

ОЦЕНКА НА ШУМА В КАБЕЛНИТЕ ТЕЛЕВИЗИОННИ ЛИНИИ

доц. г-р инж. Кирил Рагев Койчев, асп. инж. Станимир Михайлов Сагинов

Технически Университет - Габрово, ФЕЕ, катедра ЕТМЕ

Abstract: *The paper presents a new and better approach for noise estimate in coaxial lines for transfer of TV signals avoiding the limitations in noise coefficient indications. Noise is modeled as equivalent voltage and noise current. The use of two generators plus the complex correlation coefficient characterize in full the noise features of the transmission line. Also presented are the graphs of noise voltage and noise current. Through them and by the indication of the equivalent diagram it is possible to determine the entire equivalent input noise voltage, signal/noise correlation and noise coefficient. This could be done for certain impedance of the source both active or reactive and for certain frequency range as well.*

The load (TV set) should operate with high quality signal that is close to the curves characteristics. Also in this paper are the additional curves which represent noise generators variations which are due to changes in supply. In a group of such curves, noise performances of lines are absolutely determined for all operating conditions.

Noise parameters presented by equivalent parameters U_n & I_n could be applied in some other transmission lines.

Въведение

Отношението сигнал/шум (S/N) и пълното еквивалентно входно напрежение на шума могат да се използват при проектирането на съставните части на кабелните телевизионни системи (CATV) за получаване на техните оптимални шумови характеристики [1, 4].

При проектиране на системата обикновено е целесъобразно да се изразят шумовите характеристики на отделните и части чрез коефициента на шума F , който представлява отношението сигнал/шум на входа, разделено на отношението сигнал/шум на изхода [1].

$$F = (S_i/N_i) / (S_o/N_o) \quad (1)$$

Коефициента на шума се изменя от условията на захранване, от честотата и температурата, както и от съпротивлението на източника. Освен това познаването на стойността на коефициента на шума за една стойност на съпротивлението на източника не позволява неговото изчисление за други стойности на съпротивлението, тъй като шумът на даден елемент се променя с изменение на съпротивлението на източника.

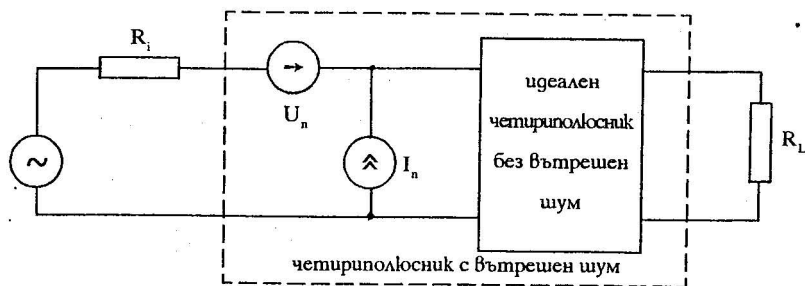
Всички тези параметри, както и наличните за определянето им са от съществено значение при определяне на коефициента на шума, а от там и за оценка на качествата на CATV системи.

Определяне на коефициента на шума преди кабелния усилвател

За определяне на коефициента на шума е известен метода с използване на шумов диод като източник на бял шум [2]. Веднъж определен коефициента на шума може да се използва за изчисляване на отношението сигнал/шум и на входното напрежение на шума. За тези изчисления обаче е важно съпротивлението на източника, използван в схемата, да бъде равно на това, което е използвано при измерването на коефициента на шума.

Един друг начин за определяне на шума, при който се избягват горните ограничения е да се моделира шумът във вид на еквивалентно шумово и токово напрежение. Тогава участъка от източника на сигнал до усилвателя може да се замени с еквивалентна схема, която включва активен елемент свободен от шум, два генератора на шум U_n и I_n включени към входа на схемата (фиг.1).

