно се мере следећи параметри:

- предајна фреквенција;
- фреквенције и нивои нежељених зрачења;
- ширина фреквенцијског опсега заузета емисијом;
- излазна снага предајника;
- висина предајне, односно пријемне антене изнад тла;
- азимут максималног зрачења антене;
- поларизација предајне антене;
- географске координате радио-станице;
- фреквенције и нивои интермодулационих производа емисија радио-станице, која се проверава са емисијама друге или других радио-станица, које су постављене на истој или блиским локацијама.

У току вршења техничког прегледа проверавају се следећи услови и подаци из Дозволе за коришћење фреквенција:

- назив уже локације радио-станице;
- надморска висина локације;
- знак идентификације;
- тип предајне антене;
- усмереност антене;
- угао ширине главног снопа зрачења;
- добитак антене;
- однос "напред-назад" предајне антене;
- тип уређаја и серијски фабрички број.

Напомена: У циљу провере услова који се не могу утврдити мерењем на терену, ималац радио-станице је дужан да екипи за обављање техничког прегледа обезбеди увид у оригиналну пројектну документацију и документацију произвођача радио-релејног уређаја и антене са свим релевантним параметрима који описују примењену антену (добитак антене, поларизација, дијаграм зрачења).

У току обављања техничког прегледа, потребно је фотографисати све виталне делове радио-станице који утичу на параметре наведене у Дозволи за коришћење фреквенција (РФ модул, антена, спољашњи антенски кабл или таласовод). Фотографије треба да буду квалитета који омогућује препознавање типа уређаја и читавање карактеристичних ознака на њима. Фотографије се прилажу у електронском облику, као прилог Извештаја о техничком прегледу.

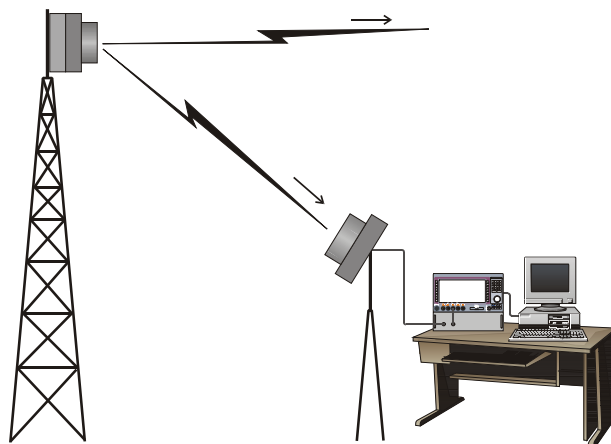
3. Мерни инструменти и опрема који се користе у поступку техничког прегледа

У току техничког прегледа користе се следећи мерни инструменти и опрема са наведеним основним карактеристикама:

<i>Р. бр.</i>	<i>Тип инструмента / опреме</i>	<i>Основне карактеристике</i>
1.	Мерач РФ снаге	- опсег фреквенције: у зависности од радног опсега фреквенција РПУ - тачност мерења $\leq 5\%$
2.	Електронски мерач фреквенције	- опсег фреквенције: у зависности од радног опсега фреквенција РПУ - читавање фреквенције – 9 цифара - тачност временске базе $\leq 1\text{ppm}$ - осетљивост улаза $\leq 10\text{mW}$
3.	Анализатор спектра	- опсег фреквенције: у зависности од радног опсега фреквенција РПУ, најмање до 6GHz - RBW (3dB) $\leq 1\text{kHz}$ - сопствени шум $\leq 100\text{dB}$ (за 10kHz офсет) - тачност мерења односа амплитуда $\leq 1\text{dB}$ - динамички опсег $\geq 70\text{dB}$
4.	Мерни ослабљивач (атенуатор)	- слабљење рефлексије у мерном опсегу $\geq 26\text{dB}$ - варијација преносне карактеристике (слабљења) од номиналне вредности $\leq 0.5\text{dB}$
5.	Мерна антена	- дефинисан фактор антене у мерном опсегу у зависности од радног опсега фреквенција РПУ
6.	GPS пријемник	- декларисана тачност у оптималним условима $\leq \pm 10\text{m}$
7.	Мерач даљине са инклинометром	- домет $\geq 200\text{m}$; тачност $\leq 1\text{m}$; тачност инклинометра $\leq 0,3^\circ$
8.	Геолошки или војно- артиљеријски магнетни компас	- да поседује огледало, мерни прстен и две хоризонталне и једну вертикалну либелу
9.	Дигитални фото апарат	- резолуција $\geq 5\text{Mp}$

4. Процедуре мерења

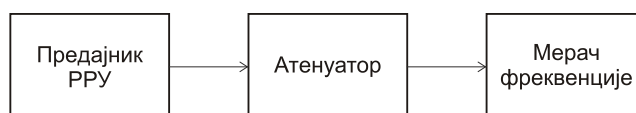
У зависности од типа и конфигурације радио-релејног уређаја, при техничком прегледу се јављају ограничења која намећу избор метода за проверу карактеристика радио-станице. Основни проблем представља просторни распоред компонената радио-станице; код радио-релејних уређаја који раде на вишим фреквенцијама, РФ модул (тзв. "outdoor" јединица) се најчешће налази уз антену, по правилу на антенском стубу или другој неприступачној локацији, што практично онемогућава прикључивање мерне опреме на антенски конектор. У овим случајевима је радио-станицу неопходно третирати као уређај са интегрисаном антеном, уз примену метода које су описане у даљем тексту.



Слика 4-1 – Мерење карактеристика радио-релејног уређаја са «интегрисаном» антенном

4.1 Предајна фреквенција

У случају да је антенски конектор радио-релејног уређаја приступачан, поступак мерења је следећи:

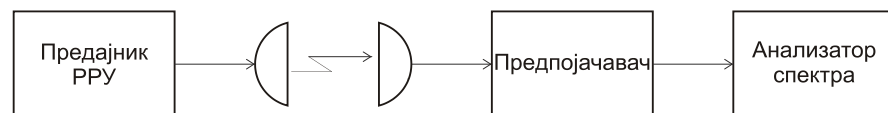


Слика 4.1-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Мерач фреквенције прикључити на антенски конектор предајника (преко одговарајућег атенуатора). Пре почетка мерења проверити да ли је ниво ослабљеног РФ сигнала у мерном опсегу употребљеног мерача фреквенције;

- Укинути модулишући сигнал, чиме се обезбеђује да је на улазу мерног инструмента присутан само РФ носилац предајника радио-релејног уређаја;
- Измерену фреквенцију носиоца предајника радио-станице очитати после процедуре загревања и стабилизације мерног инструмента, према упутству произвођача (типично 5÷10мин).

