

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ЕМКОСТНЫХ РАСШИРИТЕЛЯХ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

В системах обегавшего контроля, принцип действия которых основан на методе первой производной, возникает задача определения амплитуды одиночных или редко повторяющихся импульсных напряжений [1]. Выбор метода измерения обусловлен длительностью и амплитудой преобразуемых импульсов, динамическим диапазоном, временем измерения, чувствительностью к форме импульса и общей погрешностью измерений [2, 3]. Для прецизионных измерений наиболее подходящими являются методы преобразования амплитуды одиночных импульсов в цифровой эквивалент. Среди них широкое распространение получили способ амплитудно-временного преобразования и способ расширения измеряемого импульса на уровне пикового значения с последующим применением метода поразрядного уравнивания либо метода пространственного кодирования [2, 4]. Основным узлом в любом из этих способов, определяющим быстродействие и точность преобразования, является устройство, осуществляющее заряд конденсатора до амплитудного значения входного импульса. Наилучшими метрологическими характеристиками обладают зарядные устройства с обратной связью [2, 3, 5].

Преобразуемое напряжение U_{oc} (рис. 1) подается на вход сравнивающего усилителя (СУ), на второй вход которого поступает напряжение обратной связи U_{oc} с накопительного конденсатора C . Выходной ток СУ, пропорциональный разности $U_{вх}$ и U_{oc} , усиливается однонаправленным усилителем тока (УОТ). Заряд конденсатора осуществляется значительным по величине током $I = K_0(U_{вх} - U_{oc})$, где K_0 — коэффициент преобразования. Благодаря этому удается уменьшить эквивалентную постоянную времени цепи заряда конденсатора C в K_0 раз, увеличить линейность и, тем самым, повысить точность преоб-

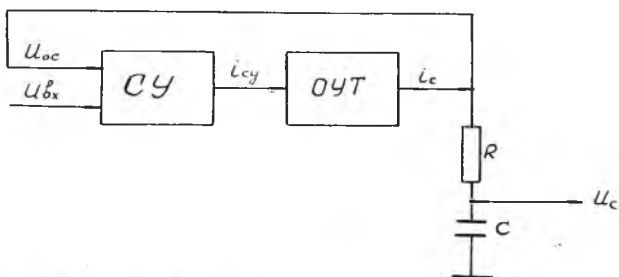


Рис. 1. Блок-схема зарядного устройства

разования. Одной из важнейших характеристик зарядного устройства является время заряда накопительного конденсатора C до амплитудного значения, которое определяет минимальную длительность преобразуемых импульсов, а постоянство времени заряда в рабочем диапазоне входных амплитуд обеспечивает линейность преобразования. Эту характеристику можно получить из анализа переходного процесса, для чего зарядное устройство целесообразно рассматривать как следящую систему и исследовать ее с помощью математического аппарата, разработанного в теории автоматического регулирования. Сравниваемое устройство должно обладать высокой чувствительностью, линейностью и входным сопротивлением, достаточным для того, чтобы снимать без искажения сигнал обратной связи. Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям дифференциальные усилители на полевых транзисторах или электронных лампах. Характеристика СУ хорошо аппроксимируется выражением

$$i_{cy}(t) = S [U_{вх}(t) - U_{oc}(t)], \text{ если } |U_{вх}(t) - U_{oc}(t)| < U_{нас}$$

$$i_{cy} = SU_{нас} = \text{const}, \text{ если } |U_{вх}(t) - U_{oc}(t)| > U_{нас}.$$

Таким образом, сравнивающий усилитель в большом динамическом диапазоне представляет нелинейное звено с характеристикой типа «насыщение». Для линейного участка передаточная функция СУ

$$W_{cy} = \frac{i_{cy}}{\Delta U} = S,$$

где $\Delta U = U_{вх} - U_{oc}$.

Передаточная функция усилителя тока

$$W_{out} = \frac{i_c}{i_{cy}} = \frac{k}{L + p\tau},$$

k — коэффициент усиления,

τ — постоянная времени усилителя.

