

## NEKI ELEMENTI EFIKASNOG UPRAVLJANJA RADIO- FREKVENCIJSKIM SPEKTROM

Zoran Petrović<sup>1</sup>, Slavenko Rašajski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Elektrotehnički fakultet u Beogradu, <sup>2</sup> ZJPTT

**Sadržaj:** *Osnovni preduslov za dobro upravljanje radio-frekvencijskim spektrom su planovi frekvencija. Izrada Planova raspodele ili Plana dodele za pojedine radio-komunikacione službe je veoma složen postupak. U ovom radu prikazan je postupak uklapanja novog radiodifuznog predajnika u postojeći plan, i predajnika u funkcionalnom sistemu koji uklapamo u postojeće stanje. Isti postupak se može primeniti i na druge radio službe uz korišćenje odgovarajućih datoteka planova i tehničkih uslova (minimalno polje, odnosi zaštite...). Primena predloženog algoritma obezbeđuje efikasno i ekonomično korišćenje radio-frekvencijskog spektra.*

**Ključne reči:** *plan raspodele, plan dodele, frekvencijski spektar, uklapanje predajnika*

### 1. Uvod

Osnovni preduslov za dobro upravljanje radio-frekvencijskim spektrom su planovi frekvencija. Izrada Planova raspodele ili Plana dodele za pojedine radio-komunikacione službe je veoma složen postupak. Prvi i osnovni cilj izrade ovih planova je zadovoljavanje postojećih, kao i sveobuhvatno sagledavanje budućih potreba kako za postojeće tako i za nove službe i usluge. Pri tom se mora voditi računa o efikasnom i ekonomičnom korišćenju radio-frekvencijskog spektra.

Uprkos sveobuhvatnom sagledavanju svih činilaca prilikom izrade Planova ukazuje se potreba za novim predajnicima koji treba da rade u istoj službi i pod istim tehničkim uslovima i koji treba da omoguće pružanje istih ili novih usluga.

Cilj ovog rada je da pokaže postupak uklapanja novog predajnika u postojeći plan ili postojeće frekvencijske dodele, tamo gde nema planova. Predloženi su algoritmi koji mogu biti primenjeni na bilo koju radio-komunikacionu službu, a ovde će biti prikazana primena za radio-difuznu službu (televizija i radio-VHF-FM) i funkcionalne sisteme.

U okviru algoritama svi proračuni su bazirani na pravilima frekvencija – rastojanje.

Rad je organizovan tako da su na početku dati tehnički uslovi i parametri koji se moraju koristiti u procesu uklapanja novog predajnika, a zatim je opisan postupak uklapanja i to prvo, u okviru opšteg postupka uklapanja algoritam koji se predlaže, a zatim opšti i poseban proračun odnosa zaštite.

## 2. Pravilo frekvencija-rastojanje FD (Frequency-distance)

Utvrđivanje kriterijuma za razdvajanje po pravilima frekvencija-rastojanje su deo procesa upravljanja frekvencijama koji se primenjuje kod velikog broja službi. Kriterijumi treba da razreše sledeće:

- frekvencijska ograničenja za predajnike;
- predajnicima dodeliti frekvencije tako da budu zadovoljena frekvencijska ograničenja;
- ukupna širina opsega pri tome da bude najmanja moguća.

Frekvencijska ograničenja predstavljaju set zabranjenih razmaka između kanala koji ograničavaju dodelu frekvencija predajnicima da bi se izbegle smetnje. Pravila FD-a su obično specificirana kroz termin razdvajanja između predajnika i prijemnika, ili mogu biti izvedena iz proračuna signal/smetnja, dodeljenih prioriteta ili na osnovu drugih uslova i razmatranja.

Kod službi sa kanalskim rasporedom frekvencija:

- istokanalani predajnici moraju biti razdvojeni najmanje  $d_0$  kilometara;
- predajnici na susednom kanalu moraju biti udaljeni najmanje  $d_1$  kilometara;
- predajnici udaljeni za dva kanala moraju biti udaljeni najmanje  $d_2$  kilometara;
- u nekim specifičnim službama mogu biti od značaja i neka druga rastojanja, (na primer u televiziji su od značaja i rastojanja predajnika na 5 i 9 kanala, od posmatranog kanala).

## 3. Tehnički uslovi i parametri

Razmatranje svakog slučaja uklapanja novog predajnika u Plan mora biti u skladu sa procedurom koja je primenjena pri izradi tog Plana. Zbog toga se i za novi predajnik moraju dati podaci koji su korišćeni za planirane predajnike:

- geografske koordinate lokacije;
- nadmorska visina lokacije;
- visina antene iznad tla (centar zračenja antenskog sistema ako ima više spratova sa panelima) ;
- frekvencija (frekvencijski opseg) ili kanal;
- izračena snaga predajnika (dijagram zračenja antenskog sistema) u azimutima po 10 stepeni, ili preciznije.

Odredjeni tehnički uslovi i parametri prema nacionalnim ili međunarodnim normama i preporukama, koje su definisane prilikom izrade planova, moraju se koristiti i u procesu uklapanja novog predajnika u plan. Ti uslovi zavise od vrste službe, tako da se uzimaju u obzir minimalna jačina polja i odnos zaštite.

