

# Analóg mikrohullámú összeköttetések zajának számítása kézi kalkulátorok segítségével

DR. CSERNOCH JÁNOS  
Orion



## ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző a cikk első részében a zajsámítás menetét tárgyalja. A cikk második részében a zajsámítás konkrét programja és folyamatábrája található Texas TI programmable T58C kalkulátor esetén.

## DR. CSERNOCH JÁNOS

1954-ben fejezte be tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetem fizikus szakán. Mikrohullámú műszerek és rádiólokátorok gyártástechnológiájával foglalkozott. Mai szakmai te-

rülete analóg és digitális mikrohullámú rendszertechnika, továbbá elektromágneses hullámok terjedése. A Kandó Kálmán Villamosipari Főiskolán ezeket a témákat oktatja. Több közlemény szerzője. A „Műszaki Tudományok Kandidátusa”.

## Bevezetés

A programozható kis kalkulátorok elterjedése kapcsán felmerült az igény olyan programok kidolgozására, melyek kis kalkulátoron is lefuttathatók. Ezzel lényegében nemcsak a nagy számítógéppel kapcsolatos adminisztráció takarítható meg, hanem a program akkor is lefuttatható, ha a vonaltervező nem a vállalat területén, hanem pl. attól távol, valahol kiküldetésben van.

Természetesen ami a tárolható adatokat és a programlépéseket illeti, szerényebbeknek kell lennünk. Az alábbi példában egy Texas TI Programmable T58C kalkulátoron lefuttatható programot ismertetünk max. 240 programlépéssel és 30 memóriával.

A program két részből áll:

1. Szakaszcsillapítás-számítás
2. Zajsámítás

A szakaszcsillapítás-számítás az elején két elágazó utasítást tartalmaz attól függően, hogy az RF szakasz tartalmaz-e sík tükröt, vagy kettős paraboloidot (1. ábra).

A három zajsámítás ( $TF$ ,  $TV$  és kísérőhang) a szakaszcsillapításhoz csatlakoztatható. Ami az összeköttetés hosszát illeti, csak a  $TF$  átvitel esetén van korlátozás (max. 840 km), de ha a kiértékeléstől eltekintünk, akkor ez is megszüntethető.

Ami a zajsámítás menetét és a zajelőírásokat illeti, a dolgozat a  $CCIR$  előírásokra támaszkodik (1), (2), (3), (4), (5).

A program a következő eredményeket szolgáltatja ( $R/S$ ):

