

# Проектиране на магистрални кабелни телевизионни мрежи при минимално ниво на шумовете

Доц. д-р инж. Кирил Радев Койчев

Докторант инж. Станимир Михайлов Садинов

Технически Университет - Габрово, факултет ЕЕ, катедра КТТ

**Subject:** Design of trunk cable TV nets with low level of noises

*Abstract: Special emphasis is laid on the problems concerning optimum solution in making the track with the lowest possible level of noises. Also discussed in here are the options for signal quality improvement by means of analyzing the noises. Possible ways of their elimination are suggested as well as ways of noise level reduction which are included in the general set up of designing and tuning the system.*

## 1. Въведение

При проектиране на кабелни телевизионни системи (CATV) е целесъобразно да се изразят шумовите характеристики на отделните и части чрез коефициента на шума  $F$ , който представлява отношение на сигнал/шум на входа, разделено на отношението сигнал/шум на изхода:

$$F = (S_i/N_i)/(S_o/N_o)$$

В [1] се анализират причините, които оказват влияние върху коефициента на шума: съпротивление на източника, честотата и най-вече температурата, при която работи магистралната кабелна TV мрежа, с цел получаване на оптимални шумови характеристики.

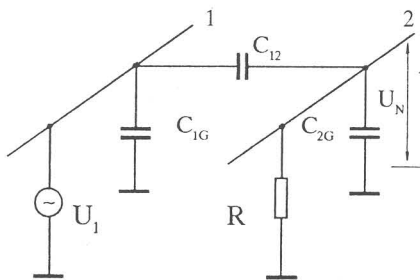
Най-отговорните етапи при проектирането на една кабелна разпределителна мрежа са свързани не само с определяне на броя, мястото на включване и допустимите граници на изменение на нивото на сигналите в изходите на усилвателите [2,3], но и отчитането на някои допълнителни фактори, които се явяват източник на смущаващи сигнали.

Магистралната и разпределителна кабелна TV мрежа (без усилвателите) е източник на шум най-вече и чрез капацитивната и магнитна връзка между екрана и вътрешния проводник. За сега тези връзки не са достатъчно систематизирани и анализирани с цел осигуряване на минимално ниво на шумовете.

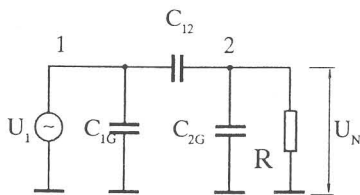
## 2. Шум в резултат на капацитивната връзка между проводниците на коаксиалните кабели.

На фиг. 1а е показано опростеното физическо представяне на капацитивната връзка между два проводника - 1 и 2, които

представляват съставна част на коаксиална кабелна двойка. Капацитетът  $C_{12}$  е случайният капацитет между проводниците 1 и 2. Капацитетът  $C_{1G}$  е капацитет между проводник 1 и земя,  $C_{2G}$  е пълният капацитет между проводник 2 и земя и  $R$  е съпротивлението на схема 2 спрямо земя. Съпротивлението  $R$  е резултат от геометрията на схемата, свързана към проводник 2, и не е случаен елемент. Капацитетът  $C_{2G}$  се състои от двата капацитета - паразитният капацитет на проводник 2 към земя и еквивалентния капацитет на някои схеми, включени към проводник 2.



фиг. 1а



фиг. 1б

Еквивалентната схема на капацитивната връзка е показана на фиг.1б. Приема се, че напрежението  $U_1$  е източник на шумов сигнал и проводникът 2 е схемата, на която се въздейства, т.е. приемник. Капацитетът  $C_{1G}$  може да се пренебрегне, тъй като той не оказва влияние на шумовата връзка. Напрежението на шума  $U_N$  получено между проводника и земя може да се запише по следния начин:

$$U_N = \frac{j\omega \cdot [C_{12} / (C_{12} + C_{2G})]}{j\omega + 1/R(C_{12} + C_{2G})} \quad (1)$$

Изразът (1) може да бъде опростен за случая, когато  $R$  е с малка стойност, отколкото импеданса на случайния капацитет ( $C_{12} + C_{2G}$ ). Следователно, за:

$$R \ll \frac{1}{j\omega \cdot (C_{12} + C_{2G})}$$

изразът (1) може да се опрости до следното равенство:

$$U_N = j\omega R C_{12} U_1 \quad (2)$$

От (2) се вижда, че напрежението на шума е право пропорционално на честотата  $\omega$  на източника на шума и на съпротивлението на схемата, върху която се въздейства.