### 3.1 Minimalna jačina polja

Minimalna jačina polja (MP) je vrednost polja koju predajnik stvara na ivici svoje servisne zone. Njena veličina je prikazana u tabelama T-1 i T-2, za radiodifuziju, a u tabeli T-3 za funkcionalne sisteme.

TABELA T-1. *MINIMALNA JAČINA POLJA ZA TELEVIZIJU U ZAVISNOSTI OD FREKVENCIJSKOG OPSEGA*

Opseg	VHF		UHF	
BAND	I	III	IV	V
Frekvencijski Opseg (MHz)	47-68	174-230	470-602	602-790
Kanali	2, 3 i 4	5-12	21-34	35-69
MPdB ( $\mu\text{V/m}$ )	48	55	65	70

TABELA T-2. *MINIMALNA JAČINA POLJA ZA FM RADIO-DIFUZIJU*

Servisne zone	Monofonski prenos	Stereofonski prenos
Seosko područje	48 dB ( $\mu\text{V/m}$ )	54 dB ( $\mu\text{V/m}$ )
Gradsko područje	60 dB ( $\mu\text{V/m}$ )	66 dB ( $\mu\text{V/m}$ )
Područje velikih gradova	70 dB ( $\mu\text{V/m}$ )	74 dB ( $\mu\text{V/m}$ )

TABELA T-3. *MINIMALNA JAČINA POLJA ZA FUNKCIONALNE SISTEME U ZAVISNOSTI OD FREKVENCIJSKOG OPSEGA*

Frekvencijski opsezi	U odsustvu industrijskog šuma	U prisustvu industrijskog šuma
68 - 87,5 MHz	6dB ( $\mu\text{V/m}$ )	20 dB ( $\mu\text{V/m}$ )
146 - 174 MHz	12 dB( $\mu\text{V/m}$ )	20 dB( $\mu\text{V/m}$ )
430 – 470 MHz	21 dB( $\mu\text{V/m}$ )	21 dB( $\mu\text{V/m}$ )

### 3.2 Odnos zaštite

#### 3.2.1 Televizija

##### 3.2.1.1 Na istom kanalu

Odnos zaštite između korisnog i ometajućeg signala u istom kanalu (IOF) prikazan u Tabeli T-4, odnosi se na troposfersku i kontinualnu smetnju, a za off-set 0-12. Primenjeni off-set nam omogućava da korišćenjem najpovoljnijeg pomeraja frekvencije nosioca slike novog predajnika u odnosu na frekvencije nosilaca slike planiranih predajnika, proverimo mogućnost uklapanja novog predajnika u Plan. Primenjuje se u oba opsega (VHF i UHF).

TABELA T-4. ODNOS ZAŠTITE IZMEĐU KORISNOG I OMETAJUĆEG SIGNALA U ISTOM KANALU ZA OFF-SET OD 0 – 12 I TROPOSFERSKU ILI KONTINUALNU SMETNJU

OFF-SET	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Troposferska smetnja	45	44	40	34	30	28	27	28	30	34	40	44	45
Kontinualna smetnja	52	51	48	44	40	36	33	36	40	44	48	51	52

### 3.2.1.2 Na susednim kanalima

Odnos zaštite izmedju korisnog i ometajućeg signala predajnika koji rade na susednim kanalima. Vrednosti su različite za gornji i donji susedni kanal ( $N \pm 1$ ) kao i za troposfersku i kontinualnu smetnju i prikazane su u Tabeli T-5. Odnosi se i na VHF i UHF opseg.

### 3.2.1.3 Na devet kanala

Odnos zaštite izmedju korisnog i ometajućeg signala predajnika koji rade na frekvencijskom razmaku od devet kanala. Vrednosti su različite za devet kanala za troposfersku ili kontinualnu smetnju i prikazane su u Tabeli T-5. Ovaj odnos zaštite je od značaja samo za UHF opseg.

TABELA T-5. ODNOS ZAŠTITE IZMEĐU KORISNOG I OMETAJUĆEG SIGNALA SA RAZMAKOM KNALA  $N \pm 1$  I ZA TROPOSFERSKU I KONTINUALNU SMETNJU

	N - 1	N + 1	N=9
Troposferska	-12 dB	- 9 dB	-1 dB
Kontinualna	- 2 dB	+1 dB	+9 dB

### 3.2.1.4 Na pet kanala

Moguća smetnja kada je razmak između dva predajnika pet kanala ( $N \pm 5$ ). Za ovu vrstu ometanja ne postoje numeričke vrednosti odnosa zaštite, već je zaštita ostvarena kada se servisne zone predajnika ne preklapaju.

### 3.2.2 VHF-FM radio

Odnos zaštite za FM radio-difuziju dat je u Tabeli T-6

### 3.2.3 Funkcionalni sistemi

Odnos zaštite za funkcionalne sisteme je:

- +8 dB za isti kanal,
- 7 dB za razmak izmedju centralnih frekvencija željenog i neželjenog signala od 12,5 kHz i
- 70 dB za susedni kanal (razmak 25 kHz).