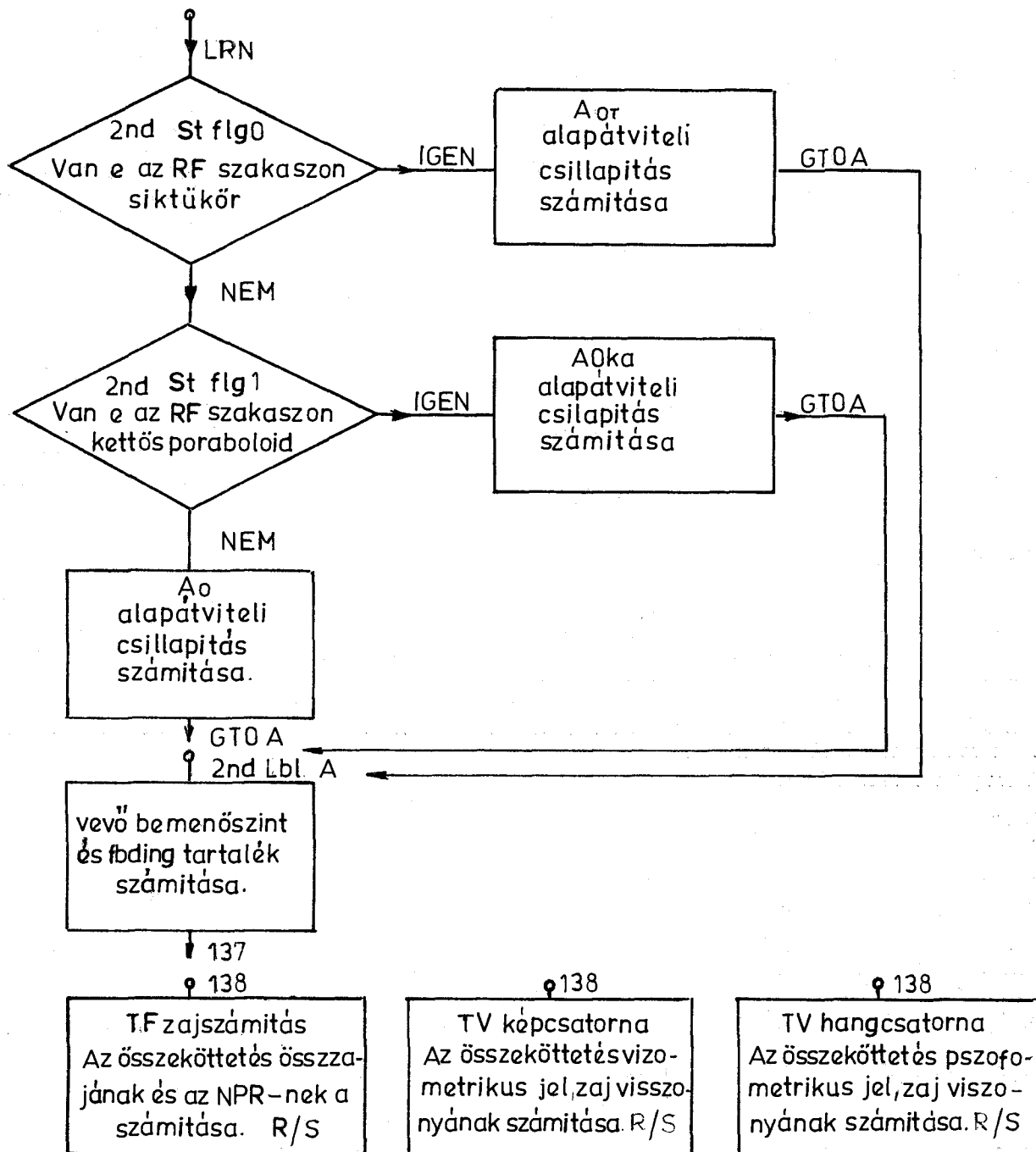
### 1. Szakaszcsillapítás-számítás

- a) Vevő bemenőszint
- b) Fading tartalék

### 2. $TF$ zajsámítás

- a) Bemenő szinttől függő zaj  $0\text{dB}$  fading esetén ( $P_{z0}$ )  $\text{pW}_0$ -ban.
- b) Bemenő szinttől függő zaj  $-3\text{dB}$  fading esetén ( $P_{zF0}$ )  $\text{pW}_0$ -ban.
- c) Össz zaj az összeköttetés elejétől számítva ( $P_{zTOT}$ )  $\text{pW}_0$ -ban.
- d)  $NPR$   $\text{dB}$ -ben.

Beérkezett: 1985. II. 6. (\*)



1. ábra. A zajsámítás folyamat ábrája.

H 921 - 1

### 3. Tv képesatorna zajsámítása

— Vizometrikus jel/zaj viszony az összeköttetés elejétől számítva.

### 4. Tv hangcsatorna zajsámítása

— Pszofometrikus jel/zaj viszony az összeköttetés elejétől számítva 1 mW hasznos jelre vonatkoztatva. Végezetül megjegyezzük, hogy a program minden változtatása nélkül T59 kalkulátoron is lefuttatható mágneskártya segítségével.

Más típusú kalkulátor alkalmazása esetén a program értelemszerűen átírható a közölt példa alapján.

# 1. Példák teljes összeköttetések zajának számítására

## 1.1. Szakaszcsillapítás-számítás

Adott egy 4 RF szakaszból álló mikrohullámú összeköttetés a következő adatokkal: RF szakaszok száma: 4 (a megadásban az  $i=1, 2, 3$  és 4 számozás az érvényes).

### A) Csillapítás-adatok

#### A) 1. Kereten belüli csillapítások (negatív előjellel)

Adóoldal (minden RF szakaszra érvényes)

Széles sávú cirkulátor csill.	$A_{AKSZC} = -0,25$ dB
Légelzáró csill.	$A_{AKL} = -0,1$ dB
Izolátor csill.	$A_{AKIZ} = -0,25$ dB
Iránycsatoló csill.	$A_{AKIR} = -0,1$ dB
Szűrőváltósűrő csill.	$A_{AKSZVSZ} = -1,0$ dB
Keskenysávú cirkulátor- átmenet csill.	$A_{AKKC} = -0,25$ dB
Keskenysávú cirkulátor- átmenet száma (poz)	$K_{AKC} = 4$ dB
Hullámvezető kereten belüli csill.	$A_{AKC} = -0,14$ dB

Vevőoldal (minden RF szakaszra érvényes)

Széles sávú cirkulátor csill.	$A_{VKSZC} = -0,25$ dB
Légelzáró csill.	$A_{VKL} = -0,1$ dB
Izolátor csill.	$A_{VKIZ} = -0,25$ dB
Iránycsatoló csill.	$A_{VKIR} = -0,1$ dB
Szűrőváltósűrő	$A_{VKSZVSZ} = -1,0$ dB
Keskenysávú cirkulátor- átmenet csill.	$A_{VKKC} = -0,25$ dB
Keskenysávú cirkulátor- átmenet száma (poz)	$K_{VKC} = 4$ dB
Hullámvezető	$A_{VKH} = -0,14$ dB

#### A) 2. Antenna és antennatápvonal jellemzői

Adóoldal	$i=1$	2	3	4
Tápvonal csillapítása $a_{ATAPV}$ [dB/m]	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Tápvonalhossz $l_{ATAPV}$ [m]	20	13,5	26	35
Adóantenna nyeresége $G_A$ [dB]	38,5	45	45	45
Radom csillapítása $A_{ARA}$ [dB]	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75