Допускането, че напрежението и честотата на източника на шума не могат да бъдат изменени, остава изменението само на една параметъра, за да бъде намалена капацитивната връзка. Приемната схема трябва да работи или на по-нисък импеданс или трябва да се намали капацитетата  $C_{12}$ . Очевидно е, че това е свързано с избора на подходящ кабел при проектиране на системата.

Ако съпротивлението на проводника 2 към земя е голямо, така че:

$$R \gg \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G})}$$

уравнение (1) придобива вида:

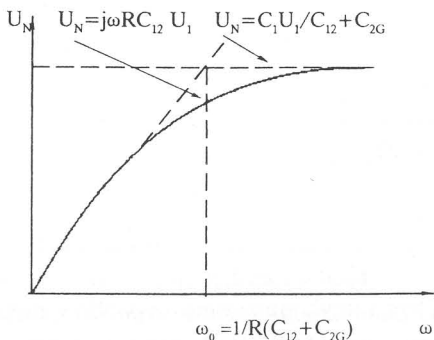
$$U_N = [C_{12} / (C_{12} + C_{2G})] U_1 \quad (3)$$

При това условие напрежението на шума, възникнало между 2 и земя е следствие на капацитивния делител на напрежение, състоящ се от  $C_{12}$  и  $C_{2G}$ . Шумовото напрежение е независимо от честотата и има по-голяма стойност в случая, когато  $R$  е малко.

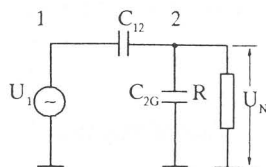
Графичната зависимост на (1) от честотата  $\omega$  е показана на фиг. 2. Очевидно е, че максималната шумова връзка се получава чрез израза (3). От същата графика се вижда, че действащото шумово напрежение е винаги по-малко или равно на стойността, дадена чрез (2). За честота:

$$\omega_0 = 1/R(C_{12} + C_{2G}), \quad (4)$$

изразът (2) дава стойността на шума, което е 1,41 пъти по-голяма от действителната стойност. За повечето практически случаи честотата е много по-малка от (4) и тогава се прилага израза (2).



фиг.2а



фиг.2б

### 3. Шум в резултат на магнитната връзка между проводниците на коаксиалните кабели.

Съществуващата магнитна връзка между екрана и вътрешния проводник при коаксиалните кабели също се явява източник на шум. Като се има напредвид конструкцията на един обикновен коаксиален кабел, индуктивността на екрана  $L_s$  е функция на потока  $\Phi$  създаден в резултат на протичащия ток  $I_s$  през екраниращата тръба:

$$L_s = \Phi / I_s \quad (5)$$

Взаимната индуктивност  $M$  между екрана и вътрешния проводник е:

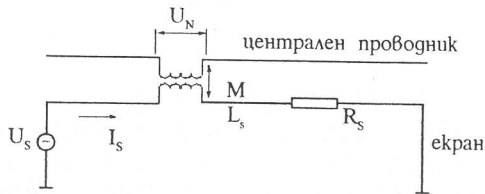
$$M = \Phi / I_s \quad (6)$$

Като се има напредвид (5) и (6) е очевидно, че

$$M = L_s \quad (7)$$

Сега може да се пресметне напрежението  $U_N$  индуктирано в централния проводник вследствие на тока  $I_s$  на екрана. Допуска се, че токът през екрана е създаден от напрежението  $U_s$  индуктирано в екрана от някоя друга схема - фиг. 3.  $L_s$  и  $R_s$  са съответно индуктивността и омичното съпротивление на екрана. Шумовото напрежение  $U_N$  ще бъде:

$$U_N = j\omega.M.I_s$$



фиг. 3

Токът  $I_s$  е равен на

$$I_s = \frac{U_s}{L_s(j\omega + R_s/L_s)} \quad (8)$$

Следователно:

$$U_N = \frac{j\omega.M.U_s}{L_s} \cdot \frac{1}{(j.\omega + R_s/L_s)} \quad (9)$$

