

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР (УЗЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ, ФАЗЫ, КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ( $\cos\varphi$ ), МОЩНОСТИ)

**Л. Г. ЧУБРИКОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### Введение

Предлагаемый многофункциональный измерительный прибор удобен для измерений различных величин при проведении лабораторных работ по электротехнике и промышленной электронике в различных учебных заведениях – школах, училищах, техникумах, вузах. Он может быть использован также в промышленности, так как погрешность измерений невелика – 1–2 %.

### Цель работы

Рассмотреть узлы измерения фазы, частоты, мощности

В одноименной статье, опубликованной в «Вестнике ГГТУ им. П. О. Сухого» (2006 г., № 1), рассмотрены узлы измерения напряжения, тока, сопротивления, индуктивности, емкости. А в этой статье, которая является продолжением указанной выше статьи, на рис. 1 приводится упрощенная блок-схема действующего макета прибора – узлы измерения частоты, фазы, коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ), мощности.

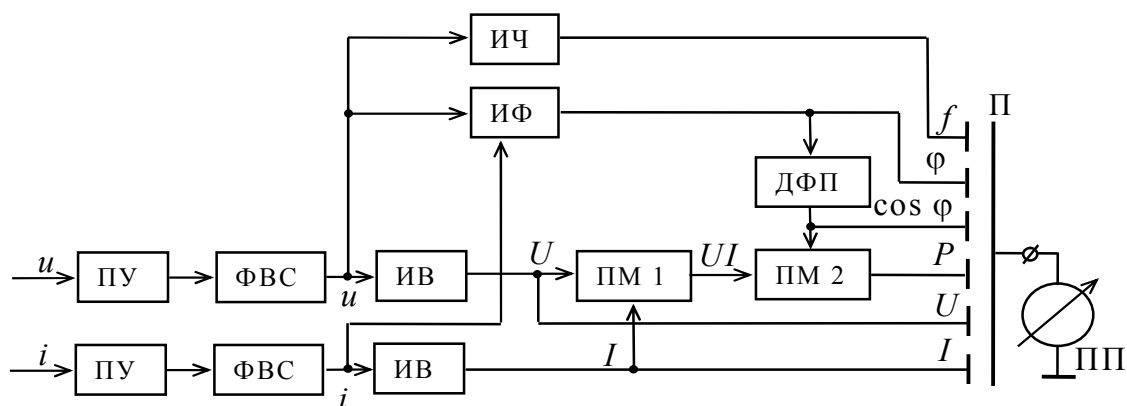


Рис. 1. Упрощенная блок-схема макета прибора

Прибор собран на основе специальных функциональных блоков путем их соответствующих соединений. Это блоки: ПУ – предварительный усилитель; ФВС – фильтр верхних скоростей; ИВ – измерительный выпрямитель; ИФ – измеритель фазы; ИЧ – измеритель частоты; ДФП – диодный функциональный преобразователь; ПМ1, ПМ2 – перемножители; ПП – показывающий прибор; П – переключатель для выбора измеряемого параметра.

### 1. Измеритель сдвига фаз

Электрическая схема узла измерения сдвига фаз между напряжением  $u$  и током  $i$  приведена на рис. 2. Измеритель содержит два компаратора на быстродействующих

микросхемах  $DA1$  и  $DA2$ , преобразующих синусоидальные входные напряжения  $u_{(u)}$  и  $u_{(i)}$  в импульсные; цепочки согласования на  $R_3-VD1-VD2$  и  $R_4-VD3-VD4$ ; формирователь импульса, длительность которого