TABELA T-6. ODNOS ZAŠTITE ZA FM RADIO-DIFUZIJU ZA KONTINUALNU I TROPOSFERSKU SMETNJU PRI MAKSIMALNOJ FREKVENCIJSKOJ DEVIJACIJI  $\pm 75$  KHZ

Frekvencijski razmak (KHz)	Monofonski signal		Stereofonski signal	
	Smetnja		Smetnja	
	Kontinualna	Troposferska	Kontinualna	Troposferska
0	36 dB( $\mu$ V/m)	28 dB( $\mu$ V/m)	45 dB( $\mu$ V/m)	37 dB ( $\mu$ V/m)
100	12 dB( $\mu$ V/m)	12 dB( $\mu$ V/m)	33 dB( $\mu$ V/m)	25 dB ( $\mu$ V/m)
200	6 dB( $\mu$ V/m)	6 dB( $\mu$ V/m)	7 dB( $\mu$ V/m)	7 dB( $\mu$ V/m)
300	-7 dB( $\mu$ V/m)	-7 dB( $\mu$ V/m)	-7 dB( $\mu$ V/m)	-7 dB( $\mu$ V/m)
400	-20 dB( $\mu$ V/m)	-20 dB( $\mu$ V/m)	-20 dB( $\mu$ V/m)	-20 dB( $\mu$ V/m)

#### 4. Postupak uklapanja

Da bi se određeni proračuni, kojima se utvrđuje da li postoji mogućnost uklapanja novog predajnika u postojeći plan, mogli izvršiti neophodno je da na raspolaganju budu već formirane datoteke, ili da se one formiraju:

- Plan raspodele (dodele) – nacionalni za određenu službu ili radio-frekvencijski opseg,
- Plan raspodele (dodele) – susjednih država ili država čiji predajnici mogu imati uticaja i na koje može imati uticaj novi predajnik,
- Digitalni model reljefa ili efektivne visine koje se odnose na lokaciju predajnika, kao i talasnost terena u azimutima od po 10 stepeni, ili sa manjim inkrementom,
- Koordinirane frekvencijske dodele susjednih zemalja (za funkcionalne sisteme),
- Nacionalne frekvencijske dodele (za funkcionalne sisteme),
- Softver za proračun nivoa EM polja, prema relevantnim ITU-R preporukama.

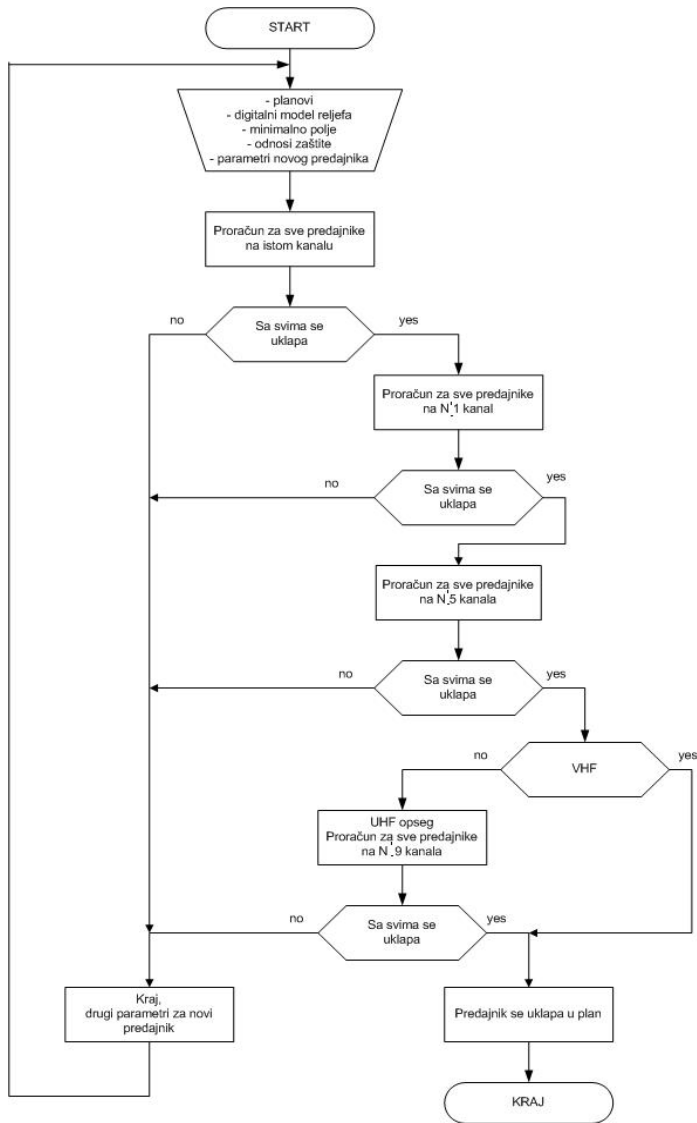
Prilikom proračuna iz datoteka Planova i frekvencijskih dodela (nacionalnih i susjednih i drugih zemalja) uzimaju se u obzir svi predajnici koji po tehničkim uslovima mogu da budu ometani od strane novog predajnika ili da novi predajnik bude ometan od strane postojećih.

##### 4.1. Opšti algoritam za uklapanje predajnika

Na osnovu tehničkih uslova i parametara, kao i formiranih datoteka utvrđuje se opšti algoritam za uklapanje novog predajnika u Plan.