У случају да при вршењу техничког прегледа није могуће остварити приступ антенском конектору радио-релејног уређаја или се за везу између примопредајника и антене користи таласовод, мерење се врши уз помоћ мерне антене и, по потреби, нискошумног мерног предпојачавача за добијање потребног нивоа РФ сигнала на улазу мерног инструмента.



Слика 4.1-2 – Блок шема повезивања мерних инструмената

Поступак мерења је следећи:

- Мерну антену прикључити на улаз анализатора спектра;
- Усмерити мерну антену према предајној антени радио-релејног уређаја, тако да се добије максималан одзив на екрану анализатора спектра;
- Уколико је ниво РФ сигнала на улазу анализатора спектра недовољан за прецизно мерење, прикључити нискошумни предпојачавач између мерне антене и анализатора спектра;
- Укинути модулишући сигнал, чиме се обезбеђује да је на улазу мерног инструмента присутан само РФ носилац предајника радио-релејног уређаја;
- Измерену фреквенцију носиоца предајника радио-станице очитати после процедуре загревања и стабилизације мерног инструмента, према упутству произвођача (типично 5÷10мин).

Уколико у тренутку мерења није могуће обезбедити постојање немодулисаног носиоца на излазу предајника, предајна фреквенција се мери на алтернативни начин (директним методом или методом процесирања спектра сигнала на рачунару).

Директан метод

Поступак мерења је следећи:

- Параметри анализатора спектра се постављају на следећи начин:
 - **FC** = номинална радна фреквенција РРУ;
 - **SPAN** = 3 до 4 пута шири од заузете ширине опсега (OBW);
 - **RBW** = 10kHz (OBW≤1MHz) / 30kHz (OBW>1MHz);
 - **VBW** = 10kHz (OBW≤1MHz) / 30kHz (OBW>1MHz);
 - **TRIGGER**=FREE RUN;
 - **TRACE**=Max hold (за РРУ са аналогном модулацијом) / Average (за РРУ са дигиталном модулацијом);

- **MEASUREMENT MODE= OCCUPIED BANDWIDTH;**
- **PERCENT OF POWER =99%.**
- Вредност предајне фреквенције читава се на алфанумеричком дисплеју анализатора спектра.

Метод мерења процесирањем спектра сигнала на рачунару

Поступак мерења је следећи:

- Параметри анализатора спектра се постављају на следећи начин:
 - **FC** = номинална радна фреквенција РПУ;
 - **SPAN** = 3 до 4 пута шири од заузете ширине опсега (OBW);
 - **RBW** = 10kHz (OBW≤1MHz) / 30kHz (OBW>1MHz);
 - **VBW** = 10kHz (OBW≤1MHz) / 30kHz (OBW>1MHz);
 - **TRIGGER**=FREE RUN;
 - **TRACE**=Max hold (за РПУ са аналогном модулацијом) / Average (за РПУ са дигиталном модулацијом);
- Одмерци измереног спектра сигнала пребацују се у рачунар;
- Вредност предајне фреквенције израчунава се на основу алгоритма за одређивање укупне снаге, ширине емисије и централне фреквенције емисије, који је изложен у тачки 3.

Измерена вредност уноси се у извештај о техничком прегледу, уписује у рубрику „Предајна фреквенција“ и изражава у MHz.

Захтевана тачност предајне фреквенције зависи од типа радио-релејног уређаја и фреквенцијског опсега. Типичне вредности су 5ppm у фреквенцијским опсезима до 10GHz, 10ppm у фреквенцијским опсезима између 10 и 20GHz, 15ppm у опсезима између 20 и 30GHz и 20ppm у опсезима изнад 30GHz.

4.2 Пријемна фреквенција

Пријемна фреквенција се утврђује мерењем фреквенције предајника на супротној страни деонице радио-релејног система, на начин описан у претходној тачки.

Измерена вредност уноси се у извештај о техничком прегледу, уписује у рубрику „Пријемна фреквенција“ и изражава у MHz.

4.3 Фреквенције и нивои нежељених зрачења

Фреквенције и нивои нежељених зрачења проверавају се код радио-релејних уређаја који раде у фреквенцијским опсезима до 3GHz. У посебним околностима и на изричит захтев Агенције, мерење ових параметара се врши код радио-релејних уређаја који раде у фреквенцијским опсезима изнад 3GHz.

Фреквенције и нивои нежељених зрачења мере се анализатором спектра са захтеваним карактеристикама.

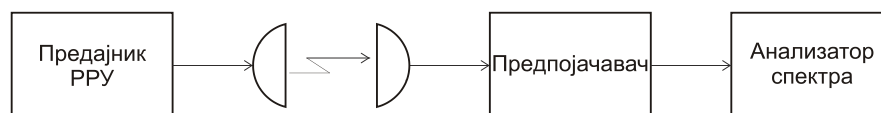
У случају да је антенски конектор радио-релејног уређаја приступачан, поступак мерења је следећи:



Слика 4.3-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Анализатор спектра преко одговарајућег атенуатора прикључити на антенски конектор предајника радио-релејног уређаја;
- Пре почетка мерења нежељених зрачења, утврдити да је ниво РФ сигнала на улазу у анализатор спектра (тачније на првом мешачу анализатора) ослабљен до нивоа који не производи хармонијска и интермодулациона изобличења у самом мерном инструменту (према упутству произвођача). За обезбеђење овог услова користи се подесиви интерни атенуатор, а по потреби и додатни екстерни ослабљивач;
- Уколико постоји могућност искључити модулациони сигнал; сам процес модулације не утиче на појаву испитиваних компонената у спектру;
- Сканирати опсег фреквенција у зависности од радне фреквенције радио-релејног уређаја, а најмање до фреквенције другог хармоника. При томе треба водити рачуна да се комбинацијом фреквенцијског мерног опсега ("frequency span") и ширине филтра ("RBW") не наруши захтевани динамички опсег инструмента;
- Фреквенцију и ниво евентуално уочене компоненте у спектру нежељеног зрачења прецизно измерити са ужим мерним опсегом и ширином филтра ($RBW \leq 10\text{kHz}$).
- Нарочиту пажњу обратити на споредна зрачења која се јављају на целобројним умношцима фреквенције носиоца; у највећем броју случајева ово су најизраженије компоненте;
- Ниво компонената у спектру нежељеног зрачења очитати у децибелима у односу на ниво немодулисаног носиоца (-dBc).