Напряжение обратной связи снимается с цепи RC . Резистор R предотвращает возникновение автоколебаний преобразователя и стабилизирует работу цепи обратной связи.

Передаточная функция RC -цепи.

$$W_{Rc} = \frac{U_{oc}}{i_c} = \frac{RCp + 1}{Cp}.$$

При подаче на вход возмущающей функции в виде скачка напряжения $U_{вх} > U_{нас}$ рабочая точка зарядного устройства будет находиться некоторое время на участке насыщения выходной характеристики СУ и

$$i_{cy} = U_{нас} S.$$

Ток зарядки конденсатора

$$i_c = U_{\text{нас}} S k (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$$

Напряжение обратной связи

$$U_{\text{ос}} = \frac{U_{\text{нас}} \cdot K_0}{C} [t + (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})(RC - \tau)],$$

где $K_0 = S \cdot k$.

По мере роста $U_{\text{ос}}$ рабочая точка перемещается по характеристике СУ и выходит на линейный участок при $U_{\text{вх}} - U_{\text{ос}} = U_{\text{нас}}$. Тогда

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{нас}} \left\{ 1 + \frac{K_0}{C} \left[t + (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})(RC - \tau) \right] \right\}.$$

Или в безразмерной форме

$$A = 1 + \frac{K_0 \tau}{C} [n + (1 - e^{-n})(m - 1)], \quad (1)$$

где $A = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{нас}}}$, $n = \frac{t}{\tau}$, $m = \frac{RC}{\tau}$.

Время нахождения рабочей точки на участке насыщения можно определить из последнего выражения. Так как уравнение (1) трансцендентно относительно t , то t определяется из графика (рис. 2).

При работе на линейном участке характеристики СУ передаточная функция разомкнутой системы

$$W_{\text{раз}} = \frac{U_{\text{ос}}}{\Delta U} = \frac{K_0 (RCp + 1)}{(1 + p\tau) \cdot Cp}, \quad (2)$$

а замкнутой

$$W_{\text{замк}} = \frac{U_{\text{ос}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{1 + RCp}{1 + \left(RC + \frac{C}{K_0} \right) p + \frac{\tau C}{K_0} p^2}. \quad (3)$$

Приближенные методы расчета сложных переходных процессов позволяют определить время нарастания выходной величины, не определяя оригинала выражения (3).