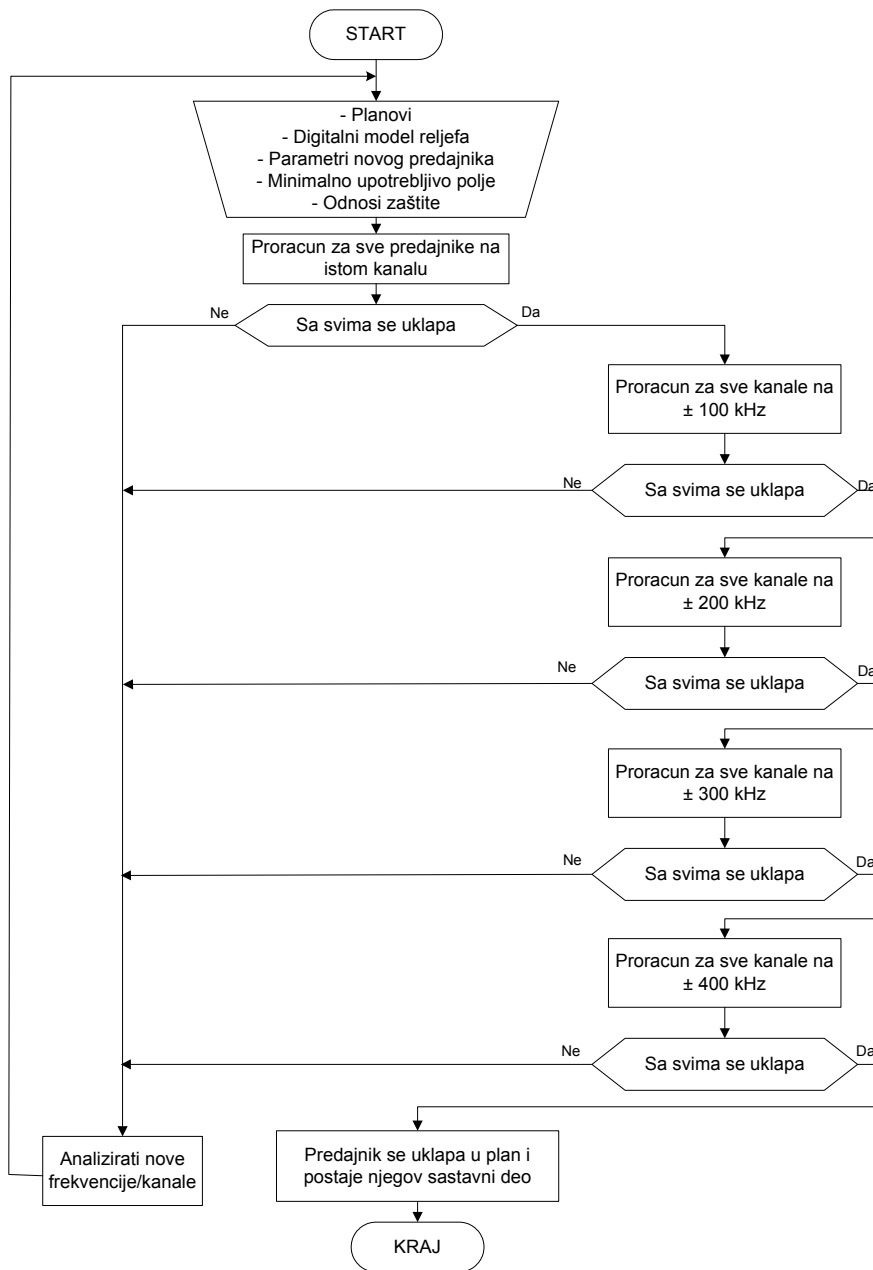
On obuhvata postupan proračun uklapanja:

a) za televiziju - na istom kanalu, na gornjem i donjem susjednom kanalu, na pet kanala gore i dole od novog kao i na devet kanala od predajnika koga uklapamo. Na slici 1 prikazan je opšti algoritam.



