

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ПЕРЕМНОЖИТЕЛЬ С НУЛЕВОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ОШИБКОЙ

И.В. Муринов

Гомельский политехнический институт им. П.О. Сухого, Беларусь

В вычислительных блоках преобразователей информации (например, счетчиках электрической энергии) необходимо выполнение операции перемножения аналоговых сигналов по мгновенным значениям.

Проведенный метрологический анализ показал, что применение для этих целей импульсного способа позволяет выполнять операцию перемножения сигналов с точностью более высокой, чем у микросхем аналоговых перемножителей [1, с.11]. На практике точность и временная стабильность работы перемножителя во многом определяются входящим в его состав времяимпульсным преобразователем (ВИП) и могут быть повышены выполнением ВИП с каналом обратной связи по ошибке преобразования. Однако в динамическом режиме точность такого перемножителя будет снижена из-за ограниченного быстродействия времяимпульсного преобразователя, которое определяется временем вхождения его выходного сигнала в зону заданной погрешности от установившегося значения.

В докладе рассматривается перемножитель на ВИП с дополнительным каналом, введенным для повышения быстродействия схемы, а также особенности статического и динамического расчета.

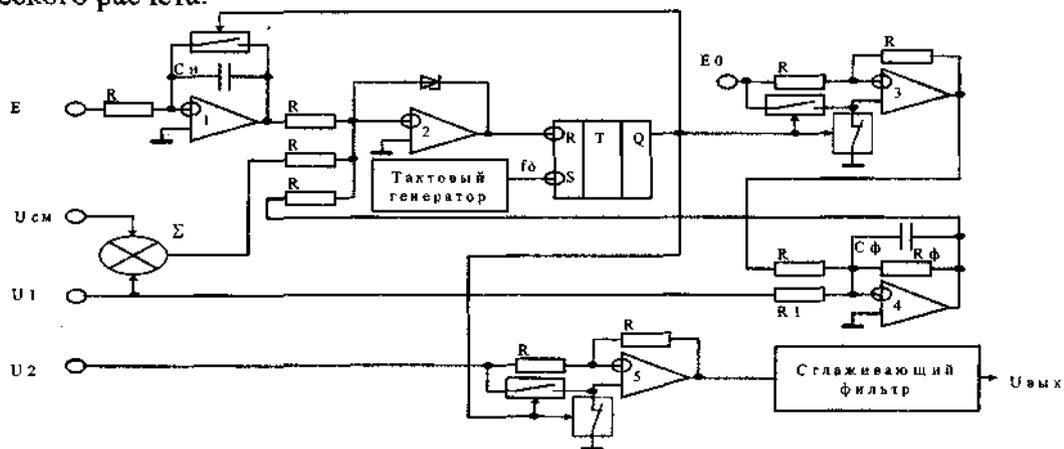


Рис.1 Принципиальная схема импульсного перемножителя с дополнительным каналом

В установившемся режиме напряжение перемножителя $U_{\text{вых}}$ является результатом усреднения выходного сигнала амплитудного модулятора, собранного на усилителе 5, работой ключей которого управляет времяимпульсный преобразователь (ВИП) [2].

Выходное напряжение данной схемы перемножителя будет пропорционально произведению напряжений U_1 и U_2 , если величину $U_{\text{см}}$ определить равным $E/2$ (E - напряжение, которого достигает выходной сигнал интегратора к концу периода преобразования T):

$$U_{\text{вых}} = \frac{t_3 \cdot U_2 - t_p \cdot U_2}{T} = U_2 \cdot \left(\frac{2 \cdot t_3}{T} - 1 \right) = U_2 \cdot \left(\frac{2 \cdot (U_1 + U_{\text{см}}) \cdot \frac{T}{E}}{T} - 1 \right) = 2 \cdot \frac{U_1 \cdot U_2}{E}$$

