

Eljárás az URH rádiótelefon-hálózatok tervezési jóságának kimutatására

ETO 621.396.4:621.396.7:654.165

A rádiótelefon-hálózatok tervezésekor több irányú követelményt kell kielégíteni. Gondot kell fordítani a forgalomlebonyolító képesség tervezésére. Törekedni kell a még rendelkezésre álló, egyre csökkenő frekvenciaspektrum minél gazdaságosabb felhasználására. Biztosítani kell az adó-vevő berendezések elektromágneses kölcsönhatásából eredő zavarok megkívánt mértékű korlátozását. Figyelmet kell szentelni a területi besugárzás optimalizálására.

A felsorolt elvárások a tervezést bonyolulttá teszik, ezért korántsem biztos, hogy minden esetben maradéktalanul sikerül kielégíteni a követelményeket.

A cikk az URH földi, mozgó rádiótelefon-hálózatok „tervezési jóságának” megállapítására közöl módszert. A tervezés minősítése a vizsgált hálózat forgalmi-, frekvenciasáv-kihasználási, zavar- és besugárzás jellemzőire terjed ki. A jellemzőknek az optimutól való eltérése a következő, független valószínűségekként kezelhető tényezőkkel mutatható ki:

- forgalmi tényező,
- frekvenciasáv-kihasználási tényező,
- zavarmentességi tényező,
- besugárzási tényező.

A tényezők szorzatfüggvényeként előállított, numerikus alakban megadható, ún. eredő EMC-faktor a vizsgált hálózat „EMC-hatásfokát” méri. (EMC = elektromágneses összeférhetőség, amely a hálózat berendezéseit jellemzi a felsorolt hálózat paramétereinek szempontjából.)

1. A forgalmi tényező

A forgalom tervezése a forgalmas órai forgalom és a forgalmat a megkívánt — forgalmi rendszertől függően pl. foglaltsági, illetve várakozási — valószínűségérték teljesítésével lebonyolítani képes csatornaszám meghatározásán alapul.

A forgalmas órai forgalom (y), a különféle hálózattípusokra mérésekkel meghatározott előfizetőnkénti forgalmas órai hívásszám (λ_m), az átlagos tartási idő (ΔT [sec]), valamint az előfizetők számának (M) ismeretében a következőképpen számítható [1]:

$$y = \frac{M \cdot \lambda_m \cdot \Delta T}{3600} \quad (1)$$

Forgalomtorlódáskor a beérkező hívás sikertelenségi valószínűségét a megfelelő Erlang-formula írja le.

A hálózatok forgalmi méretezésének minőségi mutatója a hívás sikertelenségi valószínűség. E tényre

alapozva a forgalmi tényező (F_i) definiálása e valószínűség komplementer valószínűségével történik:

$$F_i = 1 - P_i(y), \quad (2)$$

ahol $P_i(y)$ forgalomtorlódáskor a beérkező hívás sikertelenségi valószínűsége, az $i=1, 2, \dots, j$ index számok reprezentálják a forgalmi rendszer típusát.

Adott hálózatot vizsgálva, ha a forgalom bázis álmásokra eloszlása nem egyenletes, a forgalmi tényezőt a következőképpen lehet meghatározni:

- a hálózat minden egyes bázisállomására kiszámítandó a forgalmi rendszerre jellemző sikertelenségi valószínűség,
- a valószínűségek súlyozott átlaga képezi az eredő valószínűséget (a $P_i(y)$ -t):

$$P_i(y) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^m M_k \cdot P_{ik}(y), \quad (3)$$

ahol M a hálózat előfizetőinek a száma; M_k a k -adik állomásra eső előfizetők száma; m a bázisállomások száma; $P_{ik}(y)$ a k -adik állomásra számított sikertelenségi valószínűségérték.

Fontos kiemelni, hogy a (3) formulában az összegezés során a vizsgált hálózatra előírt valószínűség-nél kisebb, tehát jobb értékek helyett az előírtat kell felhasználni. Ez az előfizető szubjektivitásának a figyelembevételét célozza. A felhasználó ugyanis a megengedettnél jobb minőséget természetesen vesz, ellentétben a minőségromlással.

Ha az előfizetők területi eloszlása egyenletes, a forgalom azonos, a $P_i(y)$ valószínűség, amint a (3)-ból kitűnik, megegyezik az egy tetszőlegesen kiszemelt bázis adó-vevő állomásra esővel. Az előzők értelmében a forgalmi tényezőt a (2) eredményezi.

A forgalmi tényező megkívánt értéke hálózattípusonként változik. Nyilvános hálózatokra 0,95–0,97, biztonsgági diszpécserre ~0,95, általános diszpécserre ~0,8.

A bázis adó-vevő állomásokra nehezedő forgalom többletterhelés a forgalmi tényező csökkenésében, a sikertelenségi valószínűség megnövekedésében mutatkozik.

Ha újabb csatornák kiosztására nincs lehetőség, a forgalmi tényező növelhető a tartási idő csökkentésével. Ez utóbbi a beszélgetés felépítési és bontási sebességének a növelésével, tehát magasabb szintű berendezéstechnikával, automatizálással oldható meg.