У случају да при вршењу техничког прегледа није могуће остварити приступ антенском конектору радио-релејног уређаја, мерење се врши уз помоћ мерне антене и нискошумног предпојачавача.



Слика 4.3-2 – Блок шема повезивања мерних инструмената

Поступак мерења је следећи:

- Мерну антену преко предпојачавача прикључити на улаз анализатора спектра;
- Усмерити мерну антену према предајној антени радио-релејног уређаја, тако да се добије максималан одзив на екрану анализатора спектра;

- Пре почетка мерења нежељених зрачења, утврдити да је ниво РФ сигнала на улазу у анализатор спектра (тачније на првом мешачу анализатора) ослабљен до нивоа који не производи хармонијска и интермодулациона изобличења у самом мерном инструменту (према упутству произвођача). За обезбеђење овог услова користи се подесиви интерни атенуатор, а по потреби и додатни екстерни ослабљивач;
- Уколико постоји могућност искључити модулациони сигнал; сам процес модулације не утиче на појаву испитиваних компонената у спектру;
- Сканирати опсег фреквенција у зависности од радне фреквенције радио-релејног уређаја, а најмање до фреквенције другог хармоника. При томе треба водити рачуна да се комбинацијом фреквенцијског мерног опсега ("frequency span") и ширине филтра ("RBW") не наруши захтевани динамички опсег инструмента;
- Фреквенцију и ниво евентуално уочене компоненте у спектру нежељеног зрачења прецизно измерити са ужим мерним опсегом и ширином филтра ($RBW \leq 10\text{kHz}$);
- Проверити присуство уочене компоненте у спектру са искљученим предајником радио-релејног уређаја;
- Нарочиту пажњу обратити на споредна зрачења која се јављају на целобројним умношцима фреквенције носиоца; у највећем броју случајева ово су најизраженије компоненте;
- Ниво компонената у спектру нежељеног зрачења очитати у децибелима у односу на ниво немодулисаног носиоца (-dBc).

У рубрику „Фреквенције нежељених зрачења“ извештаја о техничком прегледу уписују се фреквенције свих детектованих компоненти у спектру нежељених зрачења (одвојене делимитером /, у MHz, са три децимална места), док се у рубрику „Однос снага нежељеног и жељеног зрачења“ уноси однос снага одговарајућих компоненти и снаге носиоца (у dBc, одвојени делимитером /).

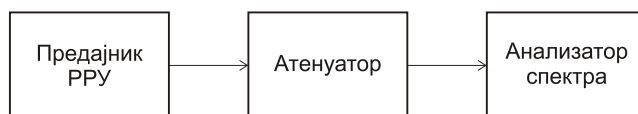
Средња снага споредне емисије на било којој фреквенцији унутар посматраног опсега мора да буде потиснута у односу на средњу снагу предајника најмање за

$$43 + 10\log P(W), \text{ или за } 70\text{dB}$$

при чему важи блажи услов. Имајући у виду снаге предајника радио-релејних уређаја који се користе у свим наведеним фреквенцијским опсезима, практично је увек у важности прво наведени услов.

4.4 Ширина опсега заузетог емисијом

У случају да је антенски конектор радио-релејног уређаја приступачан, поступак мерења је следећи:



Слика 4.4-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Анализатор спектра преко одговарајућег атенуатора прикључити на антенски конектор предајника;

- Мерни опсег анализатора спектра ("frequency span") мора да буде бар 3÷4 пута већи од ширине опсега неопходног за пренос информације;
- За мерење на предајницима са аналогном модулацијом анализатор спектра треба да ради у "max hold" моду, са укљученим детектором позитивне вршне вредности; код уређаја са дигиталном модулацијом анализатор спектра треба да ради у режиму усредњавања ("average" мод);
- Ширину МФ филтра анализатора спектра (RBW) поставити у зависности од ширине опсега неопходног за пренос информације (типично 10kHz за ширину опсега <1MHz, 30kHz за веће ширине);
- Измерити ширину заузетог опсега директним методом или методом процесирања спектра сигнала на рачунару.

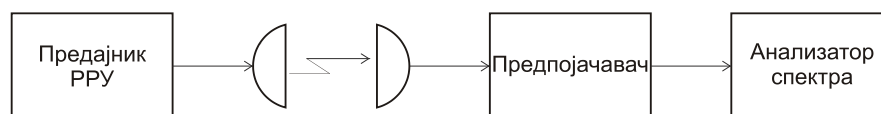
Директан метод

- Параметри анализатора спектра се постављају на следећи начин:
 - **MEASUREMENT MODE= OCCUPIED BANDWIDTH;**
 - **PERCENT OF POWER = 99%.**
- Вредност ширине заузетог опсега читава се на алфанумеричком дисплеју анализатора спектра.

Метод мерења процесирањем спектра сигнала на рачунару

- Одмерци измереног спектра сигнала пребацују се у рачунар;
- Вредност ширине заузетог опсега израчунава се на основу алгоритма за одређивање укупне снаге, ширине емисије и централне фреквенције емисије, који је изложен у тачки 3.

У случају да при вршењу техничког прегледа није могуће остварити приступ антенском конектору радио-релејног уређаја или се за везу између примопредајника и антене користи таласовод, мерење се врши уз помоћ мерне антене и нискошумног предпојачавача.



