

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19854**

(13) **С1**

(46) **2016.02.28**

(51) МПК

G 01R 27/26 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА**

(21) Номер заявки: а 20130408

(22) 2013.04.02

(43) 2014.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(72) Авторы: Козусев Юрий Андреевич; Кочешов Евгений Вячеславович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(56) КУЗНЕЦОВ В.А. и др. Измерения в электронике: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 205-207.

ВУ 16741 С1, 2013.

RU 2173859 С1, 2001.

RU 2208805 С2, 2003.

SU 1661677 А1, 1991.

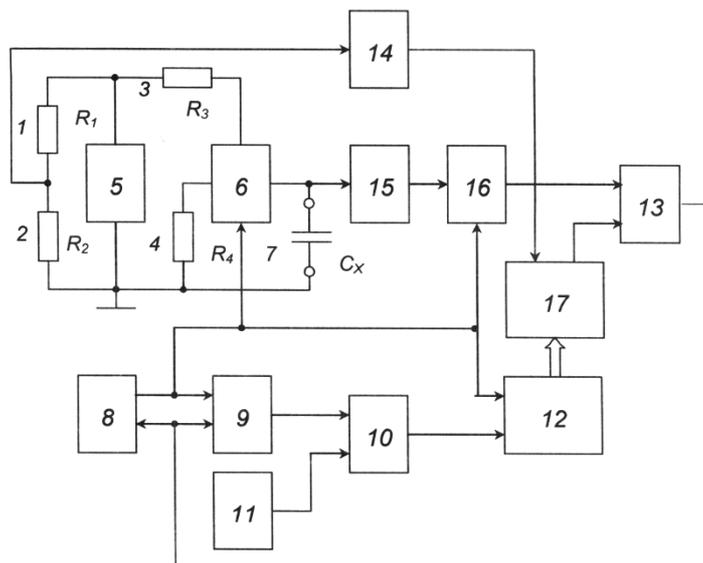
SU 1837243 А1, 1993.

TW 2008/39254 А1.

US 2010/0321040 А1.

(57)

Устройство для измерения емкости конденсатора, содержащее делитель напряжения, образованный последовательно соединенными первым и вторым резисторами, подключенными к первому и второму выводам источника постоянного напряжения, первый вывод которого соединен с общей шиной, а второй вывод через третий резистор соединен с первым выходом электронного ключа, второй выход которого через четвертый резистор соединен с общей шиной, вход электронного ключа через конденсатор соединен с общей шиной; блок управления, выход которого соединен со входом управления электронного



ВУ 19854 С1 2016.02.28

ключа, первым входом триггера и входом обнуления счетчика, выход триггера соединен с первым входом элемента И, второй вход которого соединен с выходом генератора импульсов, а выход элемента И соединен со счетным входом счетчика импульсов, второй вход триггера соединен с выходом компаратора, **отличающееся** тем, содержит первый и второй повторители напряжения, интегратор и цифроаналоговый преобразователь, вход первого повторителя напряжения соединен с выходом делителя напряжения, вход второго повторителя напряжения соединен со входом электронного ключа, а выход - со входом интегратора, выход которого соединен с первым входом компаратора, второй вход которого соединен с выходом цифроаналогового преобразователя, цифровые входы которого соединены с выходами счетчика, а вход опорного напряжения цифроаналогового преобразователя соединен с выходом первого повторителя напряжения, вход обнуления интегратора соединен с выходом блока управления, вход которого соединен с выходом компаратора.

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к измерению емкости конденсатора и различных физических величин емкостными датчиками.

Известно устройство для измерения емкости конденсатора, содержащее делитель напряжения, образованный последовательно соединенными первым и вторым резисторами, подключенными к первому и второму выводам источника постоянного напряжения, первый вывод которого соединен с общей шиной, а второй вывод через третий резистор соединен с первым выходом электронного ключа, второй выход которого через четвертый резистор соединен с общей шиной, вход электронного ключа через конденсатор соединен с общей шиной; блок управления, выход которого соединен с входом управления электронного ключа и первым входом измерителя временных интервалов, второй вход которого соединен с выходом компаратора, первый вход которого подключен к выходу образованного первым и вторым резисторами делителя напряжения, второй вход компаратора соединен с входом электронного ключа [1].

Недостаток устройства - низкая точность измерения, обусловленная погрешностью сравнения сигнала с опорным уровнем и погрешностью квантования времени разряда конденсатора при контроле конденсаторов малой емкости и емкостных датчиков с малыми изменениями емкости.

