

زيادة المناعة الضجيجية في نظام التلفزة

الدكتور سمير عيسى*

(تاريخ الإيداع 11 / 7 / 2006 . قبل للنشر في 16/1/2007)

□ الملخص □

تُستخدم في قناة التكبير في نظام التلفزة عدة إجراءات لتخفيض مستوى الضجيج المرافق للإشارة التلفزيونية وتخفيض ملحوظيته على شاشة أنبوب الصورة التلفزيوني. ويتم خفض مستوى الضجيج العشوائي باستخدام مخدّات الضجيج ودارات التصحيح.

تتحدد أهمية هذه الإجراءات بالحرص على زيادة حساسية نظام التلفزة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن تصحيح أي نوع من التشوهات التي تتعرض لها الإشارة يترافق بزيادة مستوى الضجيج. يعرض هذا البحث طريقة الترشيح الخطي لزيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج دون أن يؤثر ذلك على استبانة الصورة التلفزيونية.

كلمات مفتاحية: مخدّ الضجيج، الضجيج، الإشارة، عامل الضجيج، نسبة الإشارة إلى الضجيج، استبانة الصورة.

* مدرس في قسم الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Increasing Noise Cancellation and Noise Suppression

Dr. Samir Issa *

(Received 11 / 7 / 2006. Accepted 16/1/2007)

□ ABSTRACT □

Quite a number of measures are taken in the amplifier section of TV system to minimize the noise content of the TV signal and the visibility of spurious components in the picture. Notably, the level of fluctuation noise is brought down through a proper design of input circuits, noise cancellation, and noise suppression. These measures are important as they enhance the sensitivity of the system, but one ought not neglect the fact that the compensation of any impairment in the TV signal is, as a rule, accompanied by a rise in the noise level.

This paper presents a simple method to increase the signal-noise ratio by linear filtration with out any impact on the picture resolution.

Keywords: Noise suppressor, Noise, Signal, Noise figure, Signal-to-noise ratio, Picture resolution.

* Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

حققت السنوات الماضية نجاحات كبيرة في تصميم أنابيب التصوير والمكبرات الأولية للكاميرات ذات الضجيج المنخفض.

تسمح الكاميرات الحديثة بالحصول على نسبة إشارة إلى الضجيج (ψ) تزيد عن 45 dB في حزمة ترددية عرضها $5-5.5\text{ M Hz}$ (والتي توافق 41 dB في الحزمة الترددية 7.3 M Hz).

خلال عملية معالجة وإرسال إشارة الصورة (تصحيح الفتحة - تصحيح التشوهات اللاخطية - التسجيل المرئي و خطوط الاتصال وغيرها) يحدث انخفاض في نسبة الإشارة إلى الضجيج الأولية بمقدار $10-12\text{ dB}$ أو أكثر.

للحصول على صورة ذات نوعية جيدة على شاشة أنبوب الصورة ($\psi = 36 \div 39\text{ dB}$)، فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج كاميرا التصوير يجب أن تكون بحدود $50-52\text{ dB}$.

يستخدم في نظام التلفزة مجموعة من الإجراءات لتخفيض الضجيج المرافق للإشارة التلفزيونية والتقليل من ظهوره على الصورة، وتحدد أهمية هذه الإجراءات بالحرص على زيادة حساسية النظام، مع الأخذ بعين الاعتبار أن تصحيح أي نوع من التشوهات التي تتعرض لها الصورة يترافق دوماً بزيادة مستوى الضجيج.

يظهر الضجيج العشوائي بشكل أساسي في أجزاء القناة حيث يكون لها مطال الإشارة التلفزيونية منخفض (مثل أنابيب التصوير - دارات دخل المكبرات الأولية - وخطوط الاتصال...).

منهجية البحث وأهدافه:

يتطرق البحث إلى طريقة الترشيح الخطي للإشارة التلفزيونية والذي يؤمن فعالية كبيرة في تخميد الضجيج في منطقة الترددات العالية من الطيف، غير أن ذلك يؤدي إلى تخميد كبير لمركبات الترددات العالية من طيف إشارة الصورة على خرج المرشح المثالي، مما يؤدي إلى تشويه استبانة الصورة.