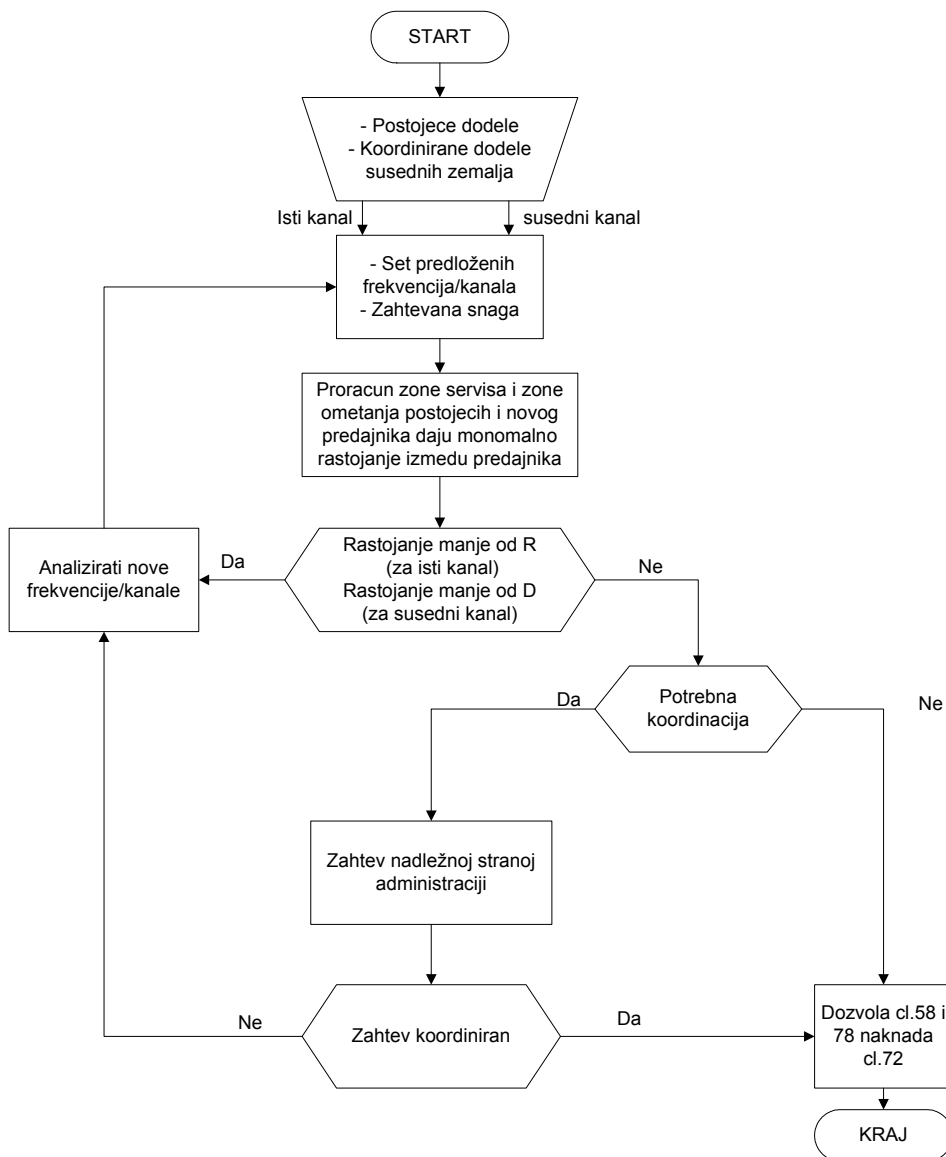
Slika 1. Opšti algoritam za proračun uklapanja novog predajnika za televiziju

b) za VHF – FM radio - na istom kanalu na  $\pm 100$  kHz, na  $\pm 200$  kHz, na  $\pm 300$  kHz i na  $\pm 400$  kHz. Algoritam za ovaj proračun je prikazan na slici 2.



Slika 2. Opšti algoritam za uklapanje novog predajnika za VHF-FM radio

c) za funkcionalne sisteme - na istom kanalu i na gornjem i donjem susednom kanalu, t.j.  $\pm 25$  kHz odnosno koliki je kanalski razmak. Algoritam za ovaj proračun je prikazan na slici 3.



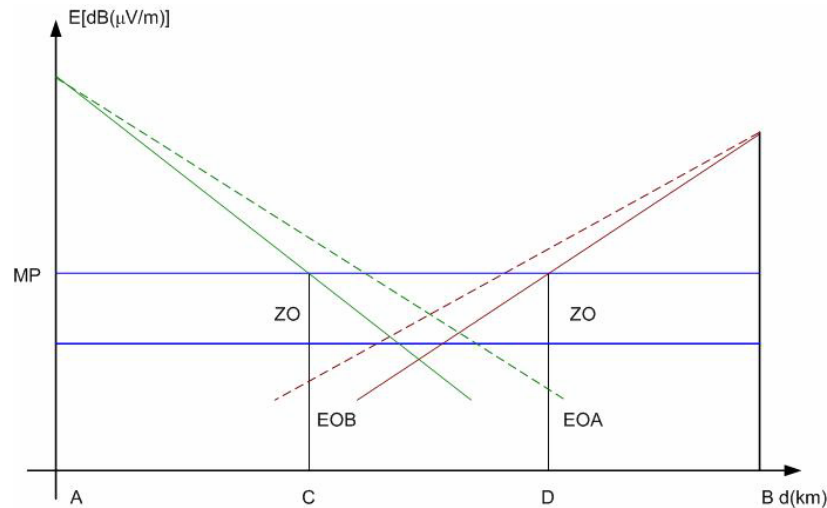
Slika 3. Opšti algoritam za uklapanje novog predajnika za funkcionalni sistem



#### 4.2. Opšti proračun uklapanja

Proračun se radi sukcesivno za sve predajnike koji su od interesa. U prvom koraku se, na osnovu parametara iz datoteka, određuje međusobni položaj novog i postojećeg predajnika, tj. njihovo međusobno rastojanje i azimuti jednog u odnosu na drugi. Ovi azimuti su važni da bi se u njima odredile efektivne visine i talasnost terena lokacije predajnika kao i efektivna izračena snaga na osnovu dijagrama antene.