Наиболее близким к заявляемому является устройство для измерения емкости конденсатора, содержащее делитель напряжения, образованный последовательно соединенными первым и вторым резисторами, подключенными к первому и второму выводам источника постоянного напряжения, первый вывод которого соединен с общей шиной, а второй вывод через третий резистор соединен с первым выходом электронного ключа, второй выход которого через четвертый резистор соединен с общей шиной, вход электронного ключа через конденсатор соединен с общей шиной; блок управления, выход которого соединен с входом управления электронного ключа, первым входом триггера и входом обнуления счетчика, выход триггера соединен с первым входом элемента И, второй вход которого соединен с выходом генератора импульсов, а выход элемента И соединен со счетным входом счетчика импульсов, второй вход триггера соединен с выходом компаратора, первый вход которого соединен с выходом делителя напряжения, второй вход компаратора соединен с входом электронного ключа [2].

Устройство формирует код в счетчике, пропорциональный постоянной времени разряда конденсатора через образцовый резистор.

Недостаток устройства - низкая точность измерения, обусловленная погрешностью сравнения сигнала с опорным уровнем и погрешностью квантования времени разряда конденсатора при контроле конденсаторов малой емкости и емкостных датчиков с малыми изменениями емкости.

Кроме того, устройство обладает низкой помехозащищенностью, особенно при контроле параметров емкостных датчиков, установленных на технологических объектах, удаленных от средства измерения. В каналы связи системы сбора информации от удаленных датчиков и измерительных преобразователей проникают промышленные помехи и шумы, их влияние существенно выше, чем при проведении лабораторных измерений.

Задача изобретения - повышение точности и помехозащищенности устройства для измерения емкости.

Задача решается тем, что устройство для измерения емкости конденсатора, содержащее делитель напряжения, образованный последовательно соединенными первым и вторым резисторами, подключенными к первому и второму выводам источника постоянного напряжения, первый вывод которого соединен с общей шиной, а второй вывод через третий резистор соединен с первым выходом электронного ключа, второй выход которого через четвертый резистор соединен с общей шиной, вход электронного ключа через конденсатор соединен с общей шиной; блок управления, выход которого соединен со входом управления электронного ключа, первым входом триггера и входом обнуления счетчика, выход триггера соединен с первым входом элемента И, второй вход которого соединен с выходом генератора импульсов, а выход элемента И соединен со счетным входом счетчика импульсов, второй вход триггера соединен с выходом компаратора, согласно изобретению, содержит первый и второй повторители напряжения, интегратор и цифроаналоговый преобразователь, вход первого повторителя напряжения соединен с выходом делителя напряжения, вход второго повторителя напряжения соединен со входом электронного ключа, а выход - со входом интегратора, выход которого соединен с первым входом компаратора, второй вход которого соединен с выходом цифроаналогового преобразователя, цифровые входы которого соединены с выходами счетчика, а вход опорного напряжения цифроаналогового преобразователя соединен с выходом первого повторителя напряжения, вход обнуления интегратора соединен с выходом блока управления, вход которого соединен с выходом компаратора.

Изобретение позволяет повысить точность и помехозащищенность измерения, так как за счет операции интегрирования и расширения формируется интервал времени, пропорциональный измеряемой величине.

На фигуре показана схема устройства.

Устройство для измерения емкости конденсатора содержит первый 1, второй 2, третий 3 и четвертый 4 резисторы. Первый 1 и второй 2 резисторы соединены последовательно, образуют делитель напряжения и подключены к первому и второму выводам источника постоянного напряжения 5.

Первый вывод источника постоянного напряжения 5 соединен с общей шиной, а второй вывод через третий резистор 3 соединен с первым выходом электронного ключа 6, второй выход которого через четвертый резистор 4 соединен с общей шиной, вход электронного ключа 6 через конденсатор 7 соединен с общей шиной.

Выход блока управления 8 соединен со входом управления электронного ключа 6 и первым входом триггера 9. Выход триггера соединен с первым входом элемента И 10, второй вход которого соединен с выходом генератора импульсов 11, а выход элемента И 10 соединен со счетным входом счетчика импульсов 12.

Вход блока управления 8 и второй вход триггера 9 соединены с выходом компаратора 13.

Вход первого повторителя напряжения 14 соединен с выходом образованного первым 1 и вторым 2 резисторами делителя напряжения. Вход второго повторителя напряжения 15 соединен со входом электронного ключа 6, а выход соединен со входом интегратора 16, выход которого соединен с первым входом компаратора 13.

Второй вход компаратора 13 соединен с выходом цифроаналогового преобразователя (ЦАП) 17, цифровые входы которого соединены с выходами счетчика 12, а вход опорного

напряжения цифроаналогового преобразователя 17 соединен с выходом первого повторителя напряжения 14.

Входы обнуления счетчика 12 и интегратора 16 соединены с выходом блока управления 8.

Устройство работает следующим образом.

В исходном состоянии счетчик 12 и интегратор 16 обнулены, выход электронного ключа 6 с конденсатором 7 C_x соединен с его вторым входом. Конденсатор 7 C_x разряжен через разрядный резистор 4 R_4 .

Сигналом с выхода блока управления выход ключа 6 с конденсатором 7 C_x подключается к первому его входу с зарядным резистором 3 R_3 .