Vevőoldal

Tápvonal csillapítása $a_{VTAPV}$ [dB/m]	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Tápvonalhossz $l_{VTAPV}$ [m]	14,3	24	43	15
Vevőantenna nyeresége $G_V$ [dB]	45	45	45	45
Radom csillapítása $A_{VRA}$ [dB]	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75
Beiktatott $A_p$ csillapítás (fix) [dB]	0	0	0	0

A) 3. Adóteljesítmény $P_A$ [W]	0,7	0,7	0,7	0,7
Küszöbérték [dBW]	-103	-103	-103	-103

#### A) 4. RF szakasz adatai

Frekvencia [MHz]	8150	8150	8150	8150
RF szakasz hossza [km]	19,6	45,4	28,2	6,5
Diffrakciós csillapítás [dB]	-0	0	-0	-0

### B) Csillapítás számítása

#### B) 1. RF szakasz

Alapátviteli csillapítás

$A_0 = -20 \log f$ [MHz] - $20 \log d_{RP}$ [km] - 32,447 [dB]	-136,51	-143,81	-139,68	-
- 126,93 (értelmszerűen)				
RF szakasz csillapítás				
$A_{RF} = G_A + G_V + A_0 + A_{diff}$ [dB] - 37,93 (értelmszerűen)	53,01	53,81	56,68	-
B) 2. Kereten belüli csillapítás				
Adóoldal				
$A_A = A_{AKSZVSZ} + A_{AKL} + A_{AKIZ} + A_{AKIR} +$ $+ A_{AKSZVSZ} + K_{AKC} + A_{AKKC} + A_{AKC}$ [dB]				-2,84
Vevőoldal				
$A_V = A_A$ [dB]				-2,84
B) 3. Antennatápvonal-rendszer				
Adóoldal				
$A_{AT} = R_{ATAPV} \cdot 0_{ATAPU} + A_{ARA}$	$i=1$	2	3	4
	-2,55	-1,965	-3,09	-3,9
Vevőoldal				
$A_{VT} = A_{ATAPV} \cdot A_{VTADV} + A_{ARA} + A_P$	-2,037	-2,91	-4,62	-2,1
B) 4. Pótlólagos csillapítás				
$A_{ZO} = A_A + A_V + A_{AT} + A_{VT}$	-10,267	-10,555	-13,39	-11,68
B) 5. Teljes szakaszcsillapítás				
$A_{RFTOT} = A_{RF} + A_{ZU}$	-63,282	-64,366	-63,07	-48,61
B) 6. Vevő bemenőszint				
$P_{vdB} = 10 \log P_A + A_{RFTOT}$	-64,83	-65,92	-64,61	-50,15
B) 7. Fading tartalék				
$A_{Fres} = P_{kú} - P_{vdB}$	-38,17	-37,08	-38,39	-52,84

### 1, 2 TF zajszánítás

#### A) Zajadatok

##### A) 1. Terheléstől független adatok

Adó-vevő alapzaj $P_B$ [pW <sub>0</sub> ]	20	20	20	20
Modem teljes zaj $P_{mod}$ [pW <sub>0</sub> ]	70	0	0	0
Antenna hátrasugárzás $P_{ant}$ [pW <sub>0</sub> ]	0	2,5	2,5	0
Rendszerérték $S_{TF}$ [dB]	139,5	139,5	139,5	139,5
Közepes fading $A_{FD}$ [dB]	-3	-3	-3	-3

##### A) 2. Intermoduláció

Adó-vevő intermod. $P_{VAINT}$ [pW <sub>0</sub> ]	40	40	40	40
Tápvonalintermod $P_{INTW}$ [pW <sub>0</sub> ]	20	20	20	20
Tartalékolás $P_{tart}$ [pW <sub>0</sub> ]	0	30	0	0

#### B) Zajszámítás

##### B) 1. Bemenő szinttől függő zaj

Bemenő szinttől függő jel/zaj viszony

$P_{z0dB} = S_{TF} + A_{RFTOT}$ [dB]	76,223	75,134	76,44	90,89
--------------------------------------	--------	--------	-------	-------

Bemenő szinttől függő zaj odB fading esetén

$P_{z0} = 10^9 \text{ mW} \log \frac{-P_{z0dB}}{10}$ [pW <sub>0</sub> ]	23,89	30,65	22,73	0,81
---	-------	-------	-------	------

Bemenő szinttől függő zaj átlagfading esetén

$P_{ZFD} = P_{Z0} \cdot \text{num log} - \frac{A_{FD}}{10}$ [pW0]	47,78	61,33	45,45	1,63
B) 2. <i>Bemenő szinttől független zaj</i>	1	2	3	4
$P_{IND} = P_B + P_{mod} + P_{ant} + P_{VAINT} + P_{INTW} + P_{tart}$ [pW0]	150	112,5	82,5	80
<i>F, 5, 3 Szakasz teljes zaj</i>				
$P_{ZTOT} = P_{ZFD} + P_{IND}$ [pW0]	197,78	173,83	127,95	81,63
<i>NPR CCIR [dB]</i>				
$10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT}} - 18,5$ [CCIR]	48,54	45,80	44,51	43,86
<i>NPR KGST [dB]</i>				
$10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT}} - 16,5$ [KGST]	50,54	47,80	46,51	45,86

