

УДК 621. 039

## К ВОПРОСУ О СОГЛАСОВАНИИ ИМПЕДАНСОВ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СО СХЕМАМИ ВТОРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

**В.С. Ляпидов**

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: constantin.1988@mail.ru

*Рассматриваются вопросы согласования выходной емкости первичных преобразователей с характеристическим сопротивлением контура измерительного генератора за счет использования схем умножения выходной емкости первичного преобразователя. Предложена структура построения схем вторичного преобразования, использующая схемы имитации отрицательного импеданса для компенсации емкости кабеля, соединяющего первичный преобразователь со схемой вторичного преобразования.*

**Ключевые слова:** измерительный автогенератор с конвертором отрицательного импеданса, схема умножения емкости, схема имитации отрицательного импеданса.

Исследование измерительных  $LC$ -автогенераторов ( $ИГ$ ) с конверторами отрицательного импеданса [1-3] позволяет сделать вывод о перспективности их использования при построении схем вторичного преобразования ( $ВП$ ) информационно-измерительных и управляющих систем ( $ИИ$  и  $УС$ ).

Применение конверторов отрицательного импеданса приводит к изменению величины эквивалентной емкости (индуктивности) в цепи колебательного контура  $ИГ$ . Это требует согласования выходной емкости (индуктивности) первичного преобразователя ( $ПП$ ) с характеристическим сопротивлением колебательного контура  $ИГ$ . Кроме того, зачастую жесткие требования к габаритам  $ПП$  требуют повышения коэффициента преобразования цепи, состоящей из последовательно включенных  $ПП$ , линии связи (кабеля) и  $ВП$ . Требуемое согласование можно обеспечить, например, за счет применения схемы умножения ( $СУ$ ) выходной емкости (индуктивности)  $ПП$ , построенной на основе датчика тока ( $ДТ$ ) и источника тока, управляемого током ( $ИТУТ$ ) [4]. Структура и схема подключения  $СУ$  к  $ПП$  и  $ВП$  приведены на рис. 1.

Умножение величины выходной емкости  $ПП$  эквивалентно применению  $ПП$  с большей величиной выходной емкости (значит, и с соответственно большими габаритами). Коэффициент преобразования цепи, состоящей из последовательно включенных  $ПП$ ,  $СУ$ ,  $ВП$ , повышается при  $K_{СУ} > 1$ . Это позволяет уменьшить габариты  $ПП$ , а значит, повысить, например, его виброустойчивость. В качестве примера реализации на рис. 2 приведена принципиальная схема  $СУ$  емкостного струнного  $ПП$  ( $C_T$  – плоская струна,  $\mathcal{E}$  – неподвижный электрод).

---

Валерий Сергеевич Ляпидов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Автоматика и управление в технических системах».

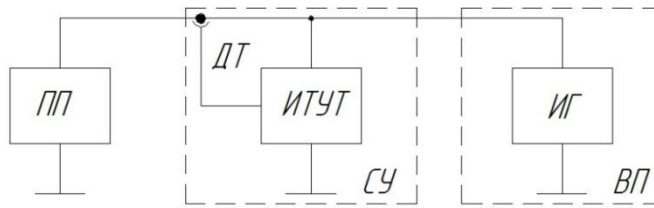


Рис. 1. Структура и схема подключения СУ

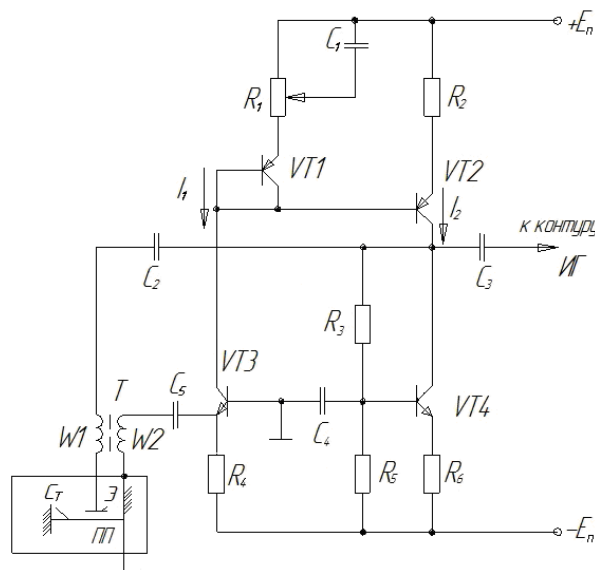


Рис. 2. Схема умножения емкости ПП

При реализации СУ сделаны следующие допущения:

- ДТ реализован на трансформаторе  $T$  с ферритовым сердечником;
- ИТУТ реализован на транзисторе  $VT3$  с общей базой.

Коэффициенты передачи ИТУТ и  $T$  выбраны равными 1 и 2 соответственно. На транзисторах  $VT1$ ,  $VT2$ , резисторах  $R_1$ ,  $R_2$  и конденсаторе  $C_1$  собрана схема умножения тока на постоянный коэффициент. Для отношения токов  $I_1$  и  $I_2$  справедливо (при  $I_1 R_1 > U_{БЭ}$ ) выражение

$$\frac{I_2}{I_1} \cong \frac{R_1}{R_2}$$

с максимальной ошибкой менее  $\pm 10\%$  в диапазоне двух порядков величины тока [5], т. е.

$$0,1 < \frac{I_2}{I_1} < 10.$$

При  $R_1 = R_2$  схема, выполненная на транзисторах  $VT1$  и  $VT2$ , носит название «токового зеркала». На транзисторе  $VT4$  собран источник постоянного тока для питания СУ.

Следует заметить, что применение СУ ведет к тому, что умножается не только емкость емкостного ПП, но и емкость кабеля, соединяющего ПП со входом СУ. Это обстоятельство, а также снижение относительной величины

емкости  $ПП$  (при значительном удалении  $ПП$  от средств  $ВП$ ) требует компенсации емкости кабеля.

В связи с изложенным разработана структурная схема  $ИИ$  и  $УС$  с емкостным  $ПП$  (рис. 3), в которой для компенсации емкости кабеля использована схема, имитирующая отрицательную емкость [6].

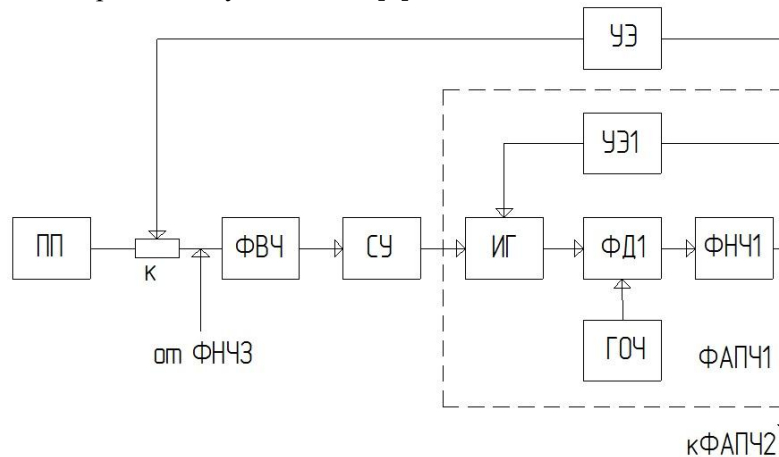


Рис. 3. Структурная схема измерительного канала  $ИИ$  и  $УС$  с емкостным  $ПП$

Разработанная структура отличается от структуры, приведенной, например, в [7], наличием описанной выше  $СУ$  и дополнительного управляющего элемента ( $УЭ$ ), вход которого подключен к выходу фильтра низких частот ( $ФНЧ1$ ), а выход – к кабелю ( $К$ ), соединяющему емкостный  $ПП$  со входом фильтра высоких частот ( $ФВЧ$ ).  $ИГ$  включен в систему фазовой автоподстройки частоты ( $ФАПЧ1$ ).