ويهدف البحث إلى إيجاد طريقة مناسبة لإزالة التشوهات المشار إليها باستخدام طرق انتقاء الإشارات النبضية، وذلك بتحليل بنية إشارة الصورة، حيث تسمح هذه الطريقة بإظهار الوضع الزمني لجبهات إشارة الصورة على شكل نبضات قليلة العرض والتي تتعرض للتشويه خلال عملية الترشيح الخطي.

وبذلك يمكن تحديد أهداف البحث بما يأتي:

أولاً- زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج لتحسين نوعية الصورة.

ثانياً- دراسة تأثير وسيلة الترشيح على استبانة الصورة والتغيرات الحادة للنصوع.

ثالثاً- كيفية التقليل من تأثير هذه الوسيلة على استبانة الصورة ووضوحها.

طريقة البحث:

يستخدم بشكل عام في نظام التلفزة معيار نسبة الإشارة إلى الضجيج لتقييم تأثير الضجيج على الإشارة [1].
بفرض أنه يوجد في نظام التلفزة (q) منبع للضجيج، عندئذ تكون نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج القناة (أو على خرج أي جزء منها)، من أجل عرض محدد للحزمة الترددية:

$$1/\psi_{r,s}^2 = \sum_{i=1}^{i=q} \frac{1}{\psi_i^2} \dots\dots\dots (1)$$

حيث إن: $\psi_i = \frac{V_{SI}}{V_{N,i}}$ وهي تمثل نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج الجزء (**i**) من القناة (مثلاً على خرج أنبوب التصوير أو خرج المكبر الأولي)
 مطال الإشارة التلفزيونية V_s

$$\bar{V}_N = \left[\int_{f_L}^{f_h} s_n(f) y_w(f) d_f \right]^{1/2}$$

$s_n(f)$: الكثافة الطيفية لاستطاعة الضجيج H_z^{-1}

f_h : الحد الأعلى لحزمة التمرير الترددية للقناة H_z

f_L : الحد الأدنى لحزمة التمرير الترددية للقناة H_z

التابع الوزني للضجيج الذي يؤخذ بالاعتبار فيه الرؤية البصرية لمختلف مركبات

الضجيج على الصورة

τ_w : ثابت زمني للتابع الوزني وقيمه من أجل إشارة النصوص ($\tau_w = 0.33 \mu s$)

يتعلق الضجيج المؤثر على الصورة بجهد كل من إشارة الصورة والضجيج ولتحديده من المناسب استخدام مفهوم

معامل الضجيج حيث يحدد هذا المعامل مقدار (عدد المرات) انخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج الجزء (

i)

$$N_i = \sqrt{F_i} = \frac{\psi_{r(i-1)}}{\psi_{r,i}} = \sqrt{1 + \frac{\psi_{r(i-1)}^2}{\psi_i^2}} \quad (2)$$

F_i : معامل الضجيج للجزء (**i**) من القناة

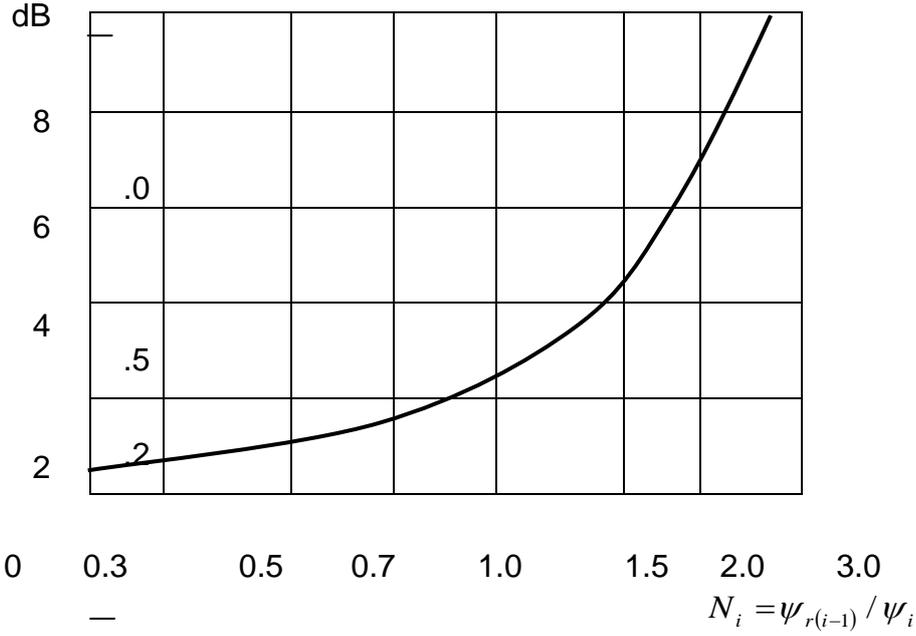
$\psi_{r(i-1)}$: نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج الجزء ($i-1$)