B) 3. *Zajok a szakasz elejétől számítva (i=1)*

Bemenő szinttől független zaj

$\sum_{i=1}^i P_{IND}(i)$ [pW0]	150	262,5	345	425
---------------------------------	-----	-------	-----	-----

Bemenő szinttől függő zajok összege OdB fading esetén

$\sum_{i=1}^i P_{z0}(i)$ [pW0]	23,89	54,56	174,71	78,09
--------------------------------	-------	-------	--------	-------

Bemenő szinttől függő zajok összege átlagfading esetén

$\sum_{i=1}^i P_{ZFD}(i)$ [pW0]	47,78	109,11	154,56	156,2
---------------------------------	-------	--------	--------	-------

Teljes zaj OdB átlagfading esetén

$P_{TOT0} = \sum_{i=1}^i P_{z0}(i) + \sum_{i=1}^i P_{IND}(i)$ [pW0]	173,89	317,06	422,28	503,09
---	--------	--------	--------	--------

Teljes zaj  $A_{FD}$  átlagfading esetén

$P_{TOT} = \sum_{i=1}^i P_{ZH}(i) + \sum_{i=1}^i P_{INP}(i)$ [pW0]	197,76	371,61	499,56	581,19
--	--------	--------	--------	--------

Az összeköttetés hossza

$$L = \sum d_{RF} = 19,6 + 45,4 + 28,2 + 6,5 = 99,7 \text{ [km]}$$

A vonatkozó előírás  $50 \text{ km} < L \leq 840 \text{ km}$  esetére

$$P_{CCIR} = 3L + 200 \text{ [pW0]} = 3 \cdot 99,7 + 200 = 499,1 \text{ [pW0]}$$

Megjegyzés: hosszabb összeköttetés esetén a szóban forgó ajánlás

$840 \text{ km} < L \leq 1670 \text{ km}$  esetén

$$P_{CCIR} = 3L + 400 \text{ [pW0]}$$

$1670 \text{ km} < L \leq 2500 \text{ km}$  esetén

$$P_{CCIR} = 3L + 600 \text{ [pW0]}$$

1.3. *Tv-képcsatorna zajszámítása*

A) <i>Zajadatok</i>	1	2	3	4
Adó-vevő alapzaj $P_B$ dB [dB]	-77	-77	-77	-77
Modem teljes zaj $P_{mod}$ dB [dB]	-72	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$
Antennasugárzás $P_{ant}$ dB [dB]	-80	-77	-77	-80
Rendszerérték $S_{TV}$ [dB]	148,8	148,8	148,8	148,8

RF szakasz csillapítás $A_{RFTOT}$ [dB]	-63,282	-64,366	-63,07	-49,61
Átlagfading $A_{FD}$ [dB]	-3	-3	-3	-3
1%-os időhányadhoz tartozó jel/zaj (referencia- hálózatra vonatkoztatva)			$X_1=57$ dB	
RF szakasz száma a referenciahálózatban			$n_{REF}=20$	

### B) Zajszámítás

#### B) 1. Szintek átszámítása pW-ra (vonatkozási teljesítmény 1 mW)

Adó-vevő alapzaj

$$P_B = 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_{B \text{ dB}}}{10} \right] \text{ [pW]} \quad 19,95 \quad 19,95 \quad 19,95 \quad 19,95$$

Modem teljes zaj

$$P_{\text{mod}} = 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_{\text{mod dB}}}{10} \right] \text{ [pW]} \quad 63,10 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

Antenna hátrasugárzás

$$P_{\text{ant}} = 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_{\text{ant dB}}}{10} \right] \text{ [pW]} \quad 10 \quad 19,95 \quad 19,95 \quad 10$$

#### B) 2. Bemenő szinttől függő zaj számítása

Bemenő szinttől függő jel/zaj viszony

$$P_{z0 \text{ dB}} = S_{TV} + A_{RFTOT} \text{ [dB]} \quad 85,52 \quad 84,43 \quad 85,73 \quad 100,19$$

Bemenő szinttől függő zaj OdB-es fading esetén

$$P_{z0} = 10^9 \text{ num log} \left[ -\frac{P_{z0 \text{ dB}}}{10} \right] \text{ [pW]} \quad 2,81 \quad 3,60 \quad 2,67 \quad 9,57 \cdot 10^{-2}$$

Bemenő szinttől függő zaj átlagfading esetén

$$P_{ZFO} = P_{z0} \text{ num log} \left[ -\frac{A_{Fa}}{10} \right] \text{ [pW]} \quad 5,61 \quad 7,21 \quad 5,34 \quad 1,91 \cdot 10^{-1}$$

#### B) 3. Bemenő szinttől független zaj

Hozzájárulás

$$P_{IND} = P_B + P_{\text{mod}} + P_{\text{ant}} \text{ [pW]} \quad 93,05 \quad 39,91 \quad 39,91 \quad 29,95$$

Teljes zajhozzájárulás átlagfading esetén

$$P_{ZH} = P_{ZFD} + P_{IND} \text{ [pW]} \quad 98,66 \quad 47,11 \quad 45,25 \quad 30,14$$