2. A frekvenciasáv-kihasználási tényező

A frekvenciasáv-kihasználási tényező a frekvencia-kiosztási és a frekvenciasáv-foglalási tényezők szorzatfüggvényeként definiálható.

2.1 A frekvenciakiosztási tényező

Hálózattervezéskor az optimális frekvenciakiosztás érdekében törekedni kell az alábbiakra:

- minimális számú csatorna vivő frekvencia igénybevétele,
- a felhasznált szélső csatornák frekvenciatávolsága minimális legyen.

Annak mértékét, hogy a vizsgált hálózat által felhasznált csatornák száma (n_f) mennyire közelíti meg a realizáláshoz szükséges minimális csatornaszámot (n_m), az alábbi hányados fejezi ki:

$$H_1 = \frac{n_m}{n_f} \quad (4)$$

A H_1 értékészlete a $[0, 1]$ zárt intervallum. A szükséges minimális csatornaszámot a hálózattal besugárzandó terület legforgalmasabb területegységére eső forgalmából lehet meghatározni.

A második gondolat matematikai formába öntéséhez néhány sáv szélesség-fogalmat kell áttekinteni.

A sáv szélességigény akkor minimális, ha a hálózat egymással szomszédos csatornákat használ fel. Megeshet azonban, hogy a hálózat részére kijelölt frekvenciasávban egyes csatornák eleve nem oszthatók ki, mert más célokra foglaltak, pl. más hálózat használja fel azokat. Ezeket a felhasznált csatornák szomszédosságát megbontó csatornákat természetesen nem kell figyelembe venni a csatornák által ideális esetben kitöltött sáv szélesség számításánál (1. ábra). Így pl. szimplex rendszert tekintve a minimális sáv szélesség (B_{msz}):

$$B_{msz} = n_f \cdot \Delta f, \quad (5)$$

ahol Δf a szomszédos csatornavivők közötti frekvenciatávolság.

A csatornák által elfoglalt teljes sáv szélesség meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy nem optimális frekvenciakiosztás esetén egyes csatornák nincsenek felhasználva — pl. intermoduláció- (IM) mentes csatornacsoportok képzése, stb. miatt —, ami csatornaveszteséget jelent. Ennek értelmében a teljes sáv szélesség, azaz a szélső csatornák közötti frekvenciatávolság ($B_{össz}$):

$$B_{össz} = (n_f + n_2 + n_1) \cdot \Delta f, \quad (6)$$

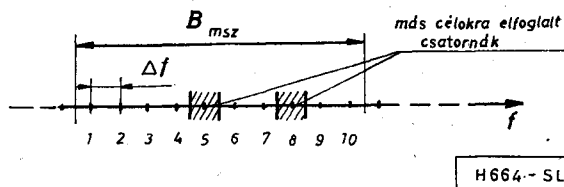
ahol n_1 a más célokra elfoglalt csatornák száma, n_2 a nem optimális frekvenciakiosztás következtében fel nem használt csatornák száma.

A tényleges sáv szélesség (B_{tsz}) a $B_{össz}$ -től csak abban különbözik, hogy az n_1 által kitöltött frekvenciasávot nem kell figyelembe venni. Így

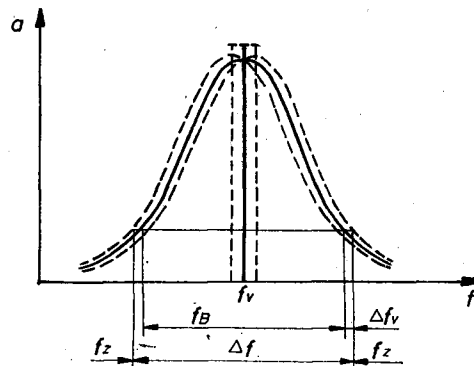
$$B_{tsz} = (n_f + n_2) \cdot \Delta f. \quad (7)$$

A szükséges fogalmak birtokában, azt a tényt, hogy az elfoglalt tényleges sáv szélesség milyen mértékben közelíti meg az elérhető minimális sáv szélességet, az (5) és a (7) összefüggések hányadosa érzékelteti:

$$H_2 = \frac{n_f}{n_f + n_2}. \quad (8)$$



1. ábra. A csatornaelrendezés a mozgó rádiószolgáltatásban

2. ábra. Rádiótelefon-adó modulációs spektruma. f_v a vivőfrekvencia; f_B a hasznos modulációs sáv szélesség; f_z a zavaró oldalsáv; Δf_v a vivőfrekvencia-ingadozás

A H_2 értékészlete $[0, 1]$.

A (8) formula szimplex és duplex rendszerre egyaránt érvényes.

A frekvenciakiosztási tényezőt (H -t), amely a (4) és a (8) összefüggésekben megadott események egyidejű bekövetkezését fejezi ki, ezen összefüggések szorzata eredményezi:

$$H = \frac{n_m}{n_f + n_2}. \quad (9)$$

2.2 A frekvenciasáv-foglalási tényező

A korszerű rádiótelefon-adók főként frekvencia-, illetve fázismodulációval továbbítják a hasznos információt. Egy csatorna sáv szélességigényét az FM adó által elfoglalt spektrum burkológörbéje szemlélteti (2. ábra).