Слика 4.4-2 – Блок шема повезивања мерних инструмената

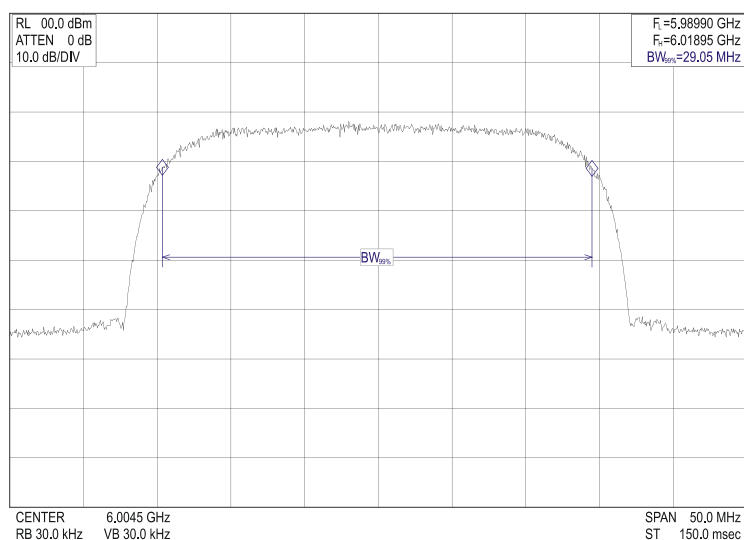
Поступак мерења је следећи:

- Мерну антену преко предпојачавача прикључити на улаз анализатора спектра;
- Усмерити мерну антену према предајној антени радио-релејног уређаја, тако да се добије максималан одзив на екрану анализатора спектра;
- Мерни опсег анализатора спектра ("frequency span") мора да буде бар 3÷4 пута већи од ширине опсега неопходног за пренос информације;
- За мерење на предајницима са аналогном модулацијом анализатор спектра треба да ради у "max hold" моду, са укљученим детектором позитивне вршне вредности; код

уређаја са дигиталном модулацијом анализатор спектра треба да ради у режиму усредњавања;

- Ширину МФ филтра анализатора спектра (RBW) поставити у зависности од ширине опсега неопходног за пренос информације (типично 10kHz за ширину опсега <1MHz, 30kHz за веће ширине);
- Измерити ширину заузетог опсега директним методом или методом процесирања спектра сигнала на рачунару, на претходно описан начин.

На слици 4.4-3 је приказан типичан изглед спектра сигнала радио-релејног уређаја са дигиталном модулацијом, са назначеном ширином опсега заузетом емисијом ($BW_{99\%}$).



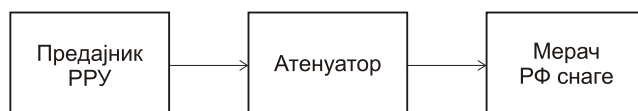
Слика 4.4-3 – Ширина опсега заузетог емисијом

Измерена, односно израчуната вредност уноси се у извештај о техничком прегледу, уписује у рубрику „Ширина опсега заузетог емисијом“ и изражава у MHz (са две децимале за ширине мање од 10MHz, односно са једном децималом за веће ширине).

Ширина опсега заузетог емисијом предајника радио-релејног уређаја не сме да премаши вредност наведену у дозволи за коришћење фреквенција за више од 10%.

4.5 Излазна РФ снага предајника

У случају да је антенски конектор радио-релејног уређаја приступачан, поступак мерења је следећи:



Слика 4.5-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Мерач РФ снаге преко одговарајућег атенуатора прикључити на антенски конектор предајника;
- Очитати измерену вредност на мерачу снаге;
- Уколико је на радио-релејном уређају укључена аутоматска регулација снаге, уз помоћ сервисног софтвера утврдити максимално дозвољену вредност снаге (горња граница регулације);
- Искључити аутоматску регулацију снаге и снагу поставити на вредност утврђену у претходном ставу;
- Очитати измерену вредност на мерачу снаге;
- Вредност РФ снаге предајника се добија по следећој формули:

$$P_i (W) = P_m (W) * 10^{A_0/10},$$

где је P_m – очитана вредност на мерачу снаге, A_0 – слабљење калибрисаног атенуатора.

У случају да при вршењу техничког прегледа није могуће остварити приступ антенском конектору радио-релејног уређаја или се за везу између примопредајника и антене користи таласовод, као релевантан се може узети податак са унутрашњег детектора снаге из сервисног софтвера или софтвера за даљинско надгледање и управљање. Уколико је на радио-релејном уређају укључена аутоматска регулација снаге, у извештај о техничком прегледу се уноси максимално дозвољена вредност снаге (горња граница регулације).

Овај податак се сматра веродостојним уколико за предметни тип радио-релејног уређаја постоји атест издат од стране Агенције. Уколико овакав атест није издат, или уколико није расположив сервисни софтвер уз помоћ кога се може очитати вредност снаге, мерење снаге се врши на горе описан начин – на терену или у лабораторији лица ангажованог у поступку техничког прегледа.

Измерена, односно израчуната вредност уноси се у извештај о техничком прегледу, уписује у рубрику „Излазна РФ снага предајника“ и изражава у mW (целобројна вредност), односно у W (са два децимална места) – уколико снага прелази 1W.

Излазна РФ снага предајника не сме да премаши вредност дату у Дозволи за коришћење фреквенција за више од 2dB.

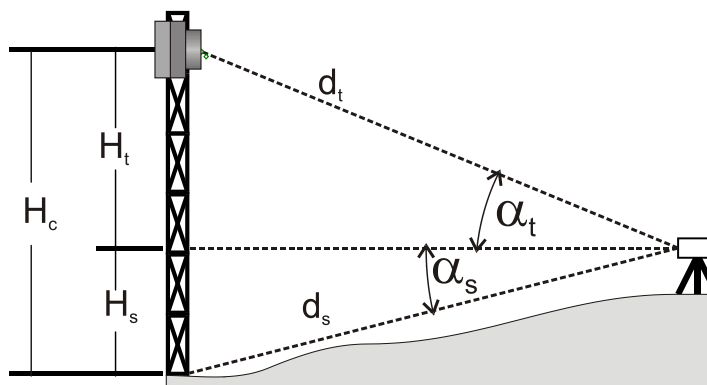
4.6 Висина центра антене изнад тла

Поступак мерења је следећи:

- На одређеној удаљености (до 50m) поставити ласерски мерач даљине са могућношћу мерења угла (слика 4.6.1);
- Измерити угао α_t под којим се види центар антене;
- Измерити α_s угао под којим се види подножје антенског стуба;
- Измерити растојање d_t до центра антене;
- Измерити растојање d_s до подножја антенског стуба;
- Висина центра антене изнад хоризонталне равни у којој је мерач је $H_t = d_t \sin(\alpha_t)$;

- Висина дна антенског стуба је $H_s = d_s \sin(\alpha_s)$;
- Висина центра антене изнад тла је $H_c = H_t \pm H_s$.

