

Редуцирана чувствителност на оптични приемници в импулсен режим

А.А.Дандаров, И.М.Бакалски, М.А.Денева
Технически Университет - Филиал Пловдив

При регистриране на модулиран по интензивност оптичен поток изходната реакция на оптичния приемник (ОП) закъснява спрямо оптичното въздействие - измененията на интензивността на изходния сигнал закъсняват спрямо съответните изменения на входния сигнал, което се дължи на инерционността на процесите, съпровождащи преобразуването на оптичния сигнал в електрически. Това закъснение следва да бъде преценявано и когато е необходимо да бъде отчитано при проектиране.

Представяйки ОП в електрическо отношение като аperiодично звено от I порядък (фиг.1) можем да запишем следното диференциално уравнение, изразяващо връзката между входното въздействие $\Phi(t)$ и изходния сигнал $u_c(t)$:

$$S_o \Phi(t) = R i + u_c(t) = \tau \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t) \quad (1)$$

където $S_o \cdot \Phi(t) = U(t)$ е сигналът, който би се получил от идеализиран (в инерционно отношение) оптичен приемник (ИОП) с чувствителност S_o ; времеконстантата на еквивалентното RC звено (респективно времеконстантата на ОП) е $\tau = R \cdot C$. За горното уравнение е прието, че токът i през R и през C е еднакъв, т.е. пренебрегнат е токът, който би протекъл към следващата верига.

Времевите характеристики на ОП можем да намерим чрез решаване на горното уравнение. Съответно преходната характеристика $h(t)$, изразяваща реакцията на ОП при въздействие на оптичен сигнал, представляващ единична функция $1(t)$, т. е. $\Phi(t) = 1(t) = 0$ при $t < 0$ и $\Phi(t) = 1(t) = 1$ при $t > 0$, ще бъде:

$$h(t) = u_c(t) = 1(t) \cdot S_o \cdot (1 - e^{-t/\tau}) = S_o (1 - e^{-t/\tau}) \quad (2)$$

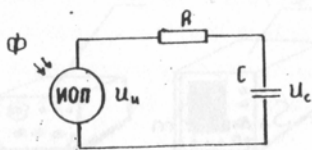
Очевидно преходното капацитивно напрежение u_c може да се разглежда като съставено от една стационарна компонента

$$u_{ct} = S_o \Phi(t) = S_o 1(t) = S_o$$

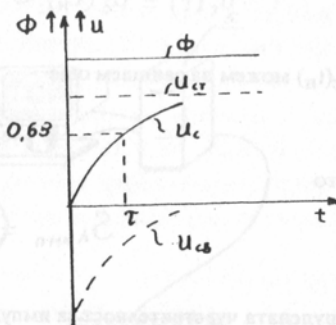
и една свободна съставка

$$u_{cv} = -S_o \Phi(t) e^{-t/\tau} = -S_o e^{-t/\tau}$$

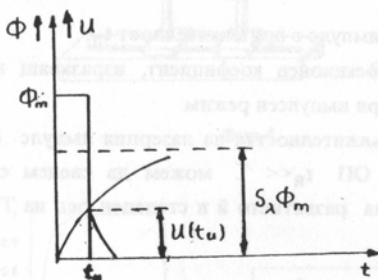
При това $u_c = u_{ct} + u_{cv}$, което е и метод за решаване на диференциалното уравнение на RC звеното.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

За чувствителността на реалния ОП в преходен режим $S_{\text{пр}}$, която очевидно ще бъде функция на времето, се получава за случая $\Phi(t) = I(t)$ както следва:

$$S_{\text{пр}}(t) = \frac{U_c(t)}{\Phi(t)} = \frac{U_c(t)}{I(t)} = S_0(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

т.е. $S_{\text{пр}}(t) = h(t)$.

За времеконстанта на ОП обикновено се приема отрязъка от време, в течение на което изходната реакция достига $1 - e^{-1} = 63\%$ от пълната си стойност (Фиг. 2).

За определяне на редуцираната чувствителност на ОП вследствие на инерционността при импулсен оптичен сигнал разглеждаме случая на възбуждане с импулсен лазерен сигнал, за който: ОП има монохроматична чувствителност S_λ , определена за дължината на вълната на лазера от спектралната характеристика на ОП; продължителността $t_{\text{и}}$ на лазерния импулс е $t_{\text{и}} < \tau$.

Под въздействието на лазерния импулс изходното напрежение ще нараства експоненциално от 0 до $t_{\text{и}}$ и ще достигне стойност (Фиг. 3)

$$U_c(t_u) = S_\lambda \Phi_m (1 - e^{-t_u/\tau}) \quad (4)$$

след което за $t > t_H$ ще намалява експоненциално както следва:

$$u_c(t) = u_c(t_H) \cdot e^{-\frac{t-t_H}{\tau}} = S_\lambda \Phi_m (e^{t_H/\tau} - 1) e^{-t/\tau} \quad (5)$$

За $u_c(t_H)$ можем да запишем още

$$u_c(t_H) = S_{\lambda_{\text{мин}}} \Phi_m \quad (6)$$

където

$$S_{\lambda_{\text{мин}}} = S_\lambda (1 - e^{-t_H/\tau}) = S_\lambda K_\tau \quad (7)$$

е импулсната чувствителност за импулс с продължителност t_H ;

$K_\tau = (1 - e^{-t_H/\tau})$ представлява корекционен коефициент, изразяващ намаляването на стационарната чувствителност при импулсен режим.