Az ábra alapján a spektrumfoglalás, amely hozzávetőlegesen megegyezik a csatornatávolsággal:

$$\Delta f \cong f_B + 2\Delta f_v. \quad (10)$$

FM jel esetében a hasznos sáv szélesség:

$$f_B = 2\alpha(m_f) \cdot f_m', \quad (11)$$

ahol $\alpha(m_f)$ a vivő amplitúdó és annak 10%-ához tartozó spektrumösszetevő közötti oldalsávkomponensek száma; f_m' a moduláló feszültség frekvenciája; m_f a modulációs index.

A hasznos sáv szélesség függ a moduláló frekvenciától és a modulációs indextől, amely az

$$m_f = \frac{k_{FM} \cdot U_m}{f_m} \quad (12)$$

összefüggéssel jellemezhető. A formulában k_{FM} dimen-

zíóval rendelkező rendszer jellemző; U_m a moduláló feszültség amplitúdó.

A (12)-ből kitűnik, hogy a löket növekedése m növekedését, ez pedig a hasznos sáv kiszélesedését eredményezi.

A frekvenciasáv-foglalási tényezőt (B -t), a technikai színvonal alapján elérhető minimális csatornatávolság (Δf_m) és a vizsgált hálózat berendezései által nyújtott Δf hányadosával kézenfekvő definiálni:

$$B = \frac{\Delta f_m}{\Delta f} \quad (13)$$

A B értékészlete a 0 és az 1 közé eső számok halmaza.

A frekvenciakiosztási és a frekvenciasáv-foglalási tényező ismeretében elhárultak az akadályok a frekvenciasáv-kihasználási tényező (S) meghatározásának útjából. Ezt a (9) és a (13) kifejezések szorzatfüggvénye reprezentálja:

$$S = \frac{\Delta f_m \cdot n_m}{\Delta f (n_f + n_2)} \quad (14)$$

3. A zavarmentességi tényező

Rádiótelefon-hálózat tervezésekor ügyelni kell arra, hogy a berendezések elektromágneses kölcsönhatásából kialakuló zavarok csak a helyek megengedett

százalékában fordulhassanak elő. Ha az ún. zavarvalószínűségek meghaladják a tervezettet, a hálózat EMC hatásfoka romlik.

A zavarmentességi tényező meghatározása a zavarvalószínűség fogalmára épül. A zavarvalószínűséggel részletesebben foglalkozik az [1], [2] irodalom, most csak dióhéjban foglaljuk össze a definíciójához vezető gondolatmenetet.

Tételezzük fel, hogy a mobil vevő a hasznos jelátvitel közben a vételi csatornán kívüleső frekvenciájú zavaró jelet vesz. A zavaró térerősségszintre teljesüljön a

$$x < \xi < x + dx,$$

a hasznosra pedig az

$$-\infty < \eta < x - \frac{a_{sz}}{\sigma}$$

egyenlőtlenség, ahol a_{sz} [dB] a vevőselektivitás; σ [dB] a térerősség hely szerinti eloszlásának a szórása. Ez esetben a vevőben zavarás észlelhető. A zavarvalószínűség $P(\Delta E)$ annak a valószínűsége, hogy a vételi helyen a zavaró térerősségszint legalább a vevőselektivitás-értékkel nagyobb a hasznos térerősségszintnél.

A ξ és η független valószínűségi változók, a különbségük eloszlásfüggvénye írja le a zavarvalószínűséget. A normális eloszlások konvolúciójával kifejezve:

$$P(\Delta E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x - \frac{a_{sz}}{\sigma}} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(x + \frac{\Delta E}{\sigma}\right)^2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta E}{\sigma}\right)^2} d\left(\frac{\Delta E}{\sigma}\right) \right] dx \quad (15)$$

A (15) egyenletben:

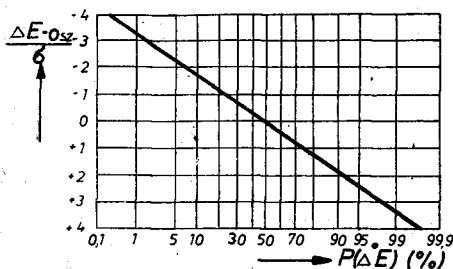
$$\Delta E = E_z - E_h, \quad (16)$$

ahol E_z a zavaró, E_h a hasznos térerősség középértéke [dB(uV/m)].

A konvolúció elvégzésével és új változó bevezetésével

$$P(\Delta E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\Delta E - a_{sz}}{\sqrt{2} \cdot \sigma}} e^{-\frac{1}{2} z^2} dz \quad (17)$$

A (17) egyenlet grafikus megoldása a 3. ábrán látható.



H664 - SL3

3. ábra. A zavarvalószínűség alakulása

Vételi csatornába eső frekvenciájú zavaró jelnél a zavarás annak a valószínűségét tükrözi, hogy E_z maximálisan az $|a_{sz}|$ -el kisebb E_h -nál a vizsgált helyen. Ebben az esetben $a_{sz} < 0$ dB.

Megemlítendő, hogy a zavarvalószínűség az adott hálózat berendezései között létrejehető összes zavarlehetőség közül csak a bázis-mobil berendezések zavarait jellemzi, viszont ezek a leggyakoribbak, a dominálók.