Na slici 4 je dat međusobni položaj predajnika, kao i nivoi EM polja koji potiču od njih:



Slika 4. Međusobni položaj postojećeg i novog predajnika sa elementima od interesa za proračun

MP – minimalna upotrebljiva jačina polja (50% vremena i 50% lokacija) na ivici zone servisa koja se štiti;

ZO - zaštitni odnos između korisnog i ometajućeg polja (na istom kanalu, od  $N \pm 1$  kanala i od  $N=9$  kanala);

EOA – ometajuće polje postojećeg predajnika u odnosu na novi (1% vremena i 50% lokacija);

EOB – ometajuće polje novog predajnika u odnosu na postojeći (1% vremena i 50% lokacija);

AB – rastojanje između dva predajnika

Prvi korak u proračunu je određivanje rastojanja na kom postojeći predajnik postiže upotrebljivo polje (MP). To rastojanje je AC i predstavlja granicu servisne zone postojećeg predajnika u tom azimutu.

Drugi korak je određivanje rastojanja na kom novi predajnik postiže upotrebljivo polje MP. To rastojanje je BD i predstavlja granicu servisne zone novog predajnika sa zadatim parametrima u tom azimutu.

Ako je odnos ovih rastojanja:

$$\begin{array}{ll} AB - AC < 0 \text{ ili } AB - BD < 0 & d - d_1 < 0 \text{ ili } d - d_2 < 0 \\ AB - AC < BD \text{ ili } AB - BD < AC & d - d_1 < d_2 \text{ ili } d - d_2 < d_1 \end{array}$$

znači da servisna zona jednog predajnika ulazi u servisnu zonu drugog predajnika. Proračun sa zadatim parametrima **ne treba** dalje raditi, jer se novi predajnik na toj frekvenciji (kanalu) ne uklapa sa zadatom efektivnom izračenom snagom. Potrebno je promeniti kanal ili snagu pa ponoviti proračun.

Ako je odnos ovih rastojanja različit od prethodnog, t.j.

$$\begin{array}{l} d - d_1 > d_2 \text{ ili } d - d_2 > d_1 \\ AB - AC > BD \text{ i } AB - BD > AC \end{array}$$

**nastavlja se** dalji proračun.

Sledeći korak je proračun ometajućeg polja (1% vremena i 50% lokacija) od novog predajnika sa efektivnom izračenom snagom u pravcu postojećeg predajnika na ivici servisne zone postojećeg (u tački C).

Proračunato ometajuće polje novog predajnika je

$$EOB \leq MP - ZO$$

Znači da zadata izračena snaga novog predajnika, kao i ostali odabrani parametri, ne prouzrokuje štetnu smetnju u servisnoj zoni postojećeg predajnika i **može se nastaviti proračun**.

Treba utvrditi da li ometajuće polje postojećeg predajnika na ivici servisne zone novog predajnika (u tački D) zadovoljava uslov:

$$EOA \leq MP - ZO$$

Ako je i ovaj uslov ispunjen znači da postojeći predajnik i novi predajnik ne prouzrokuju međusobno ometanje. Proračun **treba nastaviti** sa ostalim predajnicima koji imaju uticaja, po prethodno navedenim kriterijumima, za uklapanje novog predajnika u plan.

Prilikom ovog proračuna za zaštitni odnos u televiziji se uzima najpovoljnija vrednost za off-set (IOF) novog predajnika u odnosu na postojeći i on se kao parametar unosi u plan za novi predajnik.

Proračunato ometajuće polje novog predajnika je:

$$EOB \geq MP - ZO$$

I pored izabranog najpovoljnijeg IOF-a za zaštitni odnos ne postiže se dovoljna zaštita od novog predajnika. U ovoj situaciji može se uvesti dodatna zaštita promjenjom polarizacijom za novi predajnik. Ako je zadovoljen uslov:

$$EOB < MP - ZO + P$$

onda se novi predajnik uklapa sa promjenjom polarizacijom. Proračun se može nastaviti ali sada sa novim parametrom predajnika koga uklapamo, sa novom polarizacijom.

U slučaju da nije zadovoljen prethodni uslov, t.j.

$$EOB > MP - ZO + P$$

novi predajnik sa zadatim parametrima i promjenjom polarizacijom se ne uklapa u plan. Sa proračunom se **mora početi iznova**, ali sa nekim drugim parametrima za predajnik koga želimo da uklopimo u plan, ili postojeći raspored dodeljenih frekvencija.

Algoritam za prethodni proračun dat je na slici 5.

Treba napomenuti da se celokupan prethodni proračun vrši za sve predajnike od uticaja, što znači za sve predajnike na istom kanalu, kao i sve predajnike:

