

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЛНЫХ ПРОВОДИМОСТЕЙ (СОПРОТИВЛЕНИЙ) В НАПРЯЖЕНИЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Богод И.А.

Свирид В.Л. – к.т.н., доцент

В работе рассматриваются преобразователи полных проводимостей (сопротивлений) в напряжение и дифференциальная оценка их точности. Анализ аналоговой схемотехники дифференциальным методом отличается от классического анализа электротехники более высокой точностью, особенно в случаях устройств с обратной связью.

Преобразователь сопротивления в напряжение представляет собой источник тока, который протекает через измеряемое сопротивление и создает на нем падение напряжения, пропорциональное измеряемому сопротивлению. В качестве преобразователей сопротивления могут быть применены реостатные датчики, термометры сопротивления и др. Датчик включают в последовательно-параллельную цепь генератора.

Преобразователи сопротивления в напряжение (ПСН) находят применение при построении омметров и измерительных приборов с резистивными первичными преобразователями. При неизменном токе падение напряжения на резисторе пропорционально его сопротивлению. Таким образом, ПСН можно построить, включая преобразуемое сопротивление в цепь нагрузки стабилизатора тока. Применение ОУ позволяет реализовать такие требования, как возможность заземления преобразуемого сопротивления, исключение погрешности от сопротивления соединительных проводников, снижение выходного сопротивления ПСН и т.д.

В преобразователе полных проводимостей разность напряжений, действующая между входами операционного усилителя с ограниченным коэффициентом передачи, позволяет найти пропорциональное измеряемой величине выходное напряжение.

Погрешность преобразования полной проводимости в напряжение, обусловленная конечной величиной коэффициентов передачи ОУ:

$$\delta\delta U_{\text{ВЫХ}} = \frac{\partial U_{\text{ВЫХ}}}{\partial U_{\text{ВЫХ}}} \Big|_{K_0 \rightarrow \infty} - 1 = \frac{[1 + (R_0 Y_x + 1)/K_0][1 + (N + 1)/K_0]}{1 - (R_0 Y_x + 1)/(K_0 R_0 Y_x)} - 1.$$

При выполнении на практике условия $(N + 1)/K_0 \ll 1$ или $K_0 \gg 1$ соотношение выше упрощается до

$$\delta\delta U_{\text{ВЫХ}} \Big|_{K_0 \gg 1} = \frac{(R_0 Y_x)^2 + R_0 Y_x + 1}{K_0 R_0 Y_x - 1} \leq \delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}}$$

Исходя из допустимой погрешности $\delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}}$ и условия $R_0 Y_x < 1$ можно определить минимальный предел:

$$Y_{x.min} \geq \frac{1}{R_0 K_0 |\delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}}|},$$

а из условия $R_0 Y_x > 1$ – максимальный предел преобразуемой проводимости

$$Y_{x.max} \geq \frac{|\delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}}| K_0}{R_0}.$$

При этом нужно помнить, что

$$|\delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}}| \geq \frac{3}{K_0}.$$

Диапазон рабочих проводимостей следует из $Y_{x.min}$ и $Y_{x.max}$:

$$D = \frac{Y_{x.max}}{Y_{x.min}} = \left(\delta\delta U_{\text{ВЫХ.ДОП}} \right)^2.$$

Тогда выходное напряжение будет

$$\partial U_{\text{ВЫХ}} = I Z_x \frac{K_0}{1 + \frac{K_0}{N+1}} = \frac{U_c(t)(N+1)Z_x}{R_0 \left[1 + \frac{K_0}{N+1} \left(1 + \frac{N+1}{NR_0} Z_x \right) \right]}$$

Погрешность преобразования полного сопротивления в напряжение, обусловленная конечной величиной коэффициента передачи ОУ, определяется так:

$$\delta \partial U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}} \left| \frac{K_0 \rightarrow \infty}{U_{\text{ВЫХ}}} - 1 \right|}{K_0} = \frac{N+1}{K_0} \left(1 + \frac{N+1}{NR_0} Z_x \right)$$

Эта погрешность может быть минимизирована, если выбрать оптимальное значение N, которое можно определить из условия равенства нулю производной от $\delta \partial U_{\text{ВЫХ}}$ по данному параметру:

$$\frac{\delta \partial U_{\text{ВЫХ}}}{\partial N} = \frac{N^2 (R_0 + Z_x) - Z_x}{N^2 R_0 K_0} \Big|_{N=N_{\text{opt}}} = 0$$

Отсюда

$$N_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{1}{1 + R_0/Z_x}}$$

Исходя из допустимой погрешности $\delta \partial U_{\text{ВЫХ, доп}}$ можно задать требования к пределу преобразования полного сопротивления Z_x в напряжение:

$$Z_{x, \text{max}} \leq \left(\left| \delta \partial U_{\text{ВЫХ, доп}} \right| \frac{K_0}{2} - 1 \right) \frac{R_0}{2}$$

Ниже представлена схема преобразователей.

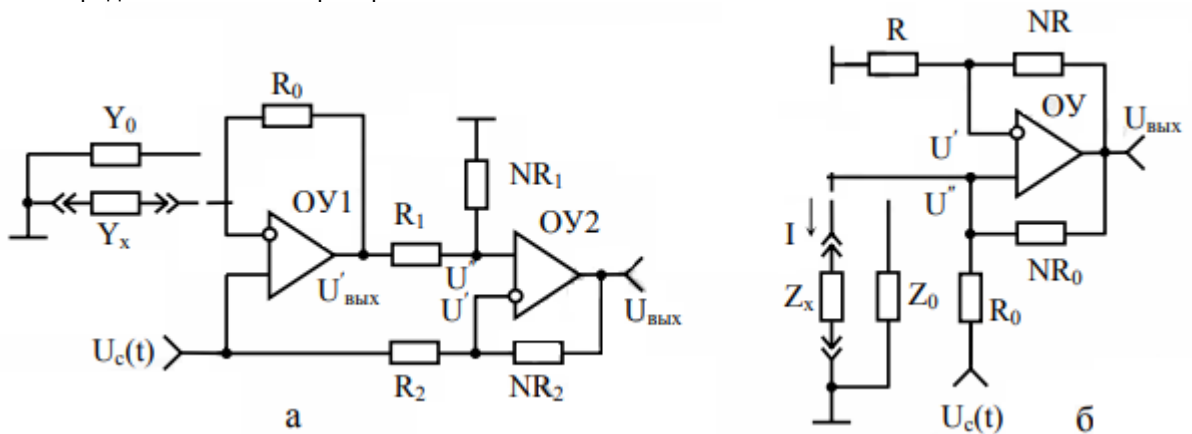


Рисунок 1. Схемы преобразователей

На рисунке 1 представлены преобразователь полных проводимостей (а) и полных сопротивлений (б) в напряжение