Adott hálózat zavarvalószínűségeinek meghatározásához a hálózat geometriájára felírható egyenletekből kézenfekvő kiindulni. A bázis adó-vevő berendezések között a zavarok adott értéken tartásához szükséges földrajzi távolság az alábbi egyenlettel írható le:

$$d_f = R_{zf} + R_{hf}, \quad (18)$$

ahol $f=1, 2, \dots, t$ a zavartípust jelző index szám; pl. $f=1$ azonos csatorna zavart, $f=2$ szomszédos csatorna zavart, $f=3$ harmadrendű IM zavart, stb. jelent; d_f [km] a zavaró és a zavart körzetű bázis adó-vevő berendezések közötti távolság; R_{zf} [km] a vizsgált adó — meghatározott zavarvalószínűséghez tartozó, az index számmal jelölt típusú — zavar sugara; R_{hf} [km] annak a bázis adóberendezésnek az ellátási sugara, amelynek körzetét az f indexszel jelzett zavartípust keltő bázisadó zavarhatja.

Az ellátási és a zavarugarak számításmenetét a [2] részletesebben tárgyalja, úgyhogy most csak a vég-

eredményeket közöljük. Az ellátási sugár az alábbi formulával határozható meg:

$$\bar{E}_r(R_{hf}) = \bar{E}_h - \left(10 \lg \frac{P_a}{P_r} + G_a + G_v \right) \quad (19)$$

ahol $\bar{E}_r(R_{hf})$ [dB(μ V/m)] a vizsgált bázisadó R_{hf} távolságban eredményezett hasznos térerősség szintje; \bar{E}_h [dB(μ V/m)] a vizsgált bázisadó által létrehozandó vételi térerősség-középtérték; P_a [W] a bázisadó teljesítmény; P_r [W] a kisugárzott referencia-adóteljesítmény; G_a [dB] a bázisadó antenna teljesítménynyereség; G_v [dB] a mozgó vevő antennateljesítménynyereség. A (19) egyenletben

$$\bar{E}_h = \bar{E}_m + \bar{E}_f, \quad (20)$$

ahol \bar{E}_m [dB(μ V/m)] a vevőantenna-bemeneten a szükséges minimális térerősség-középtérték; \bar{E}_f [dB(μ V/m)] a járulékos térerősségszint, amelynek nagysága attól függ, hogy a szükséges minimális térerősségszintet a helyek hány százalékában $F(\bar{E})$ kívánjuk túllépni (4. ábra) [2].

Az $\bar{E}_r(R_{hf})$ ismeretében az ellátási sugár leolvasható a referencia adóteljesítményhez tartozó megfelelő térerősség terjedési görbéből [3]; [4].

A vizsgálandó zavartípusra vonatkozó zavarugar a következő formulából nyerhető [1]:

$$\bar{E}_r(R_{zf}) = \bar{E}_r(R_{hf}) + \Delta \bar{E}, \quad (21)$$

ahol $\bar{E}_r(R_{zf})$ az ellátási tartomány határán mozgó adó-vevőben meghatározott zavarvalószínűséget eredményező zavaró térerősségszint. Az $\bar{E}_r(R_{zf})$ ismeretében a megfelelő hullámterjedési grafikonból leolvasható a zavarugar.

Ha az ellátási és a zavarugarat ismerjük, a zavarvalószínűség a következő gondolatmenettel számítható:

- a terjedési görbéből leolvasható az R_{zf} -hez tartozó zavaró és az R_{hf} -hez rendelhető hasznos térerősségszint,
- a (21)-ből számítható a $\Delta \bar{E}$,
- a 3. ábrából leolvasható a $\Delta \bar{E}$ -hez rendelt zavarvalószínűség.

A hálózat geometriából kiinduló zavarvalószínűség-számításra a Függelék közöl számpéldát.

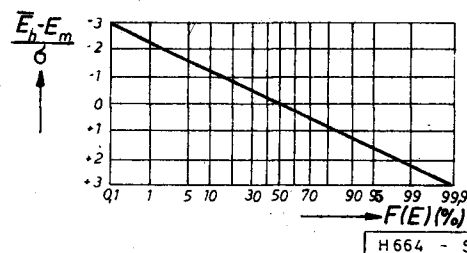
A zavarvalószínűség számításának ismeretében ráterhetünk a zavarmentességi tényező meghatározására. A további vizsgálatokhoz példaképpen az 5. ábrán feltüntetett hálózatrészletet vegyük alapul. Az elkövetkező megállapítások természetesen általános érvényűek.

Az 5. ábra rasztere tetszőleges, pl. k -adik bázis adójának adott zavartípushoz tartozó zavarugara a (18)-ból kifejezve:

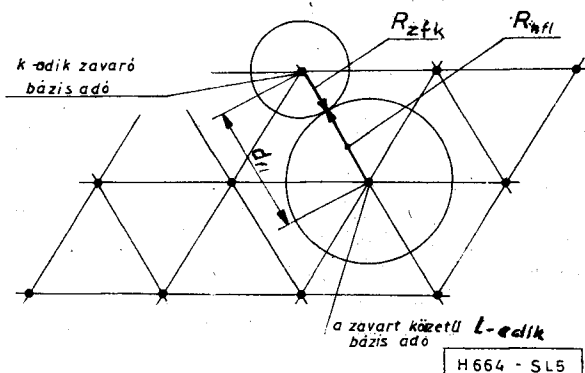
$$R_{zfk} = d_{fl} - R_{hfl}.$$

Az $R_{zfk} < 0$ értéket nem vehet fel. Ezért negatív R_{zfk} esetében $R_{zfk} = 0$ -val kell számolni.