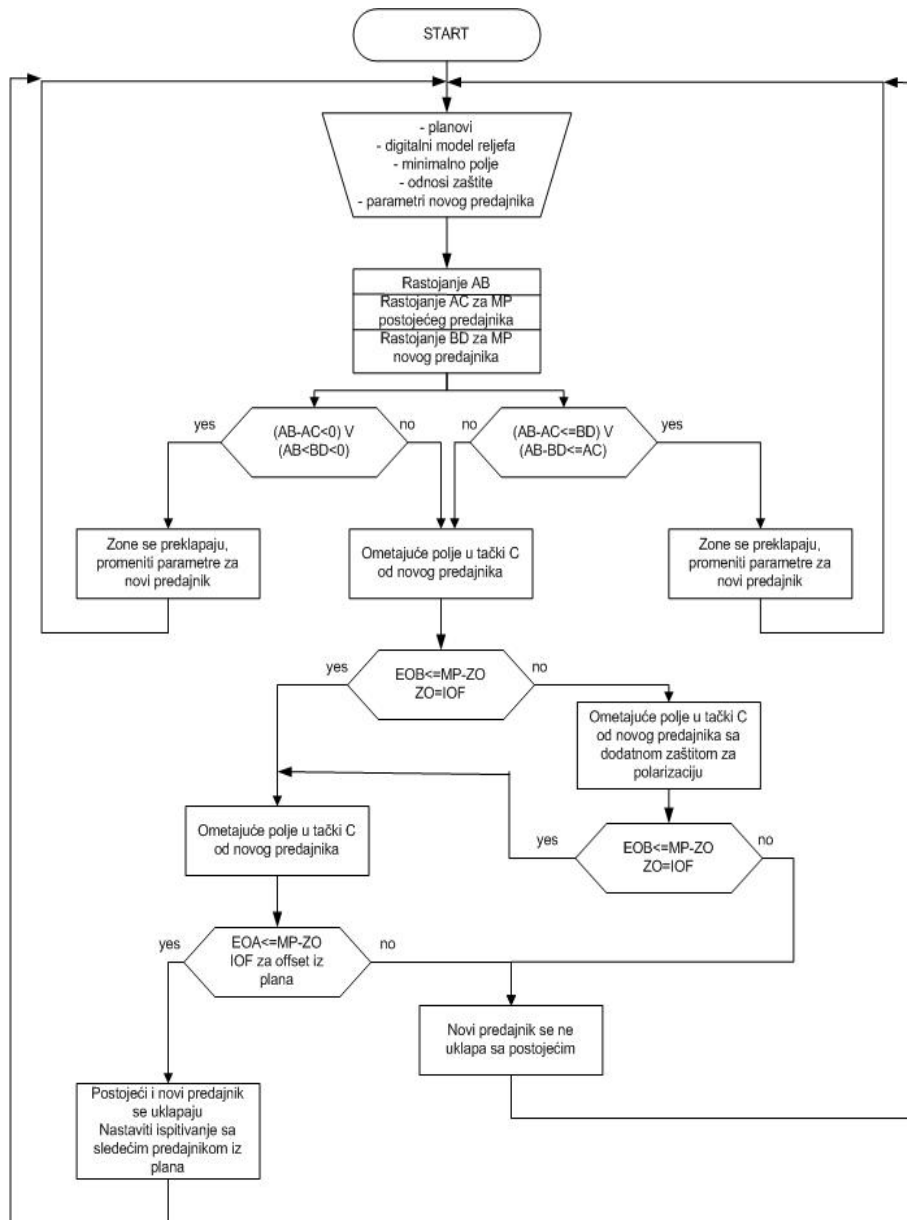
- na  $N \pm 1$ ;  $N \pm 5$ ;  $N = 9$  kanala pri čemu se za odnos zaštite kod predajnika na istom kanalu uzima najpovoljniji off-set, IOF, a u ostalim slučajevima odnos zaštite je fiksna, već kako je prethodno navedeno u tehničkim uslovima za televiziju.
- na  $\pm 100$  kHz;  $\pm 200$  kHz;  $\pm 300$  kHz i  $\pm 400$  kHz za FM difuziju
- na  $\pm 25$  kHz kod funkcionalnih sistema

#### 4.3. Poseban proračun

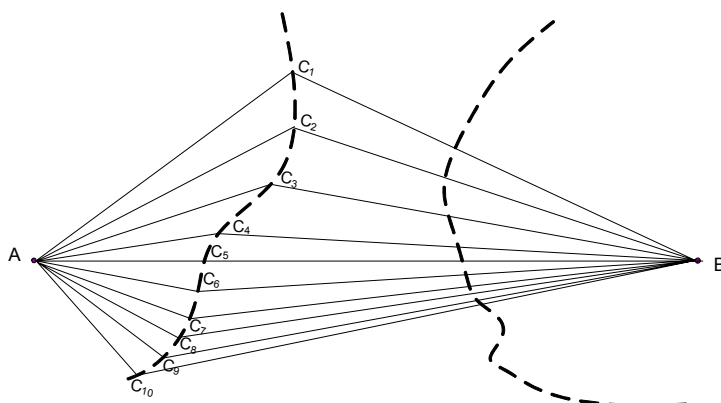
Prethodni proračun je baziran na pretpostavci da su servisne zone dva predajnika najbliže na pravcu AB. U jednom određenom broju slučajeva ovo je sasvim opravdano, pogotovo ako imamo predajnike kod kojih su usmereni dijagrami zračenja, a pravci usmeravanja se međusobno ne seku. Takođe se ovaj proračun u prethodnom obliku, odnosi i na predajnike u ravnici kod kojih je omnidirektivno zračenje, pa su zone servisa kružnog oblika i njihovo minimalno rastojanje jeste na pravcu AB.

Medjutim, ako se radi o brdsko-planinskim terenima zona servisa i kod omnidirektivnih antenskih dijagrama zračenja nije pravilna. Zbog konfiguracije terena i njen uticaj na proračun nivoa polja, a time i na domet, tj. rastojanje na kome je minimalni nivo polja dovode do nepravilnosti u obliku zone servisa. Naravno i sam po sebi oblik servisne zone nije pravilan kod predajnika koji imaju usmeren ili sektorski antenski dijagram.