При изменении емкости кабеля происходит рассогласование фаз сигналов на выходе  $ИГ$  и входе генератора опорной частоты ( $ГОЧ$ ), а на выходе фазового детектора ( $ФД1$ ) вырабатывается сигнал ошибки. Низкочастотные составляющие сигнала с выхода  $ФНЧ1$  подаются на вход  $УЭ$ , который компенсирует изменение емкости кабеля ( $К$ ). В качестве  $УЭ$  использована схема, имитирующая отрицательную емкость. Выход схемы  $УЭ$  включен параллельно с емкостью кабеля ( $C_K$ ). Это обеспечивает компенсацию емкости кабеля «отрицательной» емкостью управляющего элемента ( $-C_{УЭ}$ ).

Таким образом, в статье рассмотрена принципиальная возможность согласования выходной емкости  $ПП$  с характеристическим сопротивлением контура  $ИГ$  за счет использования схем умножения емкости из последовательно включенных датчика тока и управляемого источника тока.

Кроме того, рассмотрена принципиальная возможность и предложена структура измерительного канала  $ИИ$  и  $УС$  с емкостными  $ПП$  для компенсации емкости кабеля (с помощью схем имитации отрицательного импеданса), соединяющего  $ПП$  со схемой  $ВП$ , что позволит удалить  $ПП$  от схем  $ВП$ . Последнее обстоятельство является возможным при построении  $ИИ$  и  $УС$  для энергетических объектов, требующих повышенной термической напряженности в зоне работы  $ПП$  [8].

Автор не ставил перед собой задачи оценки быстродействия или оценки снижения погрешности  $ИИС$ , поскольку эти вопросы целесообразно рассматривать только для конкретно образца  $ИИ$  и  $УС$  с конкретными характеристиками  $ПП$  и соединительного кабеля.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ляпидов В.С.* Активные цепи в измерительных автогенераторах // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2004. – № 20. – С. 135-144.
2. *Ляпидов В.С.* Перспективы применения схем имитации отрицательной емкости (индуктивности) при построении схем вторичного преобразования информационно-измерительных и управляющих систем // Приборы и системы. Управления, контроль, диагностика. – 2008. – № 4. – С. 46-49.
3. *Ляпидов В.С., Привалов В.Д.* Высокочувствительные схемы вторичного преобразования информационно-измерительных и управляющих систем с автогенераторами на базе управляемых конверторов отрицательного импеданса // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 9. – С. 38-40.
4. А. с. 800720 (СССР). Струнный автогенератор / В.Д. Привалов, М.П. Козин, М.Н. Левин, В.С. Ляпидов. – Б. И. № 4, 1981.
5. *Хейнлейн В.Е., Холмс В.Х.* Активные фильтры для интегральных схем. – М.: Связь, 1980. – 656 с.
6. А. с. 909594 (СССР). Струнный автогенератор / В.Д. Привалов, М.П. Козин, В.С. Ляпидов. – Б. И. № 8, 1982.
7. *Ляпидов В.С.* Повышение чувствительности измерительной части информационно-измерительных систем с резонансными первичными преобразователями // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2007. – № 1 (19). – С. 191-193.
8. *Ляпидов В.С.* К вопросу построения измерительных систем давления жидкого теплоносителя в энергетических объектах // Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС – 2010): Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Самара, 2010. – С. 182-185.

*Статья поступила в редакцию 25 декабря 2013 г.*

#### TO THE QUESTION OF IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMERS WITH PRIMARY SECONDARY CIRCUITS TRANSFORM INFORMATION-MEASURING AND CONTROL SYSTEMS

*V.S. Lyapidov*

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The issues of matching the output capacitance of the primary converters with characteristic impedance measuring generator circuit by using schemes multiplying the output capacitance of the primary device are analyzed. The structure diagramming secondary conversion circuit simulation, using negative impedance compensation capacitance of the cable, connecting the transducer to the converter circuit is suggested.*

**Keywords:** *measuring autogenerator with negative impedance converter, capacitance multiplication circuit, the circuit simulation of the negative impedance.*

---

*Valery S. Lyapidov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.*