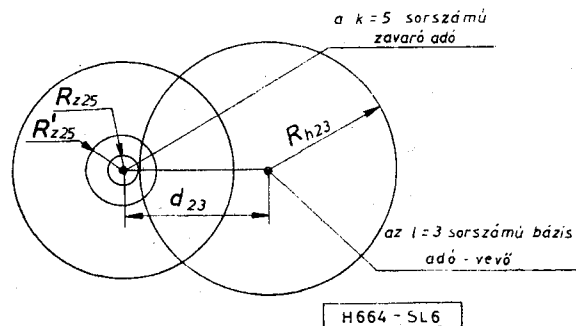
A vizsgált hálózatnál — a tervezéskor előírt zavarvalószínűséghez tartozó, tehát — a megengedett és a ténylegesen tapasztalt zavarugarak és a hozzájuk tartozó zavarvalószínűségek kapcsolatát a kiszemelt, pl. $k=5$ -ik zavaró és a pl. $l=3$ -ik zavart kör-



4. ábra. A szükséges minimális térerősségszint túllépési valószínűségének alakulása



5. ábra. Duplex-rendszerű, szabályos geometriájú hálózat-részlet. R_{hfl} a zavart l -edik bázisadó ellátási körzet sugara; R_{zfk} a vizsgált k -adik bázisadó zavarugara



6. ábra. A zavarvalószínűségek és a zavarugarak kapcsolatának szemléltetése. R_{z25} az előírt, pl. 10% zavarvalószínűséghez tartozó szomszédos csatorna zavarugara; R_{z25} a tényleges, pl. 20% zavarvalószínűséghez tartozó szomszédos csatorna zavarugara

zetű bázisadó-vevő berendezést tekintve a 6. ábra illusztrálja, szomszédos csatorna zavart ($f=2$) feltételezve.

Az ábrából kitűnik, hogy $R_{z25} < R'_{z25}$. Az R_{z25} -höz tartozó zavarvalószínűség (20%) viszont nagyobb, mint az R'_{z25} -höz rendelhető (10%). Ez azt jelenti, hogy az R_{h23} ellátási tartományban mozgó adó-vevőben az R_{z25} sugarú kör mentén a helyek 20%-ában lépnek fel szomszédos csatorna zavarok a megengedett 10%-kal szemben.

A továbbiakban ki kell számítani a k -adik adó körülvívő, a zavarás típusa szempontjából szóba jöhető mindegyik legközelebbi bázisadó körzetre a zavarvalószínűséget. A megengedettnél kisebb valószínűségeket a megengedett értékkel kell helyettesíteni. A megengedettnél nagyobbakat változtatás nélkül kell elfogadni. A zavarvalószínűségeknek e

módon való figyelembevétele az 1. pontban már említett felhasználói szubjektivitás miatt történik. A felhasználó ugyanis a jobb esetet, a megengedettnél kisebb zavarokat természetesnek veszi, míg a rosszabbra érzékenyen reagál.

A távolabbi bázis adó-vevő körzetekre a zavarvalószínűségeket nem kell számítani. Egyrészt ugyanis nem valószínű, hogy ezek meghaladják a megengedett értéket, másrészt a legközelebbi körzetekre kapott értékek információt nyújtanak a távolabbiakra várható értékekről.

Több bázisadó jeléből keletkező zavaroknál — amelyek egy telephelyen több adó alkalmazásakor jellemzők — a telephelyen levő adók számának az adott zavartípust előidéző adók számával egyező osztályú kombinációit képezve kell vizsgálni a zavarvalószínűségeket. Pl. két, illetve három jelből kialakuló vevő IM esetén az adók másod-, illetve harmadosztályú kombinációira kell a zavarvalószínűségeket képezni és a leírtak szerint figyelembe venni.

Zavartípustól függően a k -adik adó, vagy adópár, stb. által okozott átlagos zavarvalószínűséget [a $P_{jk}(\Delta E)$ -t] a figyelembe veendő valószínűségek számtani közepe eredményezi:

$$P_{jk}(\Delta E) = \frac{1}{r_{jk}} \sum_{l=1}^{r_{jk}} P_{jkl}(\Delta E), \quad (22)$$

ahol $l=1, 2, \dots, r_{jk}$ a k -adik adó, vagy adópár, stb. által előidézett és figyelembe vett zavaresetek száma; $P_{jkl}(\Delta E)$, a vizsgált k -adik bázisadó által — az l -edik bázisadó hasznos jelét vevő és ellátási körzetének határán mozgó vevőben — okozott zavartípusra számított zavarvalószínűség.