При том се висина H_s додаје уколико се подножје антенског стуба налази испод нивоа ласерског мерача даљине, односно H_s одузима уколико се подножје антенског стуба налази изнад нивоа ласерског мерача даљине.



Слика 4.6-1 – Мерење висине антене

Измерена висина се уноси у извештај о техничком прегледу у рубрику „Висина центра антене изнад тла“ и изражава у метрима (целобројна вредност).

Дозвољена толеранција висине центра антене у односу на податак из дозволе за коришћење фреквенција је $\pm 5\text{m}$.

4.7 Азимут максималног зрачења антене

Поступак мерења је следећи:

- Азимут антене се мери геолошким или војно-артиљеријским магнетним компасом, који треба да поседују огледало, мерни прстен и две хоризонталне и једну вертикалну либелу;
- Заузети позицију испод антене, тако да је кућиште компаса усмерено што приближније правцу у коме је оријентисана антена, при чему у ближој околини мерне локације не смеју постојати масивни феро-магнетски материјали како би се избегли утицаји на компас, а врло је важно померити се од стуба најмање 3m да би се избегао утицај самог стуба на компас, а тиме и на прецизност мерења;
- Пре почетка мерења довести обе хоризонталне либеле у вршни положај;
- Усмерити визир компаса у правцу објекта чији се азимут тражи;
- Употребом мерног прстена на компасу и уз помоћ огледала компаса поклопити лик југа мерног прстена у огледалу са ликом севера магнетне игле те очитати тражени угао. Добијена вредност представља азимут антене, односно антенског система у односу на магнетни север, α_M ;
- Вредност азимута антене у односу на географски север изражена је као:

$$\alpha_G = \alpha_M - \delta$$

где је δ -магнетна деклинација, чија приближна вредност за територију Србије износи $3^{\circ}48'$.

Имајући у виду конструкцију, габарите и начин монтаже антена за радио-релејне уређаје, јасно је да се на овај начин у највећем броју случајева врши само прелиминарна процена азимута максималног зрачења.

Прецизно одређивање азимута врши се на основу измерених географских координата предајника и пријемника у радио-релејном систему и ова вредност се уноси у извештај.

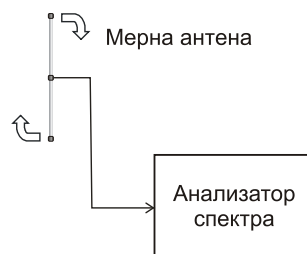
Измерена, односно израчуната вредност азимута антене у односу на географски север уноси се у извештај о техничком прегледу у рубрику „Азимут максималног зрачења антене“ и изражава у степенима.

Дозвољена толеранција азимута максималног зрачења антене у односу на податак из Дозволе за коришћење фреквенција је $\pm 8^{\circ}$.

4.8 Поларизација антене

Мерењем се утврђује поларизација предајне антене, уз усвајање закључка да је пријемна антена поларисана на исти начин.

Поступак мерења је следећи:



Слика 4.8-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Мерење се врши у далеком пољу антене, на позицији која је неколико десетина метара удаљена од локације предајника;
- Бира се мерна локација у чијој близини се не налазе рефлектујуће површине;
- Мерну антену монтирати на сталак, на висини $\geq 2\text{m}$ од површине земље;
- Користи се мерна антена са линеарном поларизацијом, коју је могуће ротирати у простору. Избор типа мерне антене зависи од фреквенцијског опсега предметног радио-релејног система; у нижим фреквенцијским опсезима ($< 1\text{GHz}$) је најпогодније користити симетрични дипол, док се у вишим опсезима чешће користе лог-периодичне или хорн антене;
- Прикључити мерну антену на улаз анализатора спектра;
- У циљу повећавања осетљивости мерног система, користити интерни или екстерни предојачавач;

- Ротирати мерну антену у равни нормалној на правац зрачења предајне антене и посматрати одзив на анализатору спектра.

Уколико је разлика у одзивима инструмента (напонима индукованим на крајевима мерне антене) при вертикално и хоризонтално постављеној мерној антени већа од 10dB, утврђује се да је примењена линеарна поларизација (вертикална или хоризонтална, у зависности од резултата мерења). У супротном ради се о мешовитој поларизацији предајне антене.

У извештај о техничком прегледу се уписује код који представља један од наведених типова поларизације: Н – хоризонтална, V – вертикална, М – мешовита. Одговарајући код се уписује у рубрику „Поларизација антене“.

4.9 Географске координате радио-станице

Географске координате радио-станице мере се директно уз помоћ уређаја за позиционирање стајне тачке - GPS пријемника.

Изворне GPS координате су у тзв. WGS-84 ECEF систему; реч је о тродимензионалном Картезијанском координатном систему са почетком у математички израчунатом центру Земље. WGS-84 координате се у GPS пријемнику аутоматски конвертују у сферичне координате географске ширине, географске дужине и надморске висине.

За одређивање географских координата и надморске висине неопходно је обезбедити поуздан пријем сигнала са бар 4 сателита; у овим условима се подаци на дисплеју GPS пријемника континуално освежавају, без већих екскурзија у погледу измерених вредности. Савременији GPS пријемници приказују процењену тачност мерења, што такође олакшава оцену валидности резултата.

Измерене координате уносе се у извештај о техничком прегледу у рубрику „Координате локације – Дужина и Ширина“ у WGS-84 систему, и изражавају се у степенима, минутама и секундама.

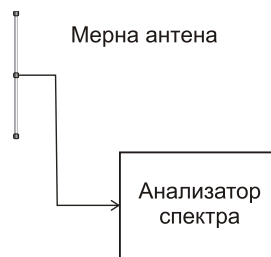
Одступање локације радио-релејног уређаја од локације наведене у дозволи за коришћење фреквенција не може бити веће од 100m.

4.10 Фреквенције и нивои ИМ производа

Интермодулациони производи настају као последица истовременог рада предајника испитиване радио-станице и другог предајника, или више предајника, који су постављени на истој или блиским локацијама.

Фреквенције и нивои нежељених зрачења проверавају се код радио-релејних уређаја који раде у фреквенцијским опсезима до 6GHz. У посебним околностима и на изричит захтев Агенције, мерење ових параметара се врши код радио-релејних уређаја који раде у фреквенцијским опсезима изнад 6GHz.