#### B) 4. Zajok a szakasz elejétől ( $i=1$ ) számítva

Bemenő szinttől független zaj

$$\sum_{i=1}^l P_{IND}(i) \text{ [pW]} \quad 93,05 \quad 132,95 \quad 172,86 \quad 203,81$$

Bemenő szinttől függő zajok összege odB fading esetén

$$\sum_{i=1}^l P_{zi}(i) \text{ [pW]} \quad 2,81 \quad 6,41 \quad 9,08 \quad 21,38$$

Bemenő szinttől függő zajok összege átlag fading  
esetén

$$\sum_{i=1}^l P_{ZFD}(i) = \text{ [pW]} \quad 5,61 \quad 12,82 \quad 18,16 \quad 18,35$$

Teljes zaj (odB átlagfading)

$$P_{TOT} = \sum_{i=1}^l P_{z0}(i) + \sum_{i=1}^l P_{IND}(i) \text{ [pW]} \quad 95,86 \quad 139,36 \quad 181,94 \quad 211,99$$

Teljes zaj ( $A_{FD}$  átlagfading)

$$P_{TOT} = \sum_{i=1}^l P_{ZK}(i) + \sum_{i=1}^l P_{IND}(i) \text{ [pW]} \quad 98,66 \quad 145,77 \quad 191,02 \quad 222,16$$

Az összeköttetés hossza  
20%-os időhányadhoz tartozó zajelőírás:

$$L = 99,7 \text{ km}$$

$$X_1 = 57 \text{ dB}$$

$$X_{20} = X_1 + 4 = 61 \text{ dB}$$

20%-os időhányadhoz tartozó zajelőírás:

$$P_{EL\text{dB}} = X_{20} + 10 \log \frac{n_{REF}}{n}$$

Megjegyzés: az utóbbi előírást  $n \geq 5$  esetén vesszük csak figyelembe  
Vizometrikus jel/zaj viszony

$$P_{TOT\text{dB}} = 10 \log \frac{10^9}{P_{TOT}} = 66,55 \text{ dB}$$

#### 1.4. Tv hangcsatorna zajszámítás

a) Zajadatok	1	2	3	4
Adó-vevő alapzaj $P_B\text{dB}$ [dB]			elhanyagolható	
Modem teljes zaj $P_{Mod\text{dB}}$ [dB]	-70	-	-	-
Antenna $P_{ant\text{dB}}$ [dB]			elhanyagolható	
Rendszerérték $S_{TVH}$ [dB]	141,7	141,7	141,7	141,7
RF szakasz csillapítás				
$A_{RFTOT}$ [dB]	-64,277	-64,365	-70,07	-58,11
Átlagfading $A_{FD}$ [dB]	-3	-3	-3	-3
1%-os időhányadhoz tartozó zajelőírás referencia- hálózatra vonatkoztatva (CCITT Rec. P. 53 szerinti régi hálózatra)			$X_1 = 44 \text{ dB OpS}$	
RF szakaszok száma a referencia-hálózatban			$n_{REF} = 20$	

Megjegyzés: a CCIR Rec. 468-1 szerinti új  
hálózatra vonatkozó zajelőírás  $X_1 = -40 \text{ dBmOpS}$

#### B) 1. Szintek átszámítása pW-ra (vonatkozási teljesítmény 8 mW)

Adó-vevő alapzaj	1	2	3	4
$P_B = 8 \cdot 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_B\text{dB}}{10} \right]$ [pW]	0	0	0	0
Modem teljes zaj	1	2	3	4
$P_{mod} = 8 \cdot 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_{mod\text{dB}}}{10} \right]$ [pW]	800	0	0	0
Antenna hátrasugárzás				
$P_{ant} = 8 \cdot 10^9 \text{ num log} \left[ \frac{P_{ant\text{dB}}}{10} \right]$ [pW]	0	0	0	0

#### B) 2. Bemenő szinttől függő zaj

Bemenő szinttől függő jel/zaj	1	2	3	4
$P_{z0\text{dB}} = S_{TV} + A_{RFTOT}$ [odB]	78,418	77,334	78,63	93,09
$\sum_{i=1}^i P_{z0} = 10^9 \text{ num log} \left[ -\frac{P_{z0\text{dB}}}{10} \right]$ [pW]	115,16	147,81	109,55	3,93
Bemenő szinttől függő zaj átlagfading esetén				
$\sum_{i=1}^i P_{zFD} = P_{z0} \text{ num log} \left[ -\frac{A_{F0}}{10} \right]$ [pW]	230,33	295,53	219,10	7,85

#### B) 3. Bemenő szinttől független zaj

$P_{IND} = P_B + P_{mod} + P_{ant}$ [pW]	800	0	0	0
Teljes zajhozzájárulás				
$P_{zH} = P_{zFD} + P_{IND}$ [pW]	1030,33	295,53	219,10	7,85

B) 4. Zajok a szakasz elejétől számítva

Bemenő szinttől független zaj

$\sum_{i=1}^i P_{IND}(i)$ [pW]	800	800	800	800
--------------------------------	-----	-----	-----	-----