A továbbiakban ki kell számítani az adott hálózat mindegyik szóba jöhető bázis adója, vagy adópárja, stb. által okozott átlagos zavarvalószínűséget. Ezek számtani közepe tükrözi a hálózat átlagos zavarvalószínűségét [a $P_{af}(\Delta E)$ -t]:

$$P_{af}(\Delta E) = \frac{1}{m_f} \sum_{k=1}^{m_f} P_{jk}(\Delta E), \quad (23)$$

ahol $k=1, 2, \dots, m_f$ a vizsgált zavartípust előidéző bázisadók, vagy adópárok, stb. száma.

Megjegyzendő, hogy ezzel az elvvel a környező hálózat(ok)ból eredő, a vizsgálatra gyakorolt zavart is figyelembe lehet venni. Ekkor a (23) egyenlet a következőképpen módosul:

$$P_{af}(\Delta E) = \frac{1}{m_f + p_f} \sum_{k=1}^{m_f + p_f} P_{jk}(\Delta E).$$

Az összefüggésben p_f a külső hálózat(ok) azon adóinak száma, amelyek a vizsgált zavartípust előidézik.

Természetesen az elv alkalmazható a vizsgált hálózatnak a környező hálózat(ok)ra gyakorolt zavarása figyelembevételére is. Ekkor a (22) összefüggésből kiindulva:

$$P_{jk}(\Delta E) = \frac{1}{r_{jk} + v_{jk}} \sum_{l=1}^{r_{jk} + v_{jk}} P_{jkl}(\Delta E),$$

ahol v_{jk} a k -adik adó, vagy adópár, stb. által a környező hálózat(ok)ban keltett zavaresetek száma.

A gondolatmenetet folytatva, a (23) komplementer valószínűségével definiálható a zavarmentesség foka a $[\Phi_{af}(\Delta E)]$:

$$\Phi_{af}(\Delta E) = 1 - P_{af}(\Delta E). \quad (24)$$

A zavarmentesség és az érthetőség, ill. a jelzésátviteli hibaarány függvénykapcsolatban van. A (24)-et súlyozni kell pl. beszédátviteli hálózatot feltételezve a relatív érthetőséggel. Ez utóbbit úgy kell definiálni, hogy valószínűségi változóra jellemző tulajdonságokkal rendelkezzen. Így

$$\epsilon_j = \frac{E_j}{E_e}, \quad (25)$$

ahol ϵ_j a relatív érthetőség; E_e a vevőkimeneten előírt hangzóérthetőség, amelyet a hasznos vételi érzékenységi feszültség szint biztosít; E_j a vizsgált zavartípusnál — a hasznos vételi érzékenységi feszültség szint jelenlétében — a zavarmentesség fokához tartozó hangzóérthetőség.

A jelzésátviteli hibaarány a (25)-el rokon módon definiálható.

Mind a relatív érthetőség, mind a jelzésátviteli hibaarány változását a zavarmentesség függvényében a különféle zavartípusoknál mérésekkel kell meghatározni.

A relatív érthetőséggel súlyozott zavarmentesség a $[\Phi_{af}(\Delta E, \epsilon_j)]$:

$$\Phi_{af}(\Delta E, \epsilon_j) = \epsilon_j [1 - P_{af}(\Delta E)]. \quad (26)$$

A szükséges fogalmak birtokában a zavarmentességi tényező (Z) a minden egyes zavartípusra kiszámított, az érthetőség értékekkel súlyozott zavarmentességek átlagával definiálható:

$$Z = \frac{1}{t} \sum_{f=1}^t \Phi_{af}(\Delta E, \epsilon_j). \quad (27)$$

4. A besugárzási tényező

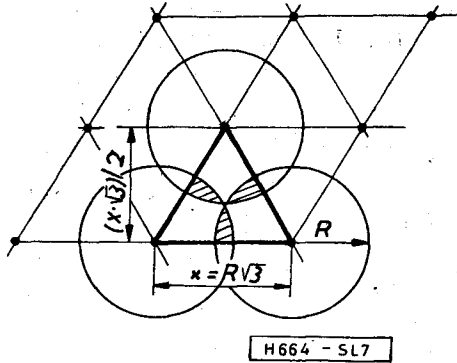
Hálózattervezéskor szem előtt kell tartani, hogy a bázisadók ellátási területeinek átlapolódásából keletkező többszörösen besugárzott területelemek minél kisebbek legyenek, de ugyanakkor besugárzatlan területelemek se keletkezzenek. A besugárzás határfokát tükröző átfedések mértékének kimutatására szolgál a besugárzási tényező.

Egyszeres besugárzású, szabályos geometriájú, reguláris háló esetében a besugárzási tényező (B_e) definíciója (7. ábra) az alábbi:

$$B_e = \frac{T_{oe}}{T_e}. \quad (28)$$

Az egyenletben T_{oe} a rácsgeometria egyetlen alapelemének területe; T_e az alapelem csúcspontjaiban elhelyezkedő bázisadók alapelembe eső besugárzott területeinek az összege; az $e=1, 2, \dots, g$ jelenti a besugárzás multiplicitását. Jelen esetben $e=1$.

A B_e értékészlete a 0 és az 1 közé eső számok halmaza. Ha besugárzatlan területrészek vannak, a tervezés elfogadhatatlan. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy $T_{oe} < T_e$.