Поступак мерења је следећи:



Слика 4.10-1 – Блок шема повезивања мерних инструмената

- Мерну антену са познатим карактеристикама (фактором антене) поставити на сталак на растојању од бар неколико десетина метара од предајне антене и на висини од минимално два метра од површине тла, у делу простора у коме се не налазе проводни и рефлектујући објекти и површине;
- Прикључити мерну антену на улаз анализатора спектра;
- Утврдити да је ниво, по интензитету најјачег, РФ сигнала на улазу у анализатор спектра (тачније на првом мешачу анализатора) ослабљен до нивоа који не производи хармонијска и интермодулациона изобличења у самом мерном инструменту (према упутству произвођача). При провери, мерни опсег анализатора спектра ("frequency span") мора бити довољно широк да се детектује сваки потенцијално јак извор РФ зрачења. За обезбеђење овог услова користи се подесиви интерни атенуатор, а по потреби и додатни екстерни ослабљивач;
- Поменом централне фреквенције и мерног опсега (frequency span) анализатора спектра сканирати опсег фреквенција од $0,5f_R$ до $2f_R$ (f_R – радна фреквенција радио-релејног уређаја). Ширина улазног филтра инструмента са којом се врши сканирање фреквенција треба да буде таква да се обезбеди динамика мерења од минимално 70dB (зависно од нивоа најјачег РФ сигнала са мерне антене, $RBW \leq 100\text{kHz}$);
- Сlike измереног спектра сигнала на мерној локацији сачувати у меморији мерног инструмента или прикљученог рачунара;
- Искључити предајник радио-релејног уређаја који је предмет техничког прегледа;
- Без промене услова, извршити ново мерење интензитета постојећих РФ компоненти у спектру;
- Поређењем резултата мерења у једном и другом случају утврђује се евентуално постојање компонената које су производи интермодулације (све компоненте које се јављају у спектру са укључењем испитиваног предајника, изузимајући ону на називној фреквенцији истог);
- После евентуалног утврђивања постојања ИМ производа, прецизнијим мерењем циљаних компонената (са ужим мерним опсегом инструмента) одређују се тачне фреквенције и нивои истих, узимајући у обзир вредност фактора мерне антене.

У рубрику „Фреквенције ИМ производа емисије са емисијама других станица“ извештаја о техничком прегледу уписују се фреквенције свих евентуално детектованих интермодулационих производа (одвојене делимитером /, у MHz, са три децимална места), док се у рубрику „Релативни интензитет ИМ производа“ уноси однос снага одговарајућих компоненти и снаге носиоца (у dBc, одвојени делимитером /).

Нивои интермодулационих производа треба да буду минимално

$$43 + 10\log P(W), \text{ или за } 70\text{dB}$$

ослабљени у односу на израчену снагу предајника на номиналној фреквенцији, при чему важи блажи услов. Имајући у виду снаге предајника радио-релејних уређаја који се користе у свим наведеним фреквенцијским опсезима, практично је увек у важности прво наведени услов.

5. Процедуре провере услова и података из Дозволе за коришћење фреквенција

У ову групу спадају услови чија се испуњеност не проверава мерењем, већ увидом у изведено стање на терену и документацију.

5.1 Назив уже локације радио-станице

У рубрику „Назив уже локације радио-станице“ извештаја о техничком прегледу уписује се назив најуже локације радио-станице (улица и број, назив микролокације).

5.2 Врста емисије

На основу увида у техничку документацију произвођача радио-релејног уређаја, као и на основу карактеристика спектра сигнала, утврђују се параметри емисије: врста модулације носиоца, природа модулишућег сигнала и врста преношене информације. Врста емисије се означава 5-карактерним кодом према Међународном Правилнику о Радио-Комуникацијама и уписује се у рубрику „Врста емисије“.

5.3 Добитак антенског система

Добија се прорачуном на основу каталожних података произвођача за дати тип антена, употребљених коаксијалних каблова (или таласовода) и конектора. Уколико није могуће утврдити произвођача, нити власник радио станице располаже каталожним карактеристикама уграђеног прибора (конектори, кабови итд), за израчунавање се узимају параметри из расположивих каталога познатих светских произвођача. У недостатку каталожних података за екстерне компоненте за филтрирање РФ сигнала, вредност унесеног слабљења се утврђује мерењем.

Добитак антенског система $G_{\text{SIST}}[\text{dBi}]$ је:

$$G_{\text{SIST}}[\text{dBi}] = G_{\text{ant}}[\text{dBi}] - A_{\text{K}}[\text{dB}] - A_{\text{KON}}[\text{dB}] - A_{\text{F}}[\text{dB}],$$

где су:

- G_{ant} добитак антене у односу на изотропну антену,
- A_{K} слабљење каблова (таласовода),
- A_{KON} слабљење конектора,
- A_{F} остала слабљења у антенском систему (екстерни РФ филтри, циркулатори итд).

Добијени (израчунати) резултат уписује се у извештај о техничком прегледу у рубрику „Добитак антенског система“ и изражава у dBi (са једним децималним местом).

5.4 Еквивалентно изотропна израчена снага предајника

Еквивалентно изотропна израчена снага (EIRP) предајника једнака је:

$$EIRP [dBm] = P_{TX}[dBm] + G_{SIST}[dBi],$$

где су:

P_{TX} излазна снага предајника; $P_{TX}[dBm] = 10 \log P_{TX}[mW]$,

G_{SIST} добитак антенског система [dBi].

Прерачунавање снаге из [dBm] у [W] врши се према изразу:

$$EIRP[W] = 10^{0,1 \cdot EIRP[dBm] - 3}$$

Израчуната еквивалентно изотропна израчена снага се уноси у извештај о техничком прегледу, уписује у рубрику „Еквивалентно изотропна израчена снага предајника“ и изражава у ватима.

Еквивалентно изотропна израчена снага не сме да премаши вредност израчунату према параметрима из дозволе за више од 3dB.

5.5 Конфигурација антенског система

У рубрику „Конфигурација антенског система“ извештаја о техничком прегледу уписују се следећи подаци:

- Тип антене: утврђује се на основу спољашње конструкције и увида у документацију. Код ове врсте радио-станица најчешће су у употреби следећи типови антена: 71 – параболична антена, 55 – Yagi антена, 34 – хеликоидална антена. Кодови за остале типове антена су наведени у Упутству за попуњавање дозвола за коришћење фреквенција;
- Добитак појединачне антене: Уписује се добитак антене у односу на изотропну антену (у dB, са једним децималним местом). Одређује се на основу увида у документацију произвођача антене;
- Слабљење конектора (у dB, са једним децималним местом);
- Тип коаксијалног кабла (таласовода);
- Слабљење кабла (таласовода) (у dB, са једним децималним местом);
- Дужина коаксијалног кабла (таласовода) - у метрима;
- Остала слабљења у антенском систему (екстерни РФ филтри, циркулатори итд.) – уписује се вредност у dB, са једним децималним местом.