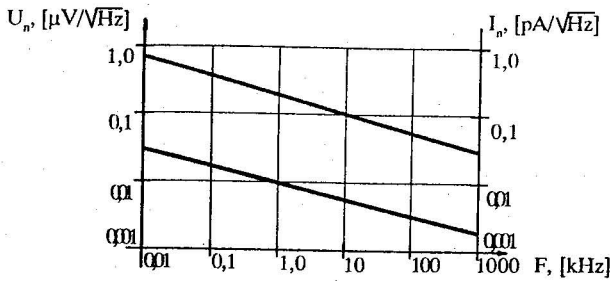
Генератора на напрежение U_n представлява шумът на източника, който съществува, когато неговото вътрешно съпротивление R_i е 0 ($R_i = 0$), а генератора на ток I_n представлява допълнителният шум на източника, който се появява при R_i различно от 0.



фиг.1

Аналитично напрежението на шума или тока в лентата от честоти може да се намери чрез интегриране на отношението $(U_n/F)^2$ или $(I_n/F)^2$ спрямо честота F и да се вземе квадратен корен от получения резултат.

На фиг.2 са показани типичните криви на U/F и I/F от честотата.



фиг.2

Чрез използване на горните криви и на еквивалентната схема от фиг.1 могат да бъдат определени пълното еквивалентно съпротивление на шума, отношението сигнал/шум или коефициента на шума за някои схеми. Това може да се направи за известен импеданс на източника (активен или реактивен) и за определен честотен спектър. Източникът трябва да работи при условия на захранване близки до тези, за които са определени кривите. Възможно е също да се построят зависимости показващи вариациите на генераторите на шума във функция от изменение на захранването.

При допускане, че не съществува корелация между източниците на шум U_n , I_n и на топлинния шум на източника U_i , то общото шумово напрежение U_{nt} ще бъде

$$U_{nt} = \sqrt{U_i^2 + U_n^2 + (I_n R_i)^2} \quad (2)$$

Определяне на топлинния шум на кабелния усилвател

Топлинният шум на източника U_i се дава с известната формула [3]:

$$U_i = \sqrt{4KTRF}, \quad (3)$$

където F е широчината на честотната лента, T -абсолютната температура на двуполусника, а K е константата на Болцман- $1,38 \cdot 10^{-23}$.

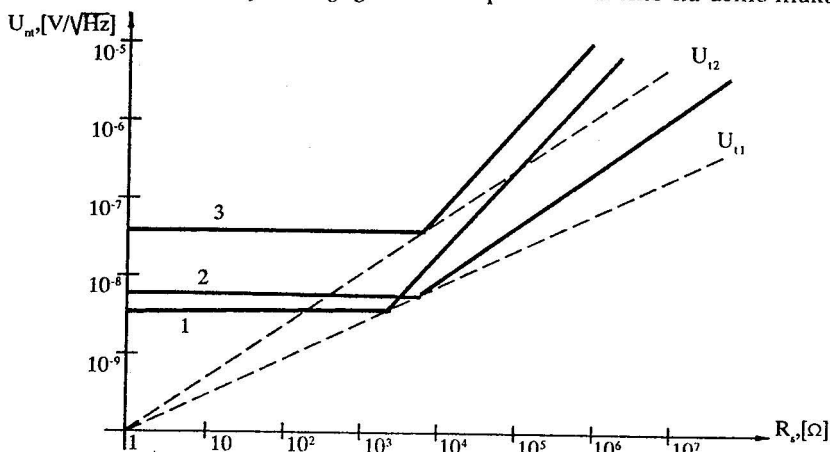
Пълното еквивалентно входно напрежение на шума за квадратен корен от широчината на лентата може да се запише като

$$U_{nt} \sqrt{F} = \sqrt{4KTR_i + U_n^2 \sqrt{F} + (I_n R_i \sqrt{F})^2} \quad (4)$$

Еквивалентното входно напрежение на шума, гласящо се само на шума на източника може да се изчисли чрез изваждане на съставката на топлинния шум от (4):

$$U_{nt} = \sqrt{U_n^2 + I_n^2 R_s^2}. \quad (5)$$

На фиг.4 са дадени графичните зависимости на пълното еквивалентно напрежение за квадратен корен от широчината на лентата на пропускане за най-често използваните активни елементи използвани в TV усилватели: 1 - биполярен транзистор, 2 - полеви транзистор с неизолиран гейт и 3 - операционен усилвател. Показан е също и топлинният шум създаден от съпротивлението на източника.



фиг.3

Практическото измерване на U_n и I_n за активните елементи може да се извърши на базата на еквивалентната схема от фиг.1 и формула (4).