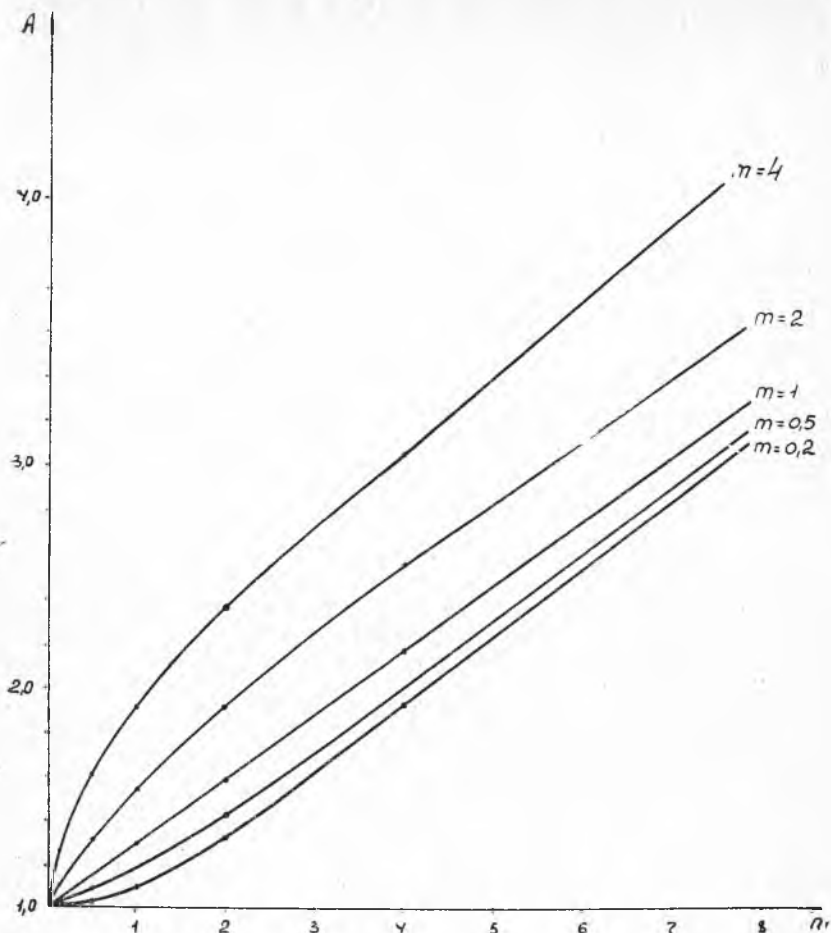
Если переходная функция системы

$$W(p) = \frac{1 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_m p^m}{1 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_n p^n}, \quad (4)$$

где $m \leq n - 1$, имеет монотонный характер, то можно воспользоваться интегральным методом оценки переходного процесса.

Время запаздывания

$$\tau_0 = b_1 - a_1. \quad (5)$$



Р и с. 2. График зависимости $A = f(m, n)$

Время нарастания выходного сигнала от 0,1 до 0,9 номинального значения

$$t_{\phi} = 2,6 \sqrt{b_1^2 - a_1^2 - 2(b_2 - a_2)}, \quad (6)$$

где a и b — коэффициенты полинома (4) [6].
Из (3), (5), (6) для напряжения U_{oc}

$$\tau_0 = \frac{C}{K_0} \quad (7)$$

$$t_{\phi} = 2,6 \sqrt{\frac{C^2}{K_0^2} \left[\frac{1}{K_0} + 2 \left(R - \frac{\tau}{C} \right) \right]}. \quad (8)$$

Для напряжения на конденсаторе U_c

$$\tau_0 = C \left(R + \frac{1}{K_0} \right). \quad (9)$$

$$t_{\phi} = 2,6 \sqrt{\left(RC + \frac{C}{K_0} \right)^2 - \frac{2\tau C}{K_0}}. \quad (10)$$

Уравнения (7—10) справедливы для монотонного переходного процесса, который будет иметь место, если корни характеристического уравнения (3) вещественные.

Запишем условие вещественности корней:

$$C + R^2 K_0^2 C + 2RK_0 C - 4\tau K_0 \geq 0. \quad (11)$$

Несоблюдение условия (11) приводит к появлению ошибки преобразования, обусловленной наличием выброса на вершине выходного напряжения U_c . Таким образом, проведенный анализ позволяет оценить влияние параметров схемы на качество переходного процесса в зарядном устройстве с обратной связью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтянский А. А., Райков Б. К., Скобелев О. П., Старобинский Н. М. Построение преобразователей при использовании свойств переходных процессов. «Измерительная техника», № 4, 1969.
2. Грязнов М. И., Гуревич М. Л., Маграчев З. В. Измерение импульсных напряжений. Изд. «Советское радио», 1969.
3. Маталин Л. И., Чубаров С. И., Иванов А. А. Многоканальные анализаторы ядерной физики. Атомиздат, 1967.
4. Штраних И. В., Волк А. Н. Быстродействующие электронные преобразователи непрерывной информации в код для целей многомерного анализа. В кн. «Труды 5-й научно-технической конференции по ядерной электронике», том II, часть I. Атомиздат, 1962.
5. Manfredi P. F., Casoli P. «On the design of pulse — peak stretchers» IEEE Transactions on Nuclear Science, Ns—16, Feb. 1969.
6. Файзулаев Б. Н. Переходные процессы в транзисторных каскадах. Изд. «Связь», 1968.

Н. Д. СЕМКИН, А. А. ХИЛИТИНСКИЙ

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕГРУЗОК И ВИБРОПЕРЕГРУЗОК, ОСНОВАННЫЙ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Из акселерометров сейсмического типа наибольшее распространение получили электродинамические, индукционные, емкостные, резистивные приборы. Кроме этого, в последнее время проводятся работы по применению в технике виброметрии