7. ábra. Egyszeres besugárzású, szabályos, reguláris, hálózatgeometria-részlet a besugárzási tényező számításához. A többszörösen besugárzott területek vonalkózzottak

Egyszeres besugárzású, szabálytalan geometriájú hálózatoknál a besugárzási tényezőnek a hálót felépítő összes síkidomra vett átlagával, B'_e -vel kell számolni:

$$B'_e = \frac{1}{d_e} \sum_{b=1}^{d_e} B_{be}. \quad (29)$$

A formulában $b=1, 2, \dots, d_e$ az e -edik besugárzott sík terület elemeinek a száma; B_{be} az e -edik sík b -edik területelemére számított besugárzási tényező.

A többszörös besugárzású, szabályos raszterű, reguláris hálózatoknál minden egyes besugárzott síkra ki kell számítani a B_e -t. A kapott értékek számítani közepe adja az eredő besugárzási tényezőt (B'_r):

$$B'_r = \frac{1}{g} \sum_{e=1}^g B_e. \quad (30)$$

A többszörös besugárzású, szabálytalan geometriájú hálózatoknál a (29) kiszámítását minden egyes besugárzott síkra el kell végezni. A kapott értékek aritmetikai középértéke az eredő besugárzási tényező (B'_i):

$$B'_i = \frac{1}{g} \sum_{e=1}^g B'_e. \quad (31)$$

Az 1–4. fejezetekben megállapított tényezőkből kialakítható az ún. eredő EMC-faktor, amely az adott hálózat hatásfokának a mutatója.

5. Az eredő EMC-faktor

Az eredő EMC-faktor (R) az eddigi fejezetekben definiált tényezők szorzatfüggvénye:

$$R = F_r \cdot S \cdot Z \cdot B. \quad (32)$$

A (32) minden lehetséges esetre felírható.

6. Eredmények

A bemutatott tervezésminősítő módszer a vizsgált hálózat tervezési jóságát számértékkel jellemzi, tükrözi az optimáltól való eltérését. A különféle hálózatokra számított értékek lehetővé teszik a tervezések jóságának összehasonlítását, rangsorolását.

Az eljárás gazdasági előnye, hogy alkalmazásával felfedhetők a megtervezett, realizálás előtt álló rádiótelefon-hálózatok esetleges tervezési hibái. Az 1–4. fejezetekben definiált tényezők a hibafeltáráson kívül útmutatást adnak a korrekció módozatainak helyes megválasztásában is. Ez jelentős költségmegtakarítást és jobb paraméterekkel rendelkező hálózatokat eredményezhet.

A módszert egyelőre — adatok hiányában — hipotetikus hálózatokra próbáltuk ki. Jelenleg az eljárás számítógépre vitele történik.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Lajtha Györgynek, a PKI tudományos igazgatóhelyettesének támogatásáért, tanácsaiért.

Függelék

Feladat:

Adott hálózatgeometria-részletből (8. ábra) kiszámítandók a tényleges zavarvalószínűségek.

Adatok:

- az azonos csatorna szelektivitás $a_{z21} = -8$ dB,
- a szomszédos csatorna szelektivitás $a_{z22} = 60$ dB,
- a bázisadó eff. antennamagassága $h_{1e} = 50$ m,
- mozgó vevők eff. antenna magassága $h_{2e} = 1,5$ m,
- a mozgó vevő antennahossz $l = \lambda/4$ [m],
- a térerősség az idő 50%-ában legyen biztosított,
- a hálózat a 160 MHz jelű frekvenciasávban, városi környezetben működik,
- a térerősség szórása $\sigma = 5$ dB.

A zavarvalószínűség számítása szomszédos csatornazavar esetében ($f=2, k=1, l=2$):

- a 8. ábrából leolvashatóan:

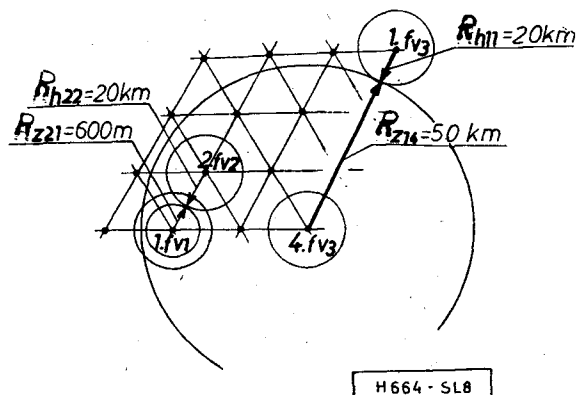
$$R_{z21} = 600 \text{ m,}$$

$$R_{h22} = 20 \text{ km,}$$

- a 9. ábra $h_{1e} = 50$ m paraméterű görbét tekintve:

