

Оптимизация на коефициента на усилване в магистралните усилватели на кабелните телевизионни мрежи

ас. инж. Ст. М. Садинов-катедра КТТ, ТУ-Габрово, murry@tugab.bg
доц. д-р инж. К. Р. Койчев-катедра КТТ,
ТУ- Габрово,koitchev@tugab.bg

OPTIMISATION OF GAIN OF BACKBONE AMPLIFIERS OF CABLE TELEVISION NETWORKS

In this article are concerned problems we meet when we choose an optimal gain of backbone amplifiers of cable television networks (CATVs). It is one of the basic parameters of the system examination of electrical and constructive characteristics for finding of complete economic appraisal. That's why the designer has, to pay attention on it. When he choose equipment and when he choose amplifier's operating conditions.

Keywords: CATV, System and Design, CATV amplifier, gain

I. Въведение

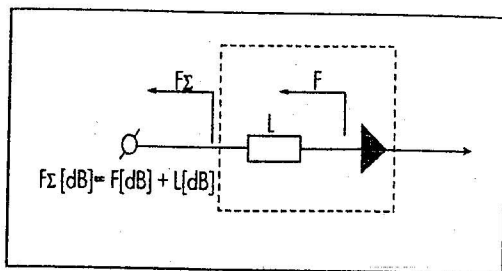
Усилвателите в кабелната телевизионна мрежа се поставят с цел компенсация на загубите по магистралата, т.е. коефициента на усилване на всеки един от тях е равен на загубите от изхода на предишния усилвател до неговия вход.

Ако на входа на усилвателя (фиг. 1) е поставено пасивно устройство със загуби L (например атенюатор, еквалайзер и др.), то еквивалентния коефициент на шума F_x изразен в dB ще бъде:

$$F_x = F + L \quad (1)$$

При използването на идентични усилватели и еднакви загуби и коефициенти на усилване, сумарния коефициент на шума на веригата от n усилватели ще има вида:

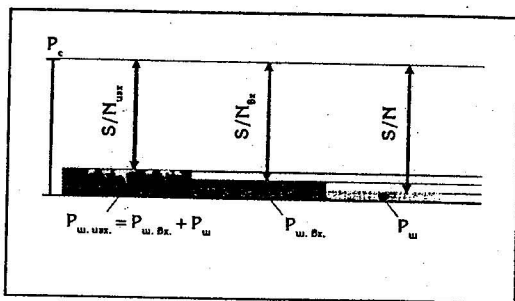
$$F_x = 1 + n(F - 1) \quad (2)$$



фиг. 1

От (2) се вижда, че има натрупване на шумове (шумова мощност) по магистралата. Физически това означава, че по магистралата с отдалечаване от главната станция се наблюдава снижаване на отношението сигнал/шум (S/N) с увеличаване на броя на каскадно включените усилватели.[1,2]

От казаното по-горе става ясно, че изходното отношение S/N на усилвателя зависи от три фактора: ниво на входния сигнал P_c , входна шумова мощност $P_{ш.вх}$ (съвместно със сигнала характеризира входното отношение сигнал/шум $S/N_{вх}$) и собствената шумова мощност на усилвателя $P_{ш}$, зависеща от коефициента на шума на усилвателя (фиг.2).



фиг. 2

II. Условия за синтез на главна магистрала

Ако на входа на усилвателя с коефициент на шума F и коефициент на усилване $k_{ном}$ от генератор с вътрешно съпротивление $R_0 = 75 \Omega$ се подаде телевизионен сигнал с ниво $U_{вх}$, то изходното отношение сигнал/шум ще се определи по следния начин:

$$S/N_{[dB]} = U_{вх [dB\mu V]} - k_{ном [dB]} - F_{[dB]} - 2,41, \quad (3)$$

където $2,41 \text{ dB}\mu V$ е нивото на топлинния шум, пресметнато по изрази:

$$U_{ш} = \sqrt{k \cdot T \cdot f \cdot R_0} \quad (R_0 = 75 \Omega)$$

При използването на няколко усилвателни каскади (главна станция, магистрала, субмагистрала и т.н.) изходното отношение $S/N_{\text{изх}}$ лесно се намира чрез известните стойности на приведените динамични диапазони на всяко от активните устройства.[3]

$$S/N_{\text{изх, dB}} = -10 \lg [10^{-(S/N)_1} + 10^{-(S/N)_2} + \dots + 10^{-(S/N)_n}] \quad (4)$$

При свързани каскадно n активни устройства (усилватели) с еднакви S/N , изходното отношение $S/N_{\text{изх}}$ се намалява с величината $\Delta = 10 \lg n$. В този случай изходното работно ниво на сигнала от усилвателя ще се определи от зависимостта:

$$U_{\text{изх, p}} \leq U_{\text{max}} - 10 \lg (N/2) - 10 \lg n \quad (5)$$

Формула (5) се явява изходна за синтеза на главната магистрала при известни стойности на отношението S/N , интермодуляционните изкривявания от втори (CSO) и от трети (CTB) порядък, главна станция и абонатен усилвател при зададено ниво на абонатния контакт в съответствие със стандартите.[2]

Очевидно е, че $U_{\text{изх, p}}$ от (5) зависи от коефициента на усилване. По-малкият коефициент на усилване на даден усилвател съответства на по-голяма стойност на отношението S/N (3), по-малко натрупване на шумове по магистралата (4), по-голям брой потенциално включени усилватели n и следователно, по-голяма стойност на компенсирани сумарни загуби $L = n \cdot k_{\text{ном}}$. В същото време обаче нерационалното увеличаване на броя на магистралните усилватели води до увеличаване на финансовите разходи.