$\psi_{r,i}$: نسبة الإشارة إلى الضجيج على خرج الجزء (**i**)

$$\psi_{r(i-1)}^{-2} = \sum_{j=1}^{j=i-1} \psi_j^{-2}$$

$$\psi_{r,i}^{-2} = \psi_{r(i-1)}^{-2} + \psi_i^{-2} = \sum_{j=1}^{j=i} \psi_j^{-2} \quad (3)$$

$$N_i = \psi_{r(i-1)} / \psi_i$$



الشكل (1) يبين علاقة معامل الضجيج بنسبة الإشارة إلى الضجيج

في الشكل رقم (1) مبين العلاقة (2) ويتضح من الشكل أنه:

- عندما يكون $\psi_i \gg \psi_{r(i-1)}$ فإن ضجيج الإشارة التلفزيونية يتحدد بشكل أساس بالضجيج الناتج في المراحل الأولى من القناة التلفزيونية.
- عندما يكون $\psi_i = \psi_{r(i-1)}$ فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج الناتجة على خرج المرحلة (i) تتخفف بمقدار $\sqrt{2}$ مرة وتتنقص نوعية الصورة بمقدار 3 dB.
- عندما يكون $\psi_i \ll \psi_{r(i-1)}$ فإن الضجيج المؤثر على الإشارة التلفزيونية يتحدد بضجيج الجزء (i).

ومن المعروف أن معامل الضجيج الكلي:

$$N_{r,s} = N_1 \cdot N_2 \cdot \dots \cdot N_q = \prod_{i=1}^{i=q} N_i$$

القيم المسموحة لانخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج في أنابيب التصوير

$$\psi_{PT} = \frac{I_s}{\bar{I}_{n,PT}} \quad \text{حيث أن:}$$

I_s : مطال تيار إشارة الصورة

$\bar{I}_{n,PT}$: القيمة الفعالة لتيار ضجيج أنبوب التصوير

إن القيم المسموحة لقيمة معامل ضجيج الإشارة يمكن تحديدها من المعطيات التجريبية [2].

يمكن استخدام طريقة فعالة لتخفيض مستوى الضجيج تعتمد على الترشيح الخطي للإشارة التلفزيونية، ويعتبر الترشيح الخطي مثاليًا بمقياس الخطأ المتوسط التربيعي الأصغري الذي يُفضي إلى العلاقة الشهيرة لمربع معامل الخواص الترددية للمرشح منسوبا لطيف استطاعة الإشارة المفيدة $f_s(w)$ والضجيج $f_N(w)$ [5].

$$K^2(w) = \frac{f_s(w)}{f_s(w) + f_N(w)} \quad (4)$$

ويحدد معامل تخميد الضجيج ρ الذي يتحدد بنسبة استطاعة الضجيج على مدخل ومخرج المرشح المثالي ضمن مجال ترددي $\omega_1 \div \omega_2$ بالعلاقة:

$$\rho = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} f_N(w) d(w)}{\int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{f_N(w) \cdot f_s(w)}{f_s(w) + f_N(w)} \cdot d(w)} \quad (5)$$

من العلاقة (5) ينتج أن الترشيح الخطي للإشارة التلفزيونية يؤمن فعالية كبيرة لتخميد الضجيج في منطقة الترددات العالية من الطيف حيث الاختلاف الجوهرى لمركبات طيف استطاعة إشارة الصورة والضجيج، غير أن ذلك يؤدي إلى تخميد كبير لمركبات الترددات العالية من طيف إشارة الصورة على خرج المرشح المثالي يؤدي إلى تشويه غير مسموح به في استبانة الصورة التلفزيونية.

