



АВТОГЕНЕРАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА
Г. П. Ерошенко, В. П. Парусов, В. Н. Шаруев

Преобразователь выполнен на основе полевого транзистора, в цепь стока которого включен уравнивающийся термисторный мост. Выход термисторного моста через частото задающий контур соединен с затвором транзистора. При этом датчик подключен параллельно термистору. Исходная частота преобразования 1 МГц, диапазон измеряемых емкостей $5 \cdot 10^{-2} - 10^{-3}$ пФ, погрешность раздельного преобразования параметров не превышает 2% при изменении активной проводимости от 0 до $2 \cdot 10^{-2}$ См.

Известны автогенераторные преобразователи составляющих комплексного сопротивления датчика, в которых измерительной цепью служит колебательный контур, а для установления стационарных автоколебаний используется уравнивающийся термисторный мост [1]. Такие преобразователи благодаря малой амплитуде автоколебаний на датчике и высокой точности преобразования нашли применение при измерениях емкости рп-переходов полупроводниковых приборов [2, 3].

Использование их для измерения малых емкостей, шунтированных высокой активной проводимостью, что характерно при решении задач измерения влажности и засоленности почв, жирности молока и т.п., натолкнулось на серьезные трудности.

Это связано с тем, что включение датчика с высокой активной проводимостью непосредственно в колебательный контур автогенератора приводит к возрастанию неустойчивости частоты автоколебаний и резкому увеличению погрешности раздельного преобразования емкости от активной проводимости датчика [4].

Указанные выше трудности удалось существенно уменьшить включением датчика в уравновешивающийся мост параллельно термистору [5].