За определяне на U_n съпротивлението на източника се установява равно на нула, с което двата члена от (4) стават равни на 0 и се измерва изходното напрежение на шума U_{n0} . Ако усилването по напрежение на схемата е A , то

$$U_{n0} = AU_{nt} = AU_n \text{ за } R_s = 0 \quad (6)$$

Еквивалентното входно напрежение на шума е

$$U_n = U_{n0}/A; \text{ за } R_s = 0 \quad (7)$$

За да се измери I_n се провежда второ измерване с много голямо съпротивление на източника. То трябва да бъде достатъчно голямо така, че да се пренебрегнат първите два члена на (4). Това ще бъде равно ако измереното напрежение на шума U_{n0} е

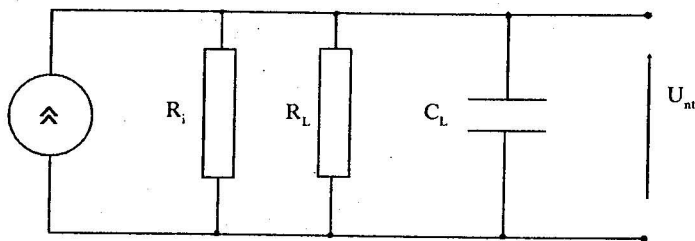
$$U_{n0} \gg A \sqrt{4KTR_s + U_n^2} \quad (8)$$

При тези условия еквивалентният входен ток на шума е

$$I_n = U_{n0}/AR_s \quad (9)$$

Определяне на шумовото напрежение на изхода на кабелния усилвател.

За определяне на ефективното шумово напрежение на изхода на TV усилвателите обусловено от топлинния шум трябва да се състави еквивалентната заместваща изходна схема (фиг.4). Тук съществено значение има честотния коефициент на предаване при отчитане на неговото комплексно съпротивление включено паралелно на източника на ток.



фиг. 4

$$z(j\omega) = R_{\text{екв}} / (1 + j\omega C_L R_{\text{екв}}) \quad (10)$$

$$R_{\text{екв}} = R_L R_i / (R_L + R_i)$$

където R_L и C_L са съответно товарното активно и капацитивно съпротивление, а R_i вътрешното съпротивление на усилвателя.

Шумовото напрежение на изхода $U_{\text{нт}}$ може да се изчисли чрез неговата дисперсия τ [3]:

$$\tau^2 = F_0 \int |z(j2\pi f)|^2 df = F_0 R_{\text{екв}}^2 \int df / (1 + 4\pi^2 R_{\text{екв}}^2 C_L^2 f^2) = F_0 R_{\text{екв}} / 4C_L \quad (11)$$

където F_0 е енергетичния спектър на еквивалентния бял шум определен чрез формулата на Шотки [3].

$$F_0 = 2eI_0, \quad (12)$$

където I_0 е големината на постоянната съставяща, а e е електрическият заряд на електрона; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ К.

Очевидно е, че ефективното напрежение на изхода на усилвателя ще бъде

$$U_{\text{нт}} = \sqrt{\tau^2} \quad (13)$$

Заклучение:

От получените аналитични и графични зависимости се вижда, че когато $R_s = U_{\text{нт}}/I_n$, отношението на шума в активните елементи към

топлинния шум е максимално. Обаче както шума на усилвателя, така и топлинния шум имат минимум, когато $R_s = 0$. Въпреки, че математически минималното еквивалентно напрежение на шума се получава при $R_s = 0$, в действителност съществува един обхват от стойности на R_s , в който шумовото напрежение е почти постоянно. В този обхват U_n на елемента е преобладаващ източник на шум и трябва да се взема в предвид при проектирането на кабелните магистрални TV линии.

Използвана литература:

1. Славова И., "Многопрограмно телевизионно приемане", София, Техника, 1980 г.
2. От Х., "Методи за намаляване шумовете в електронните системи", София, Техника, 1979 г.
3. Баскаков С., "Радиотехнические цепи и сигналы", Москва, Высшая школа, 1983 г.
4. Койчев К. и др., "Проектиране на кабелни телевизионни магистрални линии", Научна конференция с международно участие. Сборник доклади, том 3, ТУ - Габрово, 1995 г.