و تحد هذه التشوهات من استعمال الترشيح الخطي في التلفزة.

وفقاً لذلك فإن الخواص المطالية - الترددية للمرشح المثالي يجب أن لا تكون منتظمة ومن الضروري أن ينخفض مستوى الاستجابة في منطقة مركبات الترددات العالية من الطيف.

وفي هذه الحالة يترافق تخميد الضجيج بتخفيض أثر مركبات الترددات العالية لإشارة الصورة وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة زمن جبهة الصعود لنبضات إشارة الصورة وتخفيض مطال وعرض نبضات الإشارة النبضية. ويمكن بشكل عام استعادة مركبات إشارة الصورة بواسطة أساليب تخميد الضجيج بهدف تحسين استبانة ووضوحية الصورة (مثلاً مصححات الفتحة المنقطعة) [3].

غير أن عملية تأمين متطلبات جوهرية للاستعادة الدقيقة لإشارة الصورة، يُعتبر في هذه الحالة مسألة بالغة التعقيد.

ولهذه الأسباب فإن تصحيح التشوهات الناتجة عن الترشيح الخطي للإشارة التلفزيونية يُعتبر طريقة غير مناسبة تماماً.

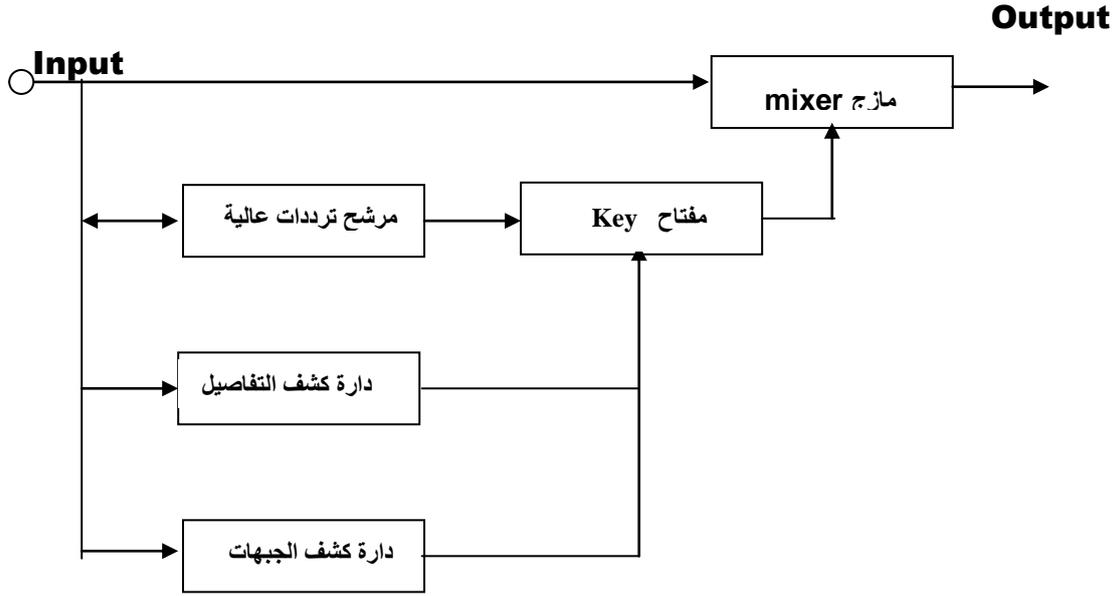
الطريقة المناسبة لإزالة التشوهات المشار إليها تتمثل باستخدام طرق انتقاء الإشارات النبضية وذلك بتحليل بنية إشارة الصورة، حيث تسمح هذه الطرق بإظهار الوضع الزمني لجبهات إشارة الصورة على شكل نبضات مرئية قليلة العرض والتي تتعرض للتشويه خلال عملية الترشيح الخطي.