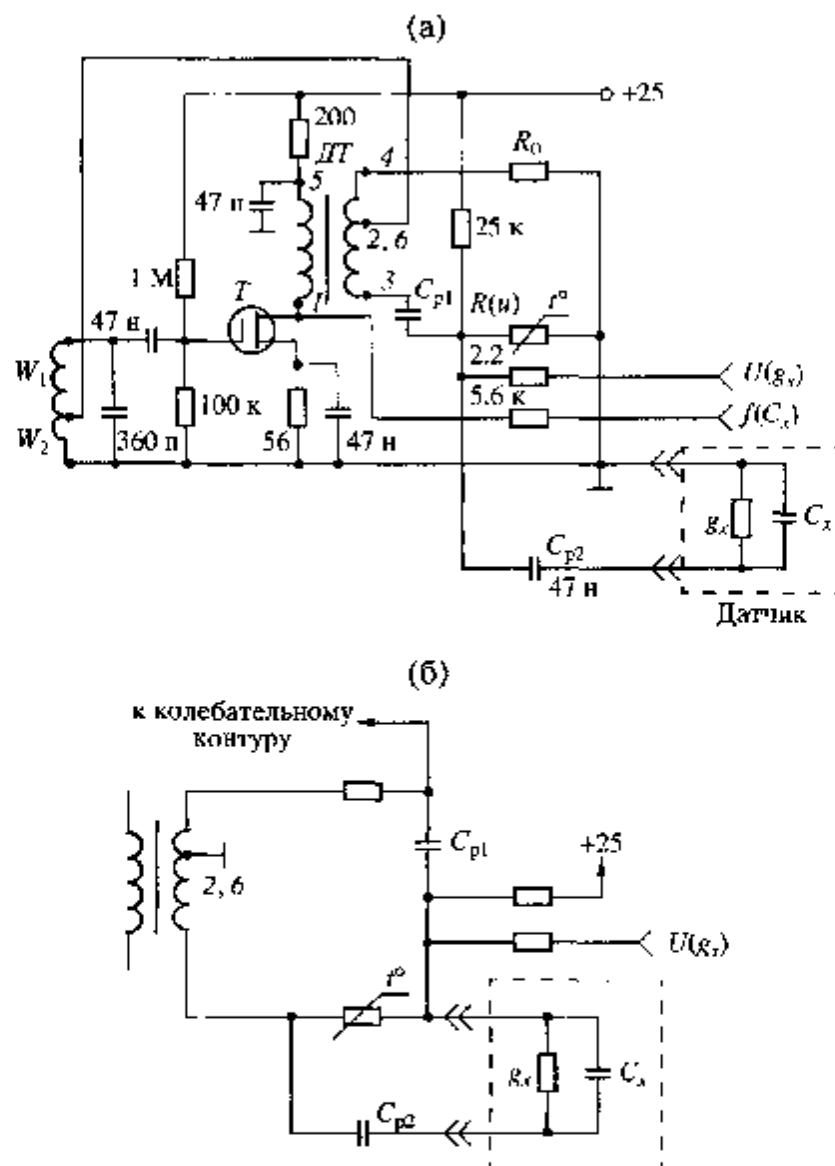


Рис. 1. а - принципиальная схема автогенераторного измерительного преобразователя: Т - КП902; ДТ - дифференциальный трансформатор ТИМ123Т; $R(u)$ - термистор ТМП-2.0/0.5А или ТШ-2; б - схема дифференциального включения датчика в термисторный мост преобразователя.

На рисунке (1,а) изображена электрическая схема одного из возможных вариантов такого преобразователя. Здесь автогенератор собран на полевом транзисторе КП902, в цепь стока которого включена первичная обмотка (1-5) дифференциального трансформатора ДТ (ТИМ123Т). Две другие обмотки (2-4) и (3-6) с термистором $R(u)$ (ТП-2.0/0.5А или ТШ-2) и резистором сравнения R_0 образуют уравновешенный мост. При этом общая точка термистора и резистора сравнения заземлена, а общая точка обмоток (2-6) трансформатора соединена через колебатель-

ный контур ($W1, W2$) и разделительный конденсатор с затвором транзистора.

В установившемся режиме автоколебаний проводимость термистора $g(u_c)$ близка к проводимости g_0 резистора сравнения, причем тем ближе, чем больше коэффициент передачи усилителя k_0 на резонансной частоте. Для его увеличения в данной схеме используется частичное включение колебательного контура в цепь обратной связи ($W1 \gg W2$). Частота автоколебаний близка к резонансной частоте усилителя f_0 .

Подключение к термистору датчика ($g_x C_x$) приводит к изменению частоты автоколебаний Δf и величины проводимости термистора. Новые значения проводимости термистора $g(u_x)$ и частоты автоколебаний можно определить, воспользовавшись методом комплексных амплитуд [6]. Для установившегося режима автоколебаний в системе справедливо соотношение

$$K_m(u, \omega) K_y(\omega) = 1 \quad (1)$$

где $K_m(u, \omega)$ - комплексный коэффициент передачи моста (функция амплитуды и частоты), K_y - комплексный коэффициент передачи усилителя (функция частоты).

Для случая равноплечего моста и выполнения условий $k_0 \gg 1$, $g_0 \gg \omega_0 C_x$, $\Delta f \ll f_0$ имеем:

$$g(u_x) + g_x = g_0 [1 - (\omega_0 C_x / g_0)^2] \quad (2)$$

$$\Delta f / f_0 = -(\omega_0 C_x k_0 / g_0 Q) \quad (3)$$

где $\omega_0 = 2\pi / f$; Q - эквивалентная добротность усилителя.

Из соотношения (2) следует, что при выполнении условия $g_0 \gg \omega_0 C_x$ суммарная проводимость, которая подключена параллельно емкости C_x остается практически постоянной. Последнее обстоятельство обеспечивает раздельное от активной проводимости g_x преобразование C_x в частоту, что аналитически подтверждается соотношением (3). Величина $\omega_0 C_x / g_0$ определяет диапазон раздельного преобразования обеих составляющих и величину погрешности.

Из уравнения (3) следует, что чувствительность данного мостового преобразователя ($\Delta f / C_x$) пропорциональна коэффициенту передачи усилителя k_0 , что выгодно отличает его от автогенераторов, где датчик подключается параллельно колебательному контуру. В последнем случае чувствительность при заданной частоте f_0 можно повысить только за счет уменьшения емкости частото задающего контура, что в реальных преобразователях всегда ограничено величиной паразитной емкости.