Bemenő szinttől függő zajok összege odB fading esetén

$\sum_{i=1}^i P_{z0}(i)$ [pW]	115,16	262,98	372,53	376,45
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Bemenő szinttől függő zajok összege átlagfading esetén

$P_{ZFD}(i)$ [pW]	230,33	525,96	745,05	752,90
-------------------	--------	--------	--------	--------

Teljes zaj odB átlagfading esetén

$P_{TOT} = \sum_{i=1}^i P_{z0}(i) + \sum_{i=1}^i P_{IND}(i)$ [pW]	915,16	1062,98	1972,53	1176,93
---	--------	---------	---------	---------

Teljes zaj  $A_{FD}$  átlagfading esetén

$P_{TOT} = \sum_{i=1}^i P_{ZH}(i) + \sum_{i=1}^i P_{IND}(i)$ [pW]	1030	1326	1545	1553
---	------	------	------	------

Az összeköttetés hossza

$$L = 99,7 \text{ km}$$

$$X_1 = -44$$

20%-os időhányadhoz tartozó zajelőírás

$$X_{20} = X_1 - 4 = -48 \text{ dBm-ps}$$

20%-os időhányadhoz tartozó arányos zajelőírás

$$P_{EL \text{ dB}} = X_{20} - 10 \log \left[ \frac{n_{REF}}{n} \right]$$

$$P_{EL \text{ dB}} = -54,98 \text{ dB mps}$$

Megjegyzés: az utóbbi előírást  $n \geq 5$  esetén vesszük csak figyelembe.

1 mW teljesítményre vonatkoztatott jel/zaj viszony

$$P_{TOT} \text{ dB} = 10 \log \frac{10^9}{P_{TOT}} = 55,09 \text{ dB}$$

## 2. Zajmérleg számítása gépi úton

Az alábbiakban közöljük a zajmérleg számítását Texas kalkulátor segítségével. (TI Programmable T58C, vagy TI Programmable T59).

A program két blokkból áll:

### 1. Zajszaítás

- Szakaszcsillapítás-számítás +  $TF$  zajszaítás
- Szakaszcsillapítás-számítás +  $TV$  zajszaítás
- Szakaszcsillapítás-számítás + kísérőhang – zajszaítás.

### 2. Mélyfodingszaítás

- $TF$  mélyfodingszaítás
- $TV$  mélyfodingszaítás
- Kísérőhang – mélyfodingszaítás

Megjegyezzük, hogy a szakaszcsillapítás-számítás mind a három zajszaítás esetén azonos. Így először a szakaszcsillapítást közöljük. A különböző zajszaításokat illeszteni lehet a szakaszcsillapítás-számításhoz. A programlépéseket is ennek megfelelően számoztuk. (A mélyfodingszaítást itt most nem közöljük.)

#### 2.1. Szakaszcsillapítás-számítás

Memóriaelosztás (Partitioning, 3–2 nd OP17): 239,29

Betáplálendő adatok:

- |  |        |
|--|--------|
| - $RF$ szakasztávolság $d_{RF}$ [km]                                   | STO-01 |
| - Antennatápvonal hossza (adó) $l_A$ [m]                               | STO-02 |
| - Antennatápvonal hossza (vevő) $l_V$ [m]<br>(az összeget ellenőrizni) | SUM-02 |
| - Adóantenna nyeresége $G_{Ai}$ [dB]                                   | STO-03 |
| - Vevőantenna nyeresége $G_{vi}$ [dB]<br>(az összeget ellenőrizni)     | SUM-03 |
| - Frekvencia $f_0$ [MHz]   | STO-04 |



- Első résztávolság  $d_{1p}$  [km] vagy  $d_{ATK}$  [km] (kettős paraboloid vagy síktükör) STO-05
- Második résztávolság  $d_{2p}$  [km] vagy  $d_{v1K}$  [km] (kettős paraboloid vagy síktükör  $d_{RF} = d_{1p} + d_{2p} = d_{ATV} + d_{vTK}$ ) STO-06
- Síktükör geometriai felülete  $A_T$  [m<sup>2</sup>] STO-07
- Eltérítés szöge  $O_{rd}$  [f-ok] (síktükör esetén) STO-08
- Tápvonal csillapítása méterenként  $\alpha$  [dB/m] 2 nd (A szorzatot ellenőrizni!) Prd-02
- Kereten belüli csillapítás (adó oldal)  $A_A$  [dB] STO-09
- Kereten belüli csillapítás (vevő oldal)  $A_V$  [dB] (Összeget ellenőrizni!) SUM-09

Megjegyzés: az utóbbi kettő a széles sávú cirkulátor, a légzáró, az izolátor, az iránycsatoló, a szűrőváltó, a keskenysávú cirkulátorok és a tápvonal csillapításának összege.