Като се има напредвид (7) за индуктираното шумово напрежение се получава:

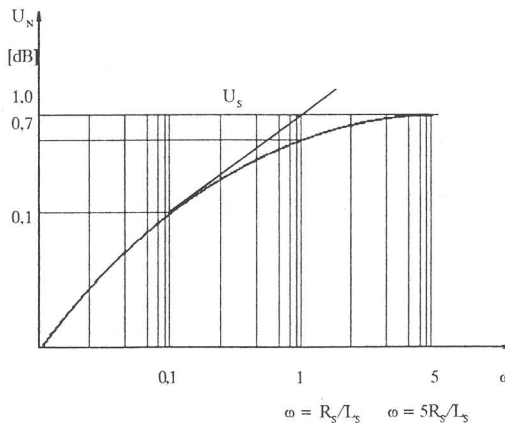
$$U_N = \frac{j \cdot \omega}{j \cdot \omega + R_S/L_S} U_S \quad (10)$$

Графичната интерпретация на (10) е показана на фиг. 4.

Честотата, при която кривата променя наклона си, е дефинирана като честота на среза на екрана -  $\omega_c$  и се получава при  $\omega_c = R_S/L_S$ .

Напрежението на шума, индуктирано в централния проводник е нула при постоянен ток и се повишава почти до  $U_S$  за честота  $\omega = 5R_S/L_S$  зададена в логаритмичен мащаб. Следователно, ако се допусне да протече ток между екрана, напрежението индуктирано в централния проводник е приблизително равно на напрежението, приложено на екрана за честоти, по-големи от пет пъти честотата на среза на екрана.

За повечето радиочестотни кабели честотата на среза на екрана им стои общо до горния край на обхвата на звуковите честоти. В общия случай екранирания с алуминиево фолио кабел има много по-висока гранична честота на екрана, отколкото всеки друг. Това е следствие на по-високото съпротивление на неговия екран, състоящ се от тънко алуминиево фолио.



фиг. 4

#### 4. Заключение:

В съвременните кабелни магистрални разпределителни системи се приема нормирана минимална стойност на отношението сигнал/шум за видеосигнала 49dB (в краен случай - 46 dB). За да се осигури това отношение сигнал/шум в премника на абоната, минималното

напрежение в изхода на всеки кабелен усилвател трябва в общия случай да е по-голямо от сумата от каналния топлинен шум, коефициента на усилване на усилвателя, нормираната минимална стойност на отношението сигнал/шум и изчисления брой кабелни усилватели по линията. Освен това, при проектирането на магистрални кабелни TV мрежи с цел осигуряване на минимално ниво на шумовете трябва да се отчетат и тези, които се създават в резултат на кондензивната и индуктивна връзка между проводниците на коаксиалната линия. Очевидно е, че тези шумове зависят не само от вида на използвания кабел, но и от местоположението на същия спрямо други кабели, които пренасят високо/честотна енергия.

#### *Използвана литература:*

1. Койчев К., Садинов С. Оценка на шума в кабелните телевизионни линии. The Seventh International Conference "ELECTRONICS" 98, 1998 Sozopol
2. Добрев Д., Йорданова Л. Приемане на радио и телевизионни програми чрез спътници и по кабел. Електронинвест, София, 1996 г.
3. Йорданова Л. Изготвяне на предварителен технически проект на кабелна разпределителна мрежа, сп. "Радио, телевизия и електроника" бр.2 1999 г.