Напряжение на конденсаторе изменяется по закону

$$U_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau}), \quad (1)$$

где E - напряжение источника 5,

$\tau = R_3 C_x$ - постоянная времени.

Через второй повторитель напряжения 15 напряжение конденсатора поступает на вход интегратора 16. Применение повторителя напряжения 15 с большим входным сопротивлением необходимо для исключения влияния входного сопротивления интегратора 16 на постоянную времени. В частности, повторитель напряжения может быть внутренним компонентом интегратора 16.

Выходное напряжение интегратора 16 изменяется по закону

$$U_{\text{инт}}(t) = \frac{1}{T_{\text{И}}} \int_0^t U(t) dt = \frac{1}{T_{\text{И}}} \int_0^t E(1 - e^{-t/\tau}) dt = \frac{E}{T_{\text{И}}} [t - \tau(1 - e^{-t/\tau})], \quad (2)$$

где $T_{\text{И}}$ - постоянная интегрирования.

Одновременно с началом переходного процесса заряда конденсатора триггер 9 переводится в единичное состояние, через элемент И 10 импульсы генератора 11 поступают на счетный вход счетчика 12. Цифровой код счетчика 12 поступает на входы ЦАП 17, на выходе которого формируется напряжение, пропорциональное количеству импульсов, поступивших на вход счетчика 12.

Временная зависимость кода счетчика 12

$$N(t) = t f_0, \quad (3)$$

где f_0 - частота импульсов генератора 11.

Опорное напряжение ЦАП формируется делителем напряжения на резисторах 1 и 2.

$$U_{\text{оп}} = mE = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E. \quad (4)$$

Выходное напряжение ЦАП 17

$$U_{\text{ЦАП}}(t) = U_{\text{МР}} N(t) = \frac{U_{\text{оп}}}{N_0} t f_0 = E \frac{m}{N_0} t f_0, \quad (5)$$

где $U_{\text{МР}} = U_{\text{оп}}/N_0$ - единица младшего разряда ЦАП 17,

N_0 - максимальный цифровой код счетчика 12 и ЦАП 17.

Компаратор 13 фиксирует момент времени T_x равенства выходных напряжений напряжением интегратора 16 и ЦАП 17. Сигнал компаратора 13 возвращает триггер 9 в исходное состояние, элемент И 10 закрывается, поступление импульсов генератора 11 в счетчик 12 прекращается. В счетчике 12 хранится код, а на выходе ЦАП 17 сформировано напряжение, пропорциональное измеряемой величине. Время T_x - корень уравнения

$$U_{\text{инт}}(T_x) = U_{\text{ЦАП}}(T_x), \quad (6)$$

$$\frac{E}{T_{\text{И}}} [T_x - \tau(1 - e^{-T_x/\tau})] = E \frac{m}{N_0} T_x f_0. \quad (7)$$

ВУ 19854 С1 2016.02.28

Параметры f_0 , N_0 , $T_{И}$ и m выбираются таким образом, чтобы выполнялось условие $T_x \gg \tau$, тогда $e^{-T_x/\tau} = 0$, и из уравнения (7) находим

$$T_x = \frac{\tau}{1 - \frac{m}{N_0} T_{И} f_0}. \quad (8)$$

Например, при измерении на пределе измерения до $C_{МАХ} = 10$ пФ можно выбрать $R_3 = 1$ МОм, $\tau_{МАХ} = R_3 C_{МАХ}$. Параметры могут быть следующими: $f_0 = 1$ МГц, $N_0 = 100$, $T_{И} = 100$ мкс.

Тогда

$$T_x = \frac{\tau}{1 - m}, \quad (9)$$

а код в счетчике

$$N_x = \frac{f_0}{1 - m} \tau = \frac{f_0}{1 - m} T_x. \quad (10)$$

При $m = 0,9$ получим $T_x = 10\tau$ и код в счетчике

$$N_x = 10f_0\tau = 10f_0R_3C_x. \quad (11)$$

Например, при $C_x = 5$ пФ, $\tau_x = R_3C_x = 5$ мкс, $T_x = 50$ мкс, $N_x = 50$.

Методическая относительная погрешность измерения пренебрежимо мала:

$$e^{-T_0/\tau} = e^{-10} \approx 5 \cdot 10^{-5}.$$

Следовательно, по сравнению с известными устройствами, заявляемое обладает на порядок меньшей погрешностью дискретности, кроме того, за счет интегрирования напряжения переходного процесса уменьшается случайная погрешность измерения и повышается помехозащищенность.

Источники информации:

1. Мирский Г.Я. Электронные измерения. 4-е изд. - М.: Радио и связь, 1986. - С. 315-317.

2. Кузнецов В.А., Долгов В.А., Коневских В.М. и др. Измерения в электронике: Справочник / Под ред. В.А.Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 205-207, рис. 4.27, 4.28.