المعلومات الناتجة في هذه الحالة يمكن أن تستخدم لفصل المرشح المثالي في لحظة ارسال جبهات إشارة الصورة (التغيرات الحادة في إشارة الصورة)، وبالنتيجة تتم إزالة أثر الترشيح الخطي على وضوحية واستبانة الصورة التلفزيونية.

إن تخفيض الضجيج لا يتم في هذه الحالة على الأجزاء المتغيرة في إشارة الصورة، وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن أثر الضجيج لا يظهر بشكل ملحوظ على تغيرات الوضوح والتفاصيل الدقيقة للصورة فإن الإجراءات السابقة تكون مفيدة ومناسبة تماماً.

للتقليل من أثر تبديل (فصل ووصل) المرشح المثالي فمن المناسب تحقيق التبديل فقط لمركبات الترددات العالية من طيف الإشارة التلفزيونية، حيث يكون تأثير المرشح المثالي أعظماً.

وبناءً على ذلك فإن مخطط عمل دائرة الترشيح الخطي للضجيج يمكن أن تتمثل بالشكل (2).



الشكل (2) يبين مخطط صندوق يوضح عمل دائرة الترشيح الخطي للضجيج

تطبق إشارة الصورة التلفزيونية الأساسية شكل (2) وفي وقت واحد على مدخل المازج ومرشح الترددات العالية (

HF.F.)

يتم على خرج مرشح الترددات العالية فصل مزيج مركبات الترددات العالية للإشارة والضجيج ويتم استخدام المركبات المكتشفة بواسطة ناخب الجبهات وناخب التفاصيل الدقيقة لفصل المفتاح، وتمثل إشارة خرج المفتاح مركبات الترددات العالية للضجيج والتي يتم تطبيقها بطور معاكس على المدخل الثاني للمازج لتعويض وموازنة الضجيج في إشارة الصورة (طرح إشارة الضجيج).

من أهم مميزات وخصائص الطريقة السابقة هي أن إشارة الصورة الأساسية لا تتعرض لأي نوع من المعالجة خطية كانت أم غير خطية باستثناء طرح إشارة الضجيج التي يتم فصلها من خلال القناة المساعدة من إشارة الصورة الأساسية باستخدام طرق إظهار مركبات الترددات العالية من إشارة الصورة.

لتقييم مدى فعالية الطريقة المدروسة في تخميد الضجيج سوف نمثل الخواص المطالية الترددية للمرشح المثالي الممثل بالمعادلة (4) والمكافئة (بمساحة الخواص المطالية الترددية) لمرشح تردد منخفض.

يتحدد الربح الكمي في قيمة نسبة الإشارة إلى الضجيج بواسطة المعامل Q [3] و [4] و [6].

$$Q = \frac{\psi_{OUT}}{\psi_{IN}} = \frac{V_n IN}{V_n OUT} = \sqrt{\frac{\int_0^{WH} F_n(w)d(w)}{\int_0^{WC} F_n(w)d(w)}} \quad (6)$$

حيث إن $\psi_{OUT} - \psi_{IN}$: نسبة الإشارة إلى الضجيج على مدخل ومخرج المرشح على الترتيب $(\psi = \frac{V_s}{V_n})$

W_H : الحد الأعلى لتردد القناة التلفزيونية

$F_N(w)$: طيف استطاعة الضجيج

W_C : تردد القطع لمرشح الترددات المنخفضة

باستخدام العلاقة (6) يمكن تحديد علاقة المعامل Q مع تردد القطع.