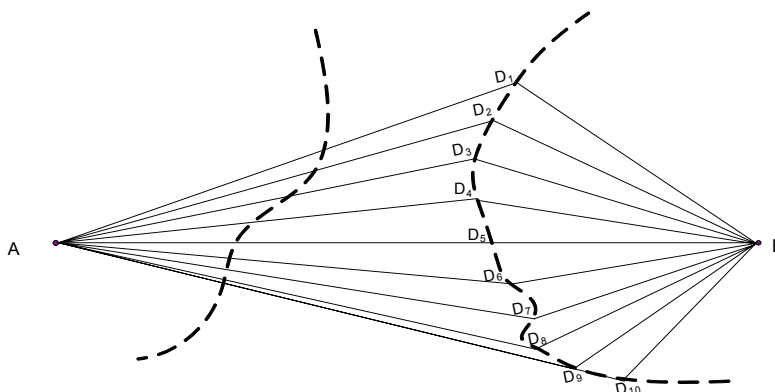
Na slikama 6 i 7 date su nepravilne servisne zone predajnika i tačke u kojima se sprovode proračuni kako je prethodno opisano. Oblik zone može biti posledica usmerenih antenskih sistema, kao i uticaja konfiguracije terena kod omnidirektivnih antenskih sistema.



Slika 5. Algoritam za ispitivanje istokanalnih predajnika



Slika 6. Tačke na ivici zone servisa postojećeg predajnika u kojima se vrši proračun



Slika 7. Tačke na ivici zone servisa novog predajnika u kojima se vrši proračun

Da bismo bili u potpunosti sigurni da smo obuhvatili sve moguće slučajeve, proračun se radi za više tačaka na servisnim zonama predajnika i to:

- iz tačke A mesta postojećeg predajnika  $\pm 90^\circ$  u odnosu na pravac AB prema tački B (ka novom predajniku)
- iz tačke B mesta novog predajnika  $\pm 90^\circ$  u odnosu na pravac BA prema tački B (ka postojećem predajniku)
- u koraku od  $10^\circ$  po azimutu.

Sam proračun u sebi sadrži sve elemente koji su navedeni u opštem proračunu i svi postupci i njihov redosled su isti.

## 5. Zaključak

U ovom radu prikazan je postupak uklapanja novog radiodifuznog predajnika u postojeći plan, kao i predajnika funkcionalnih sistema u postojeće stanje. Isti postupak se može

primeniti i na druge radio službe uz korišćenje odgovarajućih datoteka planova i tehničkih uslova (minimalno polje, odnosi zaštite...). Razvijeni softver za proračun polja može se primeniti za sve radio službe u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 1000 MHz..

Moguće je ovakav postupak iskoristiti i za promenu predložene vrednosti efektivno izračene snage za novi predajnik. Naime, prilikom proračuna ometajućeg polja na ivici zone servisa postojećeg predajnika, može se izračunati za koliko ono premašuje dozvoljeni nivo. Za tu razliku možemo redukovati efektivnu izračenu snagu novog predajnika. Na osnovu ovih korekcija koje su prouzrokovane od više postojećih predajnika može se napraviti dijagram zračenja za novi predajnik. Sasvim je izvesno da nije moguće uvek na osnovu ovakvog dijagrama konstruisati i realni antenski sistem, ali vredi pokušati.

Pouzdanе baze podataka (planovi, frekvencijske dodele i koordinirane frekvencijske dodele), digitalni model reljefa, kao i provereni softverski paketi za predikciju elektrpmagnetnog polja su osnov za pouzdano planiranje radio-frekvencijskog spektra. Odgovarajući algoritmi omogućavaju da se uz sve prethodno u najvećoj mogućoj meri postigne visok stepen efikasnog upravljanja radio-frekvencijskim spektrom.

#### Literatura

- [1]. REGIONAL AGREEMENT for the EUROPEAN BROADCASTING AREA Concerning the use of Frequencies by the Broadcasting Service in the VHF and UHF Bands, St-61.
- [2]. RECOMMENDATION ITU-R BT.417-5 Minimum field strengths for which protection may be sought in planning an analogue terrestrial television service
- [3]. RECOMMENDATION ITU-R BT.655-7 Radio-frequency protection ratios for AM vestigial sideband terrestrial television systems interfered with by unwanted analogue vision signals and their associated sound signals
- [4]. RECOMMENDATION ITU-R P.1546 Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz
- [5]. RECOMMENDATION ITU-R BT.419-3 Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting

**Abstract:** *The main precondition of efficient frequency management is an existence of Radio Frequency Allotment Plan and Radio Frequency Assignment Plan. Frequency allotment and assignment are complex procedures. This paper deals with the procedure of a new transmitter insertion into the existing Plan and also with insertion of a dedicated system transmitter in existing situation. The same procedure can also be applied for other radio communication services using the corresponding plans and technical requirements databases (minimum field, protection ratio, etc.). The proposed algorithm ensures an efficient and economical use of radio frequency spectrum.*

**Keywords:** *Radio Frequency Allotment Plan, Radio Frequency Assignment Plan, frequency spectrum, transmitter's insertion*

## SOME ASPECTS OF EFFICIENT RADIO FREQUENCY SPECTRUM MANAGEMENT

Zoran Petrović, Slavenko Rašajski