В данном преобразователе предусмотрено временное независимое преобразование активной проводимости датчика g_x в электрический сигнал (напряжение постоянного тока). Для этого термистор подпитывается постоянным током, не зависящим от сопротивления термистора. Напряжение U_t на термисторе в этом случае будет нести информацию о величине g_x :

$$U_x = I_0 (g_0 - g_x)$$

где I_0 - ток подпитки термистора.

Другой вариант преобразования проводимости g_x датчика в напряжение, описанный в [5], позволяет получить напряжение постоянного тока пропорциональное g_x однако в схемном исполнении он сложнее.

В данной конкретной схеме преобразователя датчик подключается относительно корпуса прибора и не свободен от влияния емкости на "землю" проводов, соединяющих датчик со схемой. Такое влияние может быть существенно уменьшено при дифференциальном включении датчика (рисунок 1, б). В этом случае точка соеди-

нения обмоток (2-6) трансформатора заземляется, а выход моста подключается к колебательному контуру. При этом, согласно схеме рисунка (б), меняется место разделительного конденсатора C_{p1} . Разделительный конденсатор C_{p2} остается на прежнем месте.

Теоретический и экспериментальный анализ данного преобразователя показал, что порогом чувствительность преобразователя и погрешности преобразования (случайная составляющая) емкости датчика S_x в частоту связаны соотношением:

$$\Delta S_x = \pm (\Delta f_n / S), \quad (4)$$

где ΔS_x , Гц/(Гц/пФ) - абсолютная погрешность; Δf_n , Гц - собственная нестационарность частоты автогенератора; S , Гц/пФ - чувствительность преобразователя. Для данного автогенератора $\Delta f_n = 10$ Гц.

Чувствительность преобразователя S , согласно формуле (3), зависит не только от коэффициента передачи усилителя k_0 , но и от проводимости g_0 . Выбор величины g_0 во многом определяется характеристиками термистора.

В рабочем макете, реализованном по схеме рисунка (1,а), использовались термисторы двух типов: ТШ-2 и ТМП-2.0/0.5 А. Для первого из них максимальная величина проводимости была $2 \cdot 10^{-2}$ См, а для второго $2 \cdot 10^{-3}$ См. Эти значения и определяли в макете выбор g_0 и соответствующий диапазон преобразования g_x .

При использовании ТШ-2 диапазон преобразования g_x лежал в пределах от $2 \cdot 10^{-5}$ до $1.8 \cdot 10^{-2}$ См. Для ТМП-2.0/0.5 А соответственно 10^{-6} - $1.5 \cdot 10^{-3}$ См. Чувствительность схемы может быть оценена по формуле (3) $S = \Delta f_n / \Delta C \sim 10$ Гц/пФ при ее параметрах $f_0 = 10^6$ Гц, $g_0 = 2 \cdot 10^{-2}$ См, $Q = 100$, $k_0 = 4000$.

Диапазон измеряемых емкостей лежал в интервале $5 \cdot 10^{-2}$ - 10^3 пФ при использовании ТШ-2 и $5 \cdot 10^{-3}$ - 10^2 пФ при использовании ТМП-2.0/0.5А. При этом погрешность раздельности преобразования на частоте $f_0 = 1$ МГц не превышала 2%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парусов В.П., Двинских В.А. А.с. № 359619 СССР 5.1Л //БИ. 1972. №35. С. 122.
2. Парусов В.П., Сергеев А.С. // ПТЭ. 1980. № 4. С. 240.
3. Парусов В.П., Репьев В.Н. // ПТЭ. 1984. № 1. С. 123.
4. Двинских В.А., Парусов В.П., Сергеев А.С. // физика полупроводников и полупроводниковая техника. Сб. 1977. Вып. 8. С. 126-131.
5. Парусов В.П., Соловьев Ю.В. Свидетельство на полезную модель № 4833 // Бюл. 1997. № 8. С. 46.
6. Гоноровский Н.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Советское радио, 1963.

Электронные компоненты, платы, микросхемы, наборы электронных, коптеры, роботы недорого и по почте - любые товары из Москвы на заказ, выполнение поручений в Москве. Прошивка микросхем на заказ. Разработка электроники, программного обеспечения.
<http://mkpochtoi.narod.ru/price.htm> и <http://mkpochtoi.ru>