- من أجل طيف منتظم للضجيج $F_n(w) = Const$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{W_H}{W_C}} \quad (7)$$

- ومن أجل ضجيج ذي طيف يتمثل بالعلاقة $F_n(w) = a_0 + a_2 w^2$ حيث إن:

$$a_0 = 1 + \frac{R_N}{R_L} \quad ; \quad a_2 = R_N \cdot R_L \cdot C_0^2 \quad \text{حيث إن:}$$

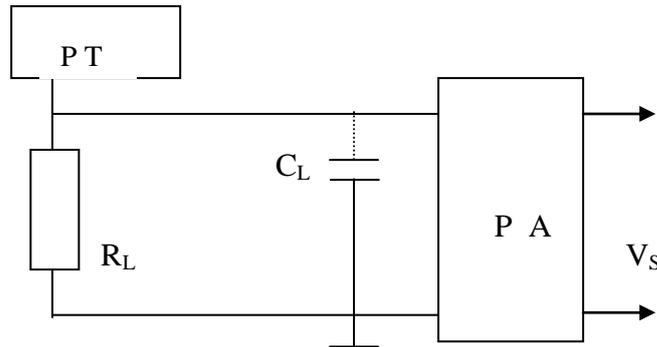
R_N : المقاومة المكافئة لضجيج المرحلة الأولى للمكبر الأولي P_A

R_L : مقاومة حمل أنبوب التصوير

C_0 : السعة الطفيلية لدارة دخل المكبر.

ويبين الشكل (3) دارة دخل المكبر الأولي على خرج أنبوب التصوير

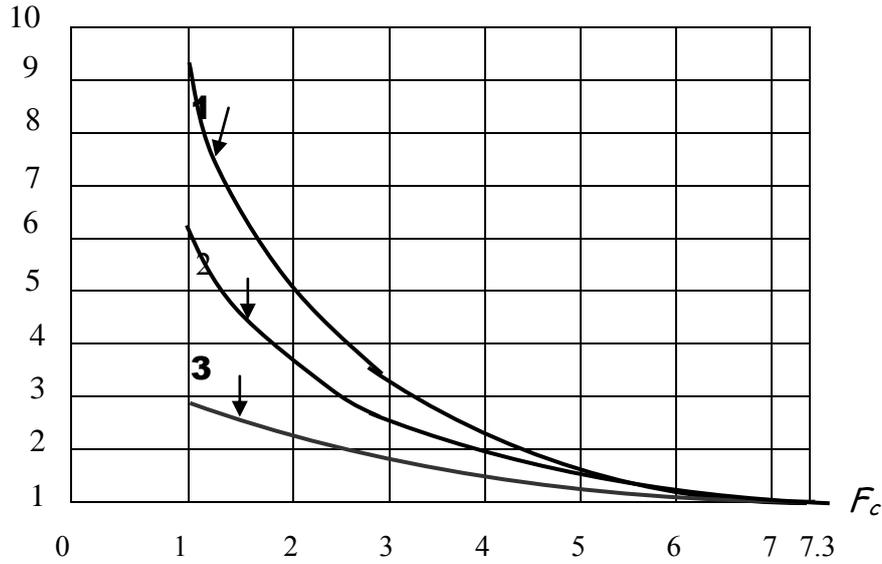
$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{3} a_2 \cdot W_H^3}{1 + \frac{1}{3} a_2 \cdot W_C^3}} \quad (8)$$



الشكل (3) يبين دارة دخل المكبر الأولي على خرج أنبوب التصوير

يمثل الشكل (4) منحنيات علاقة المعامل Q مع تردد القطع $f_c = \frac{wc}{2\pi}$

Q



الشكل (4) يبين منحنيات علاقة المعامل Q مع تردد القطع $f_c = \frac{WC}{2\pi}$ لمرشح تردد منخفض

تم حساب هذه العلاقات من أجل $f_H = 7.3 \text{ MHz}$

يُوافق المنحنيان (1 و 2) طيف استطاعة الضجيج للكاميرا مع تصحيح الضجيج عند قيم مختلفة لبارامترات دائرة دخل المكبر الأولي.

