

ДИНАМИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОТОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ФОТОДИОДА

Особый интерес у разработчиков миниатюрной фоторегистрирующей аппаратуры с маломощным автономным питанием вызывает способ регистрации световых потоков, основанный на измерении фотоЭДС фотодиода. Фотоприемные устройства (ФПУ), реализующие этот способ, обладают рядом существенных достоинств: при регистрации больших световых потоков фототок фотодиода (ФД) не увеличивает потребление энергии операционным усилителем (ОУ) ФПУ, поскольку контур протекания тока не захватывает его выход; обеспечивается малая погрешность из-за температурного дрейфа напряжений и токов ОУ; отсутствует погрешность из-за теплового шума резистора обратной связи. Недостатком этого способа, главным образом ограничивающим его применение, являются значительные динамические погрешности (могут превышать 10—50 %), что вызвано большой собственной постоянной времени фотодиода, нагруженного на большое входное сопротивление ОУ [1]. В статье анализируется новый способ регистрации световых потоков фотодиодов [2], позволяющий в 3—10 раз снизить динамические погрешности ФПУ. В основу способа положено свойство фотодиода, работающего в вентильном режиме, по-разному реагировать на скачкообразное увеличение и уменьшение падающего на него светового потока. Для одинаковых по величине перепадов излучения переходный процесс в первом случае протекает быстрее, чем во втором. Суть способа заключается в том, что после каждого измерения напряжения на фотодиоде осуществляют быстрый перезаряд его собственной емкости до напряжения, соответствующего минимальному значению регистрируемого светового потока. При этом переходный процесс в ФПУ всегда идет по скоростной траектории снизу вверх, что приводит к повышению быстродействия ФПУ, а следовательно, и к снижению его динамических погрешностей.

На рисунке представлена схема ФПУ, реализующая предлагаемый способ. ФПУ работает следующим образом. По выходному импульсу генератора тактовых импульсов (ГТИ) 1 в узле «выборка-хранение» (УВХ) 2 запоминается выходное напряжение ОУ 3, соответствующее текущему значению регистрируемого светового потока. По заднему фронту выходного импульса ГТИ на выходе одновибратора (ОВ) 4 формируется импульс, отпирающий ключ (Кл) 5. При этом собственная емкость ФД быстро перезаряжается до выходного напряжения источника напряжения (ИН) 6, соответствующего минимальному значению регистрируемого светового потока. УВХ необходим для того, чтобы из процесса измерения выходного напряжения ФПУ исключить динамическую погрешность, связанную с перезарядом емкости ФД.

Для оценки эффективности рассмотренного способа решаем уравнение, описывающее переходный процесс, протекающий на ФД при скачкообразном изменении светового потока:

$$C \frac{du}{dt} + I_N \exp(u/\varphi_T) = i_c, \quad (1)$$

где C — емкость между неинвертирующим входом ОУ и общей шиной; t — текущее время; I_N — обратный ток $p-n$ -перехода ФД; φ_T — температурный потенциал; $i_c = g\Phi$; g — токовая чувствительность ФД, приведенная к спектру регистрируемого излучения Φ .

Из [1] получаем значение длительности переходного процесса в ФПУ:

$$t^{\downarrow} = \varphi_T C \ln[(i_c/i_{c \min} - 1)/B]/i_c, \quad (2)$$

где $i_{c \min}$ — минимальное значение фототока; B — относительное значение динамической погрешности ФПУ; $B = \Delta u/\varphi_T$; Δu — абсолютное значение погрешности ФПУ.

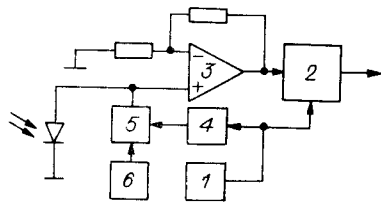
Анализируя (2) на экстремум по аргументу i_c , получаем приближенное выражение, позволяющее определять значение фототока i_c^* , соответствующее максимальной длительности переходного процесса в ФПУ:

$$i_c^* = i_{c \min} \left[3,82 - 1,69 \sqrt[4]{\ln(1/B)} \right]. \quad (3)$$

Для оценки выигрыша в снижении динамических погрешностей в ФПУ по сравнению с обычным ФПУ на основе ФД, работающего в вентильном режиме без установки начальных условий, определяем для последнего ФПУ длительность переходного процесса при скачкообразном уменьшении светового потока (при $i_c \geq (1+B)i_{c \min}$):

$$t^{\downarrow} = C\varphi_T \ln[(i_c - i_{c \min})/B_c]/i_{c \min}. \quad (4)$$

Для этого ФПУ максимальная длительность переходного процесса наблюдается при $i_c = i_{c \max}$.