За случаите, когато продължителността на лазерния импулс е значително по-малка от времеконстантата на ОП $t_H \ll \tau$ можем да сведем експоненциалната функция до първите три члена на развитието ѝ в степенен ред на Тейлор, при което получаваме:

$$K_\tau \cong \frac{t_H}{\tau} - \frac{1}{2} \cdot \frac{t_H^2}{\tau^2} = \frac{t_H}{\tau} \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{t_H}{\tau} \right) \quad (8)$$

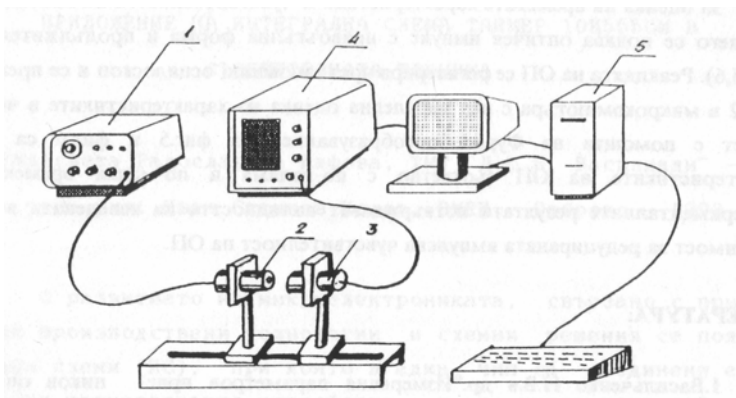
$$S_{\lambda_{\text{мин}}} = S_\lambda \left(\frac{t_H}{\tau} - \frac{1}{2} \cdot \frac{t_H^2}{\tau^2} \right) \quad (9)$$

Определянето на редуцираната чувствителност на ОП при монохроматичен импулсен сигнал с отчитане на инерционността на ОП и степента на спектрално съгласуване ще бъде както следва:

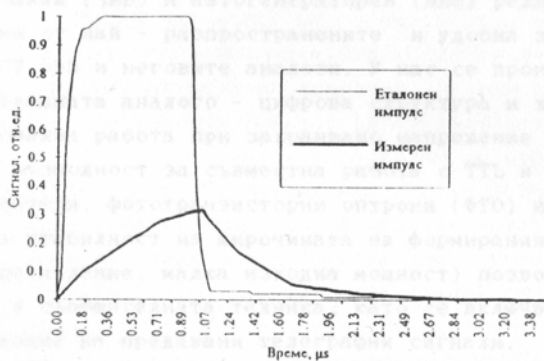
$$S_{\lambda_{\text{мин}}} = S_{\lambda_{\text{max}}} K_\lambda K_\tau = S_{\lambda_{\text{max}}} K_\lambda (1 - e^{-t_H/\tau}) \quad (10)$$

където $K = S_\lambda / S_{\lambda_{\text{max}}}$ представлява корекционен коефициент, изразяващ отношението на максималната монохроматична чувствителност $S_{\lambda_{\text{max}}}$ на ОП към монохроматичната чувствителност S_λ за спектралната линия на регистрируемото монохроматично лъчение. Коефициентът K_λ може да се определи от относителната спектрална характеристика на ОП.

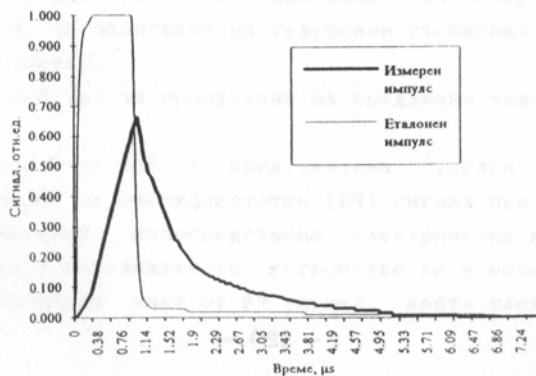
Извършени са експериментални изследвания на фотодиоди и фототразистори в импулсен режим при възбуждане с лазерен източник. Експерименталната установка е



Фиг. 4



Фиг. 5.



Фиг. 6.

показана на фиг.4, където: 1- генератор на единичен импулс, 2 -полупроводников лазер, 3 - изследван ОП, 4 -запомнящ осцилоскоп, 5 - микрокомпютър.

За оценка на времевите характеристики и чувствителността на изследвания ОП към него се подава оптичен импулс с правоъгълна форма и продължителност $1\mu s$ (фиг.5,6). Реакцията на ОП се регистрира чрез запомнящ осцилоскоп и се прехвърля по RS232 в микрокомпютъра с цел паралелна оценка на характеристиките в честотната област с помощта на Фурие- преобразувание. На фиг.5 и фиг.6 са показани характеристиките на ОП съответно с по-голяма и по-малка времеконстанти. Експерименталните резултати потвърждават валидността на изведената в статията зависимост за редуцираната импулсна чувствителност на ОП.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Васильченко Н.В.и др."Измерения параметров прие- ников опрического излучения", Радио и связь, 1983
- 2.Дандаров А.А. "Оптоелектронни прибори и интегрални схеми", Технически Университет, София, 1991