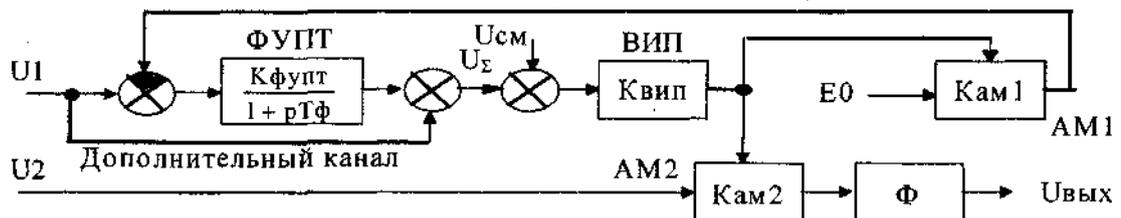


Рис.2 Блок-схема импульсного перемножителя

ФУПТ - фильтрующий усилитель постоянного тока; ВИП - времяимпульсный преобразователь (в состав входит интегратор, сравнивающее устройство, тактовый генератор и RS-триггер, см. рис.1); АМ1, АМ2 - амплитудные модуляторы; Ф - сглаживающий фильтр.

Поскольку быстродействие и точность замкнутого ВИП взаимосвязаны и влияют на значения сразу нескольких параметров, - на коэффициент передачи разомкнутой

системы (в соответствии со структурной схемой $K_p = K_{фупт} \cdot K_{вип} \cdot K_{ам1}$), постоянную времени T_f фильтрующего усилителя, которая, в свою очередь, учитывается при расчете периода преобразования T по необходимой величине пульсаций на выходе фильтрующего усилителя, – то для обеспечения заданного времени установления в соответствии с требованиями к ВИП по точности удобнее проводить графоаналитический расчет с использованием ЛАЧХ разомкнутого преобразователя.

Расчет заключается в построении ЛАЧХ по найденным значениям коэффициента K_p и частоте среза $\omega_{ср.}$, соответствующих заданному качеству и быстродействию ВИП, и в определении T_f по найденной из ЛАЧХ частоте сопряжения фильтрующего усилителя $\omega_{сопр.ф.}$ (см. рис.3). Период преобразования T связан с постоянной T_f и необходимой величиной пульсаций на выходе фильтрующего усилителя.

Если обеспечить равенство $K_{ам1}$ величине, обратной $K_{вип} = T/E$, то:
 $K_{фупт} = K_p = \frac{\delta_{вип}}{\delta_{необх}}$, где $\delta_{вип}$ – точность ВИП; $\delta_{необх}$ – заданная точность замкнутого ВИП. При $\delta_{вип}=1\%$ и $\delta_{необх}=0.01\%$ $K_p=100$.

В соответствии с [3] время регулирования замкнутого ВИП:

$$t_p = (1 \div 2) \pi \cdot \frac{1}{\omega_{ср.}}, [с] \Rightarrow \text{при } t_p = 0.2 \text{мс } \omega_{ср.} \approx 31400$$

Построенная по найденным значениям K_p и $\omega_{ср.}$ характеристика разомкнутого преобразователя дает возможность определить частоту $\omega_{сопр.ф.}$ (314Гц), позволяющую рассчитать постоянную времени T_f фильтрующего усилителя.

Необходимый коэффициент подавления фильтрующим усилителем пульсирующей составляющей сигнала рассогласования с учетом его усиления в $K_{фупт}$ раз:

$K_{под} = -20 \cdot \lg S = -20 \cdot \lg \frac{E_0}{U_{мп} / K_{фупт}}$ [дБ], где E_0 – эталонное напряжение на входе АМ1; $U_{мп}$ – необходимая амплитуда пульсаций выходного сигнала ФУПТ после усиления; $U_{мп}/K_{фупт}$ – допустимая амплитуда пульсаций перед усилением. При $E_0 = 5В$ и $U_{мп} = 5мВ$ $K_{под} = -80дБ$

Частота сигнала, на которой фильтрующий усилитель может обеспечить данный коэффициент подавления, соответствует нижней допустимой частоте преобразования ВИП.



Рис.3 Характеристика разомкнутого преобразователя

На рис.4 представлены результаты машинного эксперимента, проведенного с ВИП при наличии и отсутствии дополнительного канала для следующих параметров: $K_{фупт}=100$, $f_t=1/T=10кГц$, $T_f=2с$, $\delta_{вип}=1\%$.



Рис.4 Реакция ВИП на скачкообразное изменение напряжения U_1 на 1В.

Литература

1. Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления. : Материалы научно-технической конференции 18-22 декабря 1995. - Мн., 1995.- Ч. 2. - 177 с.
2. Корн Г., Корн Т. Электронные аналоговые и аналого-цифровые вычислительные машины. - М.: Мир, 1967.
3. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. - Л.: Энергия, 1969.