В случай, че усилвателите по магистралата са еднакви и при известни загуби по нея се търси оптималната стойност на коефициента на предаване на усилвателя.

III. Оптимизация на коефициента на усилване.

Ако се приеме, че нивото на интермодуляционните продукти от трети ред $CTB = 60 \text{ dB}$ (т.е. е оставен малък запас за аналогични изкривявания от главната станция, оптични системи и абонатни усилватели), имайки в предвид (3), (4) и (5) изходния сигнал на всеки от магистралните усилватели трябва допълнително да бъде намален със стойност

$$\Delta = (CTB_M - 60)/2 \quad (6)$$

CTB_M е общото зададено (на етап първоначално проектиране) ниво на продуктите на интермодуляционните изкривявания от трети ред по цялата магистрала.

Ако се решат съответно (3), (4), (5) и (6) спрямо една крайна величина S/N_{Σ} се получава:

$$S/N_{\Sigma} = A - 20\lg(n) - k_{\text{ном}}, \quad (7)$$

където

$$A = U_{\text{max}} - 10\lg(N/2) - (CTB_M - 60)/2 - F - 2,41 \quad (8)$$

е изходна справочна величина, която се изчислява на етапа на първоначално проектиране. Отчитайки, че загубите по магистралата L се компенсират от n на брой усилватели, всеки от които има номинален коефициент на предаване $k_{\text{ном}}$:

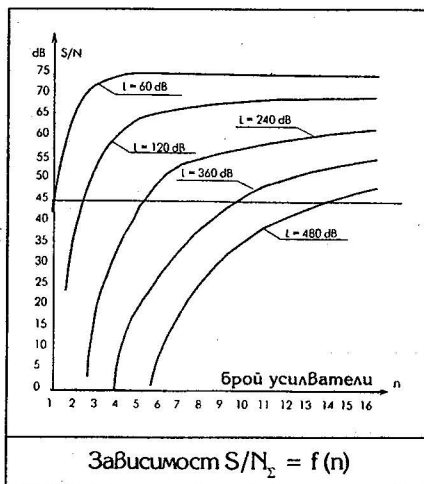
$$L_{[\text{dB}]} = n \cdot k_{\text{ном}} \quad (9)$$

се получава формула за изчисляване на S/N по магистралата:

$$S/N_{\Sigma} = A - 20\lg(L/k_{\text{ном}}) - k_{\text{ном}} \quad (10)$$

Ако се анализира (10) на екстремум спрямо $k_{\text{ном}}$ показва, че максимална стойност на S/N_{max} се получава при $k_{\text{ном}} = 1Np = 8,69\text{dB}$. Така построената магистрала обаче би излязла много скъпа.

Уравнение (10) спрямо оптималния коефициент на предаване на усилвателя (при минимално допустима стойност на $S/N_{\text{необх}}$) в явен вид няма решение. В замяна на това обаче (10) се решава сравнително лесно графически. На фиг. 3 е показана примерната зависимост на $S/N_{\Sigma} = f(n)$ при различни стойности на загубите по магистралата L за усилвател с $U_{\text{max}} = 124,5\text{dB}\mu\text{V}$ и $F = 7\text{dB}$ при транслиране на 32 канала и $CTB_M = 62\text{dB}$.



фиг. 3

IV. Заключение:

По нататъшният анализ показва, че за запазване по магистралата $S/N_x = 44 \pm 50 \text{ dB}$ при $CTB = 60 \pm 66 \text{ dB}$ и $F = 6 \pm 8 \text{ dB}$ [4] всеки усилвател трябва да има оптимален от икономическа гледна точка коефициент на предаване от порядъка на 28 до 38 dB. Ако обаче към магистралата се предават твърди изисквания по поддържане на S/N , то коефициента на предаване на усилвателя не трябва да превишава $20 \pm 27 \text{ dB}$ (например магистралните усилватели от серията LA86-4D, Hirschmann).

Някои фирми производители (например FUBA, WISI, Германия) регламентират технологичния допуск на заявения номинален коефициент на усилване. Други фирми (като Hirschmann) не дават такъв допуск в паспортните данни, тъй като се приема, че в заявения коефициент на усилване се включва и грешката от измерването (т.е. не повече от 2,5% спрямо регламентираната величина). Тази стойност на коефициента на предаване може непосредствено да се използва при изчисленията без да се включва технологичния запас.

Литература:

1. W. Ciciora, J. Farmer, D. Large, "Modern Cable Television Technology", Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, California, 1999 г.
2. Добрев Д., Л. Йорданова. Радиокомуникации ч. I. СИЕЛА, София, 1999 г.
3. Справочник Кабельное Телевидение. Телеспутник. С. Петербург, 2000 г.
4. БДС 17369 - 95. Комитет по стандартизация и метрология, София, 1995 г.