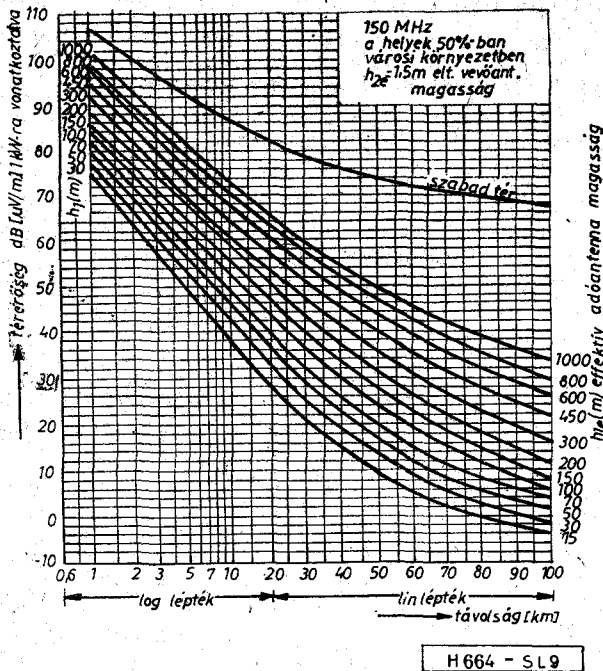
$$\bar{E}_r(R_{z21}) = 88 \text{ dB,}$$

$$\bar{E}_r(B_{h22}) = 36 \text{ dB,}$$



8. ábra. Hálózatgeometria-részlet a zavarvalószínűségek számításához. Az ábrán f_{v1}, f_{v2}, f_{v3} a vizsgált bázisadó vevő-frekvenciák; $f_{v1} = f_{v2} + \Delta f$

DR. DÉKÁNY LÁSZLÓNÉ



9. ábra. Hullámterjedési görbék az idő 50%-ára

— a (21)-ből:

$$\Delta E = 88 - 36 = 52 \text{ dB,}$$

— a 3. ábrából:

$$P_{212}(\Delta E) \cong 11\%.$$

A zavarvalószínűség számítása azonos csatornazavar esetében ($f=1, k=4, l=1$):

— a 8. ábrából:

$$R_{z14} = 50 \text{ km,}$$

$$R_{h11} = R_{h22} = 20 \text{ km;}$$

— a 9. ábrából:

$$\bar{E}_r(R_{z11}) = 16 \text{ dB;}$$

— a (21)-ből:

$$\Delta E = 16 - 36 = -20 \text{ dB;}$$

— a 3. ábrából:

$$P_{141}(\Delta E) \cong 4\%.$$

IRODALOM

[1] E. Wey: Der mobile Ruf- und Spechfunk. Verlag Technische Rundschau, Stuttgart, 1972.
 [2] Szlavicska L.: Rádiótelefon-hálózatok egzakt zavarmodellje. PKI Közleményei, 1979.
 [3] CCIR XIII. th. Plenary Assembly Vol. V. Rep. 567, Geneva, 1974.
 [4] Okumura—Ohmori—Kawano—Fukuda: Field Strength and its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service. Review of the Electrical Communication Laboratory, 1968. 9—10. Sept—Oct.

Szomorú szívvel jelentjük, hogy tragikus hirtelenséggel elhunyt dr. Dékány Lászlóné, a műszaki tudományok kandidátusa, az MTESZ és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület elnökségének tagja, a Környezetállósági Szakosztály titkára.

Budapesten született 1934-ben és tanulmányait is ott végezte. Munka mellett tanuló képezte magát tovább és szerzett vegyészmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen 1962-ben. Alkotó mérnöki pályafutását 1957-ben a BHG Híradástechnikai Vállalatnál kezdte, ahol mindvégig eredményesen dolgozott.

Munkája összeforrott a tudományos igényű és színvonalú vizsgálati technikával. Elsősorban kontaktusok és érintkezőszerkezetek vizsgálatával foglalkozott. E témakörben védte meg kandidátusi értekezését 1970-ben. Nevéhez fűződik számos vizsgálati eljárás és készülék kifejlesztése, amelyek közül a kontaktusanyagok erózióállóságának izotópos vizsgálati módszere külön is említést érdemel.

Jelentős szerepe volt a gyártmányok környezetállóságának vizsgálatára szolgáló szabványok kidolgozásában. E területen nemzetközi munkát is végzett, haláláig vezetője volt az IEC TC 75 hazai munkabizottságának, valamint részt vett a KGST szakbizottságainak tevékenységében.

Széles körű műszaki irodalmi munkásságot folytatott. Lapunk a Híradástechnika hasábjain kívül számos hazai és külföldi folyóiratban is talákoztunk érdekes gondolataival.

Különös aktivitással vett részt a villamos kontaktusok kérdésével kapcsolatos nemzetközi tudományos életben, egyik szervezője volt a RECO '75 rendezvénynek és a könyörtelen halál éppen az 1980-ra tervezett, az érintkezőjelenségekkel foglalkozó budapesti nemzetközi konferencia szervezésében folytatott lelkes munkáját szakította meg.

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület mindig munkára kész tagját, a hazai és nemzetközi tudományos élet pedig tehetséges képviselőjét veszítette el.

Emlékét megőrizzük.

HÁLÓZATELMÉLETI KONFERENCIA

Az European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD—80) legközelebb Varsóban lesz 1980. szeptember 2. és 5. között. Részletes felvilágosítás a következő címen kérhető: Prof. J. Osowski, Politechnica Warszawska, ul. Nowowiejska 15/19, 00—665 Warszawa, Poland.