- المنحني 1: $C_0 = 18 \text{ PF}$, $R_L = 100 \text{ K}\Omega$, $R_N = 200 \Omega$
- المنحني 2: $C_0 = 18 \text{ PF}$, $R_L = 82.5 \text{ K}\Omega$, $R_N = 200 \Omega$
- المنحني 3: يُوافق كاميرا ذات طيف منتظم للضجيج

ويبين الجدول رقم (1) قيم Q بالعلاقة مع تردد القطع f_c عند القيم المذكورة لبارامترات دائرة دخل المكبر الأولي مع تصحيح الضجيج والتي تتمثل بالمنحني (1) في الشكل (4)

1.0	1.2	2.2	5.5	8.8	Q
8	7	3	9		
7	6	4	2	1	$f_c [\text{MHz}]$

ويبين الجدول رقم (1) قيم Q بالعلاقة مع تردد القطع f_c عند القيم المذكورة لبارامترات دائرة دخل المكبر الأولي مع تصحيح الضجيج والتي تتمثل بالمنحني (2) في الشكل (4)

1.0	1.1	1.9	3.8	5.9	Q
1				1	
7	6	4	2	1	$f_c [\text{MHz}]$

--	--	--	--	--	--

وقد أُجريت تجربة وسيلة تخميد الضجيج في قسم أجهزة الإرسال للتلفزيون المَلُون، وتم وضعها في مدخل المكبر الأولي لإشارة نصوع الكاميرا **KT-116** ، وتم تقييم فعالية تخميد الضجيج على أساس قياس نسبة الإشارة إلى الضجيج حيث إن نسبة الإشارة إلى الضجيج على مدخل هذه الوسيلة كانت 38.4 dB وعلى خرجها 49.5 dB .
ينتج من العلاقات السابقة أن تخميد مركبات الترددات العالية للضجيج يسمح بالحصول على ربح كبير في نسبة الإشارة إلى الضجيج، وهذا الربح يكفي لتكوين إشارة تلفزيونية ذات نوعية جيدة في الكاميرات الحديثة وكحالة خاصة وعند تردد قطع $f_c = 2\text{ MHz}$ يتم ضمان تخفيض مستوى الضجيج بمقدار $(3.7 \div 5.3)$ مرة في كاميرا تستخدم تصحيح الضجيج، وبمقدار (1.9) مرة من أجل كاميرا يكون الضجيج فيها ذا طيف منتظم.

نتائج البحث:

- 1- إن استخدام الترشيح الخطي يؤدي إلى زيادة كبيرة في نسبة الإشارة إلى الضجج على خرج وسيلة الترشيح وتحسين نوعية الصورة التلفزيونية على شاشة أنبوب الصورة التلفزيونية.
- 2- استخدام المرشح الخطي لا يسبب أي تغيير في زمن صعود جبهات الإشارة النبضية حيث إن الانتقال من نصوع إلى نصوع آخر يكون على شكل قفزة ولا يؤثر على نوعية واستبانة الصورة.
وهكذا فإن الطريقة المستخدمة لتخميد الضجيج المرافق لإشارة الصورة تؤمن تخفيض مستوى الضجيج من $(6-11\text{ dB})$ دون أي تأثير سلبي على استبانة ووضوح الصورة.
- 3- تم تقييم تأثير عمل هذه الوسيلة على التغيرات الحادة للصورة (الانتقال من نصوع إلى آخر مختلف)، من خلال تغير طول زمن جبهة الصعود t_a للإشارة المرئية والتي توافق إرسال تدرجات النصوع السوداء - البيضاء للنموذج **0249**، وقد بينت القياسات من أجل كل الأشرطة الرمادية المرئية (من **1** وحتى **7**) أن زمن الصعود t_a على الدخل والخرج يبقى نفسه وقيمهته (208 n sec) .

المراجع:

- 1- DZHAKONIA , V. *Television , Moscow 1989*, 440.
- 2- VANDERLIELA. *Noise Sources, New Jersey 1990*, 560.
- 3 - دجاكونيا، ف. *التلفزيون، موسكو، 1986*، 420. (باللغة الروسية).
- 4 - لسياغورسكي، ف. ي. *البارامترات النوعية للإشارة التلفزيونية، موسكو، 2001*، 520. (باللغة الروسية).
- 5 - MC MANN J,R.H. Goldberg. *Improved Signal Processing For Color Television Broadcasting. JSMPT,Vol.77,N.163,1998*, 221-228 .
- 6 – JE SPERS , P. G. *Solid State Imaging*, Noozdhoff International Publishing, Leyden, Netherlands, 2002, 400.