5.6 Угао ширине главног снопа антене

Угао ширине главног снопа – представља угао (у степенима) у хоризонталној равни зрачења антене изван кога израчена снага опада на мање од 50% (-3dB) у односу на правац максималног зрачења. Одређује се на основу увида у документацију произвођача антене.

Установљена вредност се уноси у рубрику „Угао ширине снопа антене“ извештаја о техничком прегледу и изражава у степенима.

Угао ширине главног снопа антене може да премаши вредност из дозволе за коришћење фреквенција за највише 30%.

5.7 Однос напред-назад антене

Однос (у dB) између добитка антене у правцу азимута максималног зрачења и у правцу азимута помереног за 180°. Одређује се на основу увида у документацију произвођача антене.

Установљена вредност се уноси у рубрику „Однос напред-назад“ извештаја о техничком прегледу и изражава у децибелима.

Дозвољено одступање односа напред-назад у односу на додељену вредност је -3dB.

5.8 Елевациони угао главног снопа антене

Елевациони угао антене се израчунава на основу измерених координата, надморских висина и висина антена изнад тла на локацијама предајника и пријемника у радио-релејном систему.

Израчуната вредност се уноси у рубрику „Елевациони угао главног снопа антене“ извештаја о техничком прегледу и изражава у степенима.

Дозвољена толеранција елевационог угла главног снопа антене у односу на податак из Дозволе за коришћење фреквенција је $\pm 5^\circ$.

5.9 Произвођач, тип уређаја и серијски број

У рубрику „Произвођач уређаја“ извештаја о техничком прегледу уписује се назив произвођача који је назначен на кућишту. Уколико назив произвођача није могуће установити, у рубрику се уписује „непознат“.

У рубрику „Серијски фабрички број и тип уређаја“ уписују се подаци са оригиналне плочице на кућишту уређаја. Уколико серијски бројеви нису назначени на кућиштима, у рубрику се уписује „без S/N“.

Уколико је радио-релејни уређај изведен модуларно, са „унутрашњом“ и „спољашњом“ јединицом, дозвољава се провера серијског броја спољашње јединице на дисплеју унутрашње

јединице или уз помоћ сервисног програма. У извештај о техничком прегледу се уписује тип и серијски број спољашње јединице (која садржи РФ део уређаја).

5.10 Изглед радио-релејног уређаја

У поступку техничког прегледа неопходно је архивирати јасне фото снимке антенског стуба, антенског система и радио-релејног уређаја. Снимци треба да буду у електронској форми у неком од стандардних дигиталних формата (BMP, JPEG, TIF).

5.11 Уземљење

Визуелном контролом се утврђује да ли је антенски стуб/носач (метална конструкција) везан на заштитно уземљење и да ли су антенски систем и емисиони уређаји прикључени на радно уземљење; утврђено стање назначаваче се потврђивањем одговарајуће опције у рубрици „Земљоводна инсталација“.

5.12 Надморска висина локације

Надморска висина локације проверава се на основу измерених географских координата локације уз помоћ неког од доступних 3D модела терена.

У Извештај, у поље “Надморска висина локације” уноси се вредност надморске висине прочитана са 3D модела терена, у метрима.

Дозвољена толеранција надморске висине локације у односу на податак из дозволе за коришћење фреквенција је $\pm 10\text{m}$.

6. Презентација резултата, извештај о техничком прегледу

У табели 6.1 означени су подаци из Дозволе за коришћење фреквенција који се проверавају у поступку техничког прегледа.

Шифра поља	Опис	Параграфи у Упутству са методама мерења или провере
90215	Јединица фреквенције	4.1
90216	Предајна фреквенција	4.1
90225	Фреквенција у вези са горњом (пријемна, резервна и друго)	4.2
90235	Редни број канала	
90240	Врста радио-станице	
90244	Врста службе	
90301	Локација предајника	
90307	Назив уже локације предајника	5.1
90321	Природа локације	
90325	Природа земљишта	
90326	Географска дужина и ширина по Гриничу	4.9
90341	Надморска висина терена (m)	5.11
90345	Знак идентификације	
90407	Ширина опсега заузета емисијом, врста емисије	4.4 , 5.2
90419	Код снаге	4.5
90420	Јединица снаге	4.5
90421	Вредност снаге	4.5
90426	Померај фреквенције (offset) ТВ предајника и претварача	
90507	Висина предајне антене изнад терена (m)	4.6
90511	Ефективна висина предајне антене (m)	
90519	Тип предајне антене	5.4
90522	Поларизација	4.8
90523	Усмереност предајне антене	
90525	Азимут максималног зрачења	4.7
90528	Угао ширине главног снопа предајне антене	5.5
90531	Добитак предајне антене/антенског система (dBi)	5.3
90533	Елевациони угао главног снопа антене	5.7
90536	Однос напред-назад (dB)	5.6
90541	Доња граница фреквенцијског опсега	
90547	Горња граница фреквенцијског опсега	
90701	Селективност и осетљивост пријемника	
90827	Време рада	
90835	Максимално радно време радио-станице	
90840	Покретљивост радио-станице	
90842	Број радио-станица у мрежи	
90401	Произвођач уређаја	5.8
90846	Серијски број и тип уређаја	5.8

Табела 6.1 – Листа поља из дозволе за коришћење фреквенција са референцом на мерне методе или методе провере

У табели 6.2 означени су подаци из Дозволе за коришћење фреквенција за пријемну радио-станицу који се проверавају у поступку техничког прегледа.