- Diffrakciós és egyéb csillapítás összege  $A_{diff}$  [dB] STO-15
- Kettős antenna nyeresége  $G_1$  [dB] (kettős paraboloid) STO-17
- Kettős antenna nyeresége  $G_2$  [dB] (Az összeget ellenőrizni!) SUM-17
- Küszöbszint  $P_{ka}$  [dBW] STO-19
- 142,75 STO-21
- 32,447 STO-22
- 64,894 STO-23
- Adóteljesítmény-szint  $10 \log P_A$  dBW STO-24

(A  $P_A$  adóteljesítményt W-ban kell behelyettesíteni. Az első RF számítása előtt a következő műveleteket végezzük el:

- Zérus, ill. 0 STO-27
- Zérus, ill. 0 STO-28
- Zérus, ill. 0 STO-29

A továbbiakban egy összeköttetés számításán belül ezekhez a memóriákhoz nyúlni nem szabad (27, 28 és 29).

A szakaszcsillapítás számítás elágazó utasításokat tartalmaz. A programok beindítása előtt a következő műveletek elvégzése szükséges:

- Csak adó- és vevőantennával ellátott RF szakasz esetén:  $RST - R/S$
- Síktükörrel ellátott RF szakasz esetén:  $RST - 2$  nd St flg - 0 - R/S
- Kettős paraboloidokkal ellátott RF szakasz esetén:  $RST - 2$  nd St flg - 1 - R/S
- Az alapátviteli csillapítás képletei a következők:

- Csak adó- és vevőantennával ellátott RF szakasz esetén:

$$A_p \text{ [dB]} = -32,447 - 20 \log d_{RF} \text{ [km]} - 20 \log f \text{ [MHz]}$$

- Síktükörrel ellátott RF szakasz esetén:

$$A_{OT} \text{ [dB]} = -20 \log (D_{ATK} \text{ [m]} d_{vTK} \text{ [m]}) + 20 \log A_T \text{ [m]} \cos \frac{A_{td} \text{ [fok]}}{2} - 142,75 \text{ [dB]}$$

- Kettős paraboloidokkal ellátott RF szakasz esetén

$$A_{okA} \text{ [dB]} = G_1 \text{ [dB]} + G_2 \text{ [dB]} - 40 \log f \text{ [MHz]} - 20 \log d_{1p} \text{ [km]} - 20 \log d_{2p} \text{ [km]} - 64,894 \text{ dB}$$

Program: (A tételes programot minden érdeklődőnek szolgáltatom.)

## 2.2. TF zajsámítás

Betáplálandó adatok:

- $S_{TF}$  [dB] = Rendszerérték (pozitív előjellel) STO-11
- Bemenő szinttől független zajok összege
- $P_{BB} = P_B + P_{ANT} + P_{VA-INT} + P_{RES} + P_{INT-W}$  STO-12  
( $P_B$  = adó-vevő alapzaj)
- $P_{ANT}$  = antenna hátrasugárzás, ill. interferencia
- $P_{VA-INT}$  = adó-vevő intermoduláció
- $P_{RES}$  = tartalékoló automatika zaja
- $P_{INT-W}$  = tápvonal intermoduláció)
- $P_{mod}$  = Modem teljes zaj STO-13
- $L = \sum d_{RF}$  = az összeköttetés hossza STO-14

- 18,5
- 200

STO-18  
STO-00

A zajszámítás képletei a következők:

a) CCIR alapon vett zajviszony

$$(NPR)_{CCIR} = 10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT} [pW_0]} - 18,5 \text{ dB}$$

( $P_{ZTOT}$  = teljes zaj)

b) KGST alapon vett zajviszony

$$(NPR)_{KGST} = 10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT} [pW_0]} - 16,5 \text{ dB}$$

c) Bemenő szinttől függő jel/zaj viszony dB-ben

$$P_{z0 \text{ dB}} = S_{TF} + A_{RFTOT} \quad (A_{RFTOT} \text{ negatív})$$

$$\text{Bemenő szinttől függő zaj OdB fading esetén } P_{ZD} [pW_0] = 10^9 \text{ num log } -\frac{P_{z0 \text{ dB}}}{10}$$

$$\text{Bemenő szinttől függő zaj } -3 \text{ dB fading esetén } P_{ZFD} = 2P_{z0}$$

d)  $50 \text{ km} < L \leq 840 \text{ km}$  hosszú összeköttetés esetén a megengedett zaj  $P_{CCIR} [pW_0] = 3L [\text{km}] + 200 [pW_0]$

Program: (A tételes programot minden érdeklődőnek szolgáltatom.)