Необходимо отметить, что можно дополнительно уменьшить длительность переходного процесса, а следовательно, и динамическую погрешность, если емкость ФД в предлагаемом новом способе перезаряжать до напряжения, соответствующего фототоку $i_{cн}$, несколько большему, чем $i_{c\ min}$. С учетом (4) $i_{cн}$ определяем из условия

$$t_{\max 0}^{\downarrow} = t_{*}^{\downarrow}, \quad (5)$$

где $t_{\max 0}^{\downarrow}$ — длительность переходного процесса, получаемая из (2) при $i_c = i_c^{*}$; $i_{c\ min} = i_{cн}$; t_{*}^{\downarrow} — длительность переходного процесса, определяемая из (4) при $i_c = i_{cн}$. Из (5) получаем

$$i_{cн} = 1,458 i_{c\ min} (1 - 0,113 \sqrt{\ln(1/B)}). \quad (6)$$

Из (2), (4) с учетом (3), (6) находим динамические погрешности B_1, B_2 соответственно для предлагаемого и обычного ФПУ при одном и том же интервале регистрации (одной и той же длительности переходного процесса).

Приведем результаты расчета $B_1, B_2, \Theta = B_2/B_1$ в зависимости от длительности интервала регистрации t_p ($C = 50$ пФ, $I_N = 2 \times 10^{-11}$ А, $i_{c\ max} = 2$ мкА, $i_{c\ min} = 0,2$ нА):

t_p , мс	3,5	6,5	9,3	12,2	15
B_1	0,45	0,065	0,032	0,016	0,009
B_2	0,6	0,37	0,24	0,15	0,1
Θ	4	5,79	7,5	9,4	11,1

Предлагаемый способ регистрации излучения фотодиодом обеспечивает существенное снижение динамических погрешностей ФПУ. Наиболее эффективны в применении ФПУ такого типа при использовании ФД с малыми собственными емкостями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов Е. И. Фотоприемные устройства на основе фотодиодов и их применение.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1986. (Обзоры по электронной технике. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы.— Вып. 1.)
2. А. с. 1122899 СССР. Способ регистрации излучения фотодиодом и устройство для его осуществления/Е. И. Чернов.— Оpubл. 07.11.84, Бюл. № 41.

Поступило в редакцию 12 апреля 1988 г.

УДК 681.3.019

В. А. ГОРЕНКИН

(Новосибирск)

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАТОРА ХЮККЕЛЯ

Введение. Локальный оператор для распознавания краев и линий на цифровых изображениях предложен Хюккелем в [1]. В литературе высказывалось мнение, что его практическому использованию препятствуют чрезмерные вычислительные затраты, хотя конкретные данные о временных характеристиках реализаций оператора не приводились.

В настоящей статье рассмотрены некоторые методы снижения вычислительной сложности программ, приведены экспериментальные данные выделения краев и линий на основе оператора Хюккеля.

Краткое описание оператора. Метод Хюккеля основан на разложении фрагмента изображения в ряд Фурье по ограниченному набору функций и вычислении по коэффициентам разложения параметров модели, наилучшим образом (в смысле минимума среднеквадратичной ошибки) аппроксимирующей данный фрагмент.

В операторе используется набор из 9 базисных функций, заданных на непрерывном круглом окне единичного радиуса. Аппроксимирующая модель оператора задается тремя областями с различной яркостью, разделенными двумя параллельными границами. Край, линия и нерезкий край являются частными случаями этой модели.

Фрагмент изображения, попадающий в окно оператора, описывается следующими параметрами: расстояние от центра окна до центра средней области ($|R|$); направляющие косинусы \bar{R} ; яркость темной крайней области; величина перепада яркости между крайними областями; «объем» (ширина \times контраст) средней области («линии»); величина нерезкости края (если «объем» равен нулю).

Помимо этого, оценивается отношение сигнал/шум.

Реализация оператора. Оператор реализован в виде набора подпрограмм, написанных на Фортране.