Шифра поља	Опис	Параграфи у Упутству са методама мерења или провере
90215	Јединица фреквенције	4.2
90225	Пријемна фреквенција	4.2
90235	Редни број канала	
90240	Врста радио-станице	
90244	Врста службе	
90601	Локација пријемника	
90607	Назив уже локације пријемника	5.1
90621	Природа локације	
90625	Природа земљишта	
90626	Географска дужина и ширина по Гриничу	4.9
90641	Надморска висина терена (m)	5.11
90345	Знак идентификације	
90407	Врста пријемне емисије, ширина опсега	4.4 , 5.2
90426	Померај фреквенције (offset) ТВ предајника и претварача	
90707	Висина пријемне антене изнад терена (m)	4.6
90711	Ефективна висина предајне антене (m)	
90719	Тип пријемне антене	5.4
90722	Поларизација пријемне антене	4.8
90723	Усмереност пријемне антене	
90725	Азимут пријемне антене	4.7
90728	Угао ширине главног снопа пријемне антене	5.5
90731	Добитак пријемне антене (dBi)	5.3
90733	Елевациони угао главног снопа антене	5.7
90736	Однос напред-назад (dB)	5.6
90541	Доња граница фреквенцијског опсега	
90547	Горња граница фреквенцијског опсега	
90701	Селективност и осетљивост пријемника	
90827	Време рада	
90835	Максимално радно време радио-станице	
90840	Покретљивост радио-станице	
90842	Број радио-станица у мрежи	
90401	Произвођач уређаја	5.8
90846	Серијски број и тип уређаја	5.8

Табела 6.2 – Листа поља из дозволе за коришћење фреквенција за пријемну радио-станицу са референцом на мерне методе или методе провере

Изглед формулара Извештаја о техничком прегледу дат је у прилогу овог документа.

Републичкој агенцији за електронске комуникације се доставља:

- електронска форма извештаја која се уноси преко интернет портала,
- један примерак извештаја на папиру, потписан и оверен од стране корисника и ангажованог лица које је извршило мерење.

У заглавље формулара Извештаја са техничког прегледа уносе се следећи подаци:

- поље „**Ималац радио-станице**” – пун назив фирме имаоца дигиталног ТВ предајника;
- поље „**Матични број**” – матични број фирме;
- поље „**Број дозволе**” – уноси се број дозволе за коришћење фреквенција, датум издавања и датум до кога Дозвола важи, у формату дд.мм.гг;
- поља „**Место**” и „**Датум техничког прегледа**” – уноси се место и датум вршења техничког прегледа, у формату дд.мм.гг.

Број дозволе (02):

Број:

(Ималац радио станице) _____ (Матични број) _____
Број дозволе: _____, издата _____, а која важи до _____
Место техничког прегледа: _____
Датум техничког прегледа : _____

На основу техничког прегледа радио станице утврђено је следеће:

Шифра	Елементи техничког прегледа	Утврђено стање	Јединица
90216	Предајна фреквенција		MHz
90225	Фреквенција у вези са горњом (пријемна, резервна)		MHz
90421	Излазна RF снага предајника		mW
	Еквивалентно изотропна израчена снага предајника		W
90407	Ширина опсега заузетог емисијом		MHz
	Врста емисије		
	Фреквенције нежељених зрачења		MHz
	Однос снага нежељеног и жељеног зрачења		-dBc
	Фреквенције ИМ производа емисије са емисијама других станица		MHz
	Релативни интензитет ИМ производа		-dBc
90307	Назив уже локације радио станице		
90326	Координате локације (WGS-84)	Дужина	° ' '' E
		Ширина	° ' '' N
90341	Надморска висина локације		m
90401	Произвођач уређаја		
90846	Серијски фабрички број и тип уређаја		
90507	Висина центра антене изнад тла		m
90525	Азимут максималног зрачења		°
90522	Поларизација антене	Н - хоризонтална поларизација	
90531	Добитак антенског система		dBi
90528	Угао ширине снопа појединачне антене		°

Шифра	Елементи техничког прегледа	Утврђено стање	Јединица
90536	Однос „напред-назад“		dB
90533	Елевациони угао главног снопа антене		°
Конфигурација антенског система	Тип предајне антене	01 - Дипол	
	Добитак антене		dBi
	Слабљење конектора		dB
	Тип коаксијалног кабла		''
	Слабљење кабла		dB
	Дужина коаксијалног кабла		m
	Тип таласовода		
	Слабљење таласовода		dB
	Дужина таласовода		m
	Остала слабљења (екстерни RF филтри, циркулатори итд)		dB
Земљоводна инсталација		<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не	
Напомене:			

МЕРЕЊА СУ ИЗВРШЕНА СЛЕДЕЋИМ ИНСТРУМЕНТИМА

Назив инструмента	Произвођач	Серијски фабрички број	Бажарење извршено	
			Датум	Лабораторија

Примедба имаоца радио станице:

Испитивани уређај задовољава прописане услове.
 не задовољава

Потпис овлашћеног лица имаоца
радио станице:

Потпис лица које је извршило мерења:

Број дозволе (02):

Број:

Број дозволе: _____ (Ималац радио станице) _____ (Матични број)
_____ ,издата _____ , а која важи до _____
Место техничког прегледа: _____
Датум техничког прегледа : _____

На основу техничког прегледа радио станице утврђено је следеће:

Шифра	Елементи техничког прегледа	Утврђено стање	Јединица
90225	Пријемна фреквенција		MHz
90407	Ширина опсега заузетог емисијом		MHz
	Врста пријемне емисије		
90607	Назив уже локације пријемника		
90626	Координате локације (WGS-84)	Дужина	° ' "E
		Ширина	° ' "N
90641	Надморска висина локације		m
90401	Произвођач уређаја		
90846	Серијски фабрички број и тип уређаја		
90707	Висина центра пријемне антене изнад тла		m
90719	Тип пријемне антене	01 - Дипол	
90725	Азимут пријемне антене		°
90722	Поларизација пријемне антене	H - хоризонтална полари	
90731	Добитак пријемне антене		dBi
90728	Угао ширине снопа пријемне антене		°
90736	Однос „напред-назад“		dB
90733	Елевациони угао главног снопа антене		°
Земљоводна инсталација		<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не	
Напомене:			

МЕРЕЊА СУ ИЗВРШЕНА СЛЕДЕЋИМ ИНСТРУМЕНТИМА

Назив инструмента	Произвођач	Серијски фабрички број	Бажарење извршено	
			Датум	Лабораторија

Примедба имаоца радио станице:

Испитивани уређај

задовољава

прописане услове.

не задовољава

Потпис овлашћеног лица имаоца
радио станице:

Потпис лица које је извршило мерења:

М.П.

М.П.