### 2.3. TV zajszámítás (képcsatorna)

Betáplálendő adatok:

- $S_{TV}$  [dB] = Rendszerérték (pozitív előjellel) STO-11
- $P_{B \text{ dB}}$  = Adó-vevő alapzajszint STO-12
- $P_{mod \text{ dB}}$  = Modem teljes zajszint STO-13
- (Ha nincsen modulátor  $P_{mod \text{ dB}} = -900 \text{ dB}$ )
- $P_{mod \text{ dB}}$  = Antenna hátrasugárzás STO-14
- $X_{20} = 57 + 4 = 61 \text{ dB}$  STO-18
- (20%-os időhányadhoz tartozó zajajánlás CCIR Recommendation.  $X_1 = 57 \text{ dB}$ )
- $n_{REF} = RF$  szakaszok száma a referenciahálózatban STO-20
- $n = RF$  szakaszok száma a szóban forgó összeköttetésen STO-10

A zajszámítás képletei a következők:

a) Átszámítások:

$$\text{Adó-vevő alapzaj } P_B [pW] = 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{B \text{ dB}}}{10} \right].$$

$$\text{Modem teljes zaj } P_{mod} [pW] = 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{mod \text{ dB}}}{10} \right].$$

$$\text{Antenna hátrasugárzás } P_{ant} [pW] = 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{akt \text{ dB}}}{10} \right].$$

b) Bemenő szinttől függő jel/zaj viszony dB-ben

$$P_{z0 \text{ dB}} = S_{TV} + A_{RFTOT} \quad (A_{RFTOT} \text{ negatív})$$

$$\text{Bemenő szinttől függő zaj } 0 \text{ dB fading esetén } P_{z0} [pW] = 10^9 \text{ num log } \left( -\frac{P_{z0 \text{ dB}}}{10} \right).$$

$$\text{Bemenő szinttől függő zaj } -3 \text{ dB fading esetén } P_{ZFD} [pN] = 2 P_{z0}$$

c) A 20% időhányadhoz tartozó arányos zajelőírás:

$$P_{El \text{ dB}} = X_{20} + 10 \log \left[ \frac{n_{REF}}{n} \right].$$

(Nem kötelező!)

d) Vizometrikus jel/zaj viszony  $P_{ZTOT} = 10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT}}$ .

( $P_{ZTOT}$  = Az összeköttetés zaja az összeköttetés elejétől számítva.)

c) Referenciafeszültség:  $0,7 \text{ V}_{p-p}$

Program: (a tételes programot minden érdeklődőnek szolgáltatom.)

## 2.4. TV zajszámítás (hangsatorna)

Betáplálendő adatok:

– $S_{TVH}$ = Rendszerérték (pozitív előjellel)	STO – 11
– $P_{BdB}$ = Adó-vevő alapzajsint	STO – 12
– $P_{moddB}$ = Modem teljes zajsint (Ha nincs modulátor $P_{moddB} = -900$ dB)	STO – 13
– $P_{onddB}$ = Antenna hátrasugárzás (Ha ez elhanyagolható $P_{anddB} = -900$ dB)	STO – 14
– $X_{20}$ = $-44 - 4 = -48$ dBmps (20%-os időhányadhoz tartozó zajsintajánlás. CCIR Recommendation $X_1 = 44$ dBmps.)	STO – 18
– $n_{REF} = RF$ szakasz száma a referenciahálózatban	STO – 20
– $n = RF$ szakasz száma a szóban forgó összeköttetésen	STO – 11

A zajszámítás képletei a következők:

a) Átszámítások:

Adó-vevő alapzaj

$$P_B [\text{pW}] = 8 \cdot 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{BdB}}{10} \right]$$

$$\text{Modem teljes zaj } P_{mod} [\text{pW}] = 8 \cdot 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{moddB}}{10} \right]$$

$$\text{Antenna hátrasugárzás } P_{am} [\text{pW}] = 8 \cdot 10^9 \text{ num log } \left[ \frac{P_{antdB}}{10} \right]$$

b) Bemenő szinttől függő jel/zaj viszony dB-ben  $P_{20dB} = S_{TVH} + A_{RFTOT}$  ( $A_{RFTOT}$  negatív)

$$\text{Bemenő szinttől zaj 0 dB fading esetén } P_{20} [\text{pW}] = 8 \cdot 10^9 \text{ num log } \left( -\frac{P_{20dB}}{10} \right)$$

$$\text{Bemenő szinttől függő zaj } -3 \text{ dB fading esetén } P_{ZFD} [\text{pW}] = 2P_{20}$$

c) A 20%-os időhányadhoz tartozó arányos zajelőírás  $P_{1E/dB} = X_{20} + 10 \log \left[ \frac{n_{BEF}}{n} \right]$

(Nem kötelező!)

d) 1 mW bemenő jelteljesítményre vonatkoztatott pszofometrikus jel/zaj viszony

$$P_{ZTOT} \text{ dB} = 10 \log \frac{10^9}{P_{ZTOT} [\text{pW}]}$$

( $P_{ZTOT}$  = Az összeköttetés zaja az összeköttetés elejétől számítva.)

e) Max. bemenő teljesítményszint: 9 dBm ~ 8 mV

Program: (a tételes programot minden érdeklődőnek szolgáltatom).

## I R O D A L O M

- [1] CCIR Recommendation 421 – 3 Requirements for the transmission of television signals over long distances. (System I excepted).
- [2] CCIR Recommendation 393-2. Allowable noise power in the hypothetical reference circuit.
- [3] CCIR Recommendation 395-1. Noise in the radio

portion of circuits to be established over real links.

- [4] CCIR Recommendation 289-1. Permissible noise in the hypothetical reference circuit.
- [5] CCIR Recommendation 504. Performance characteristics of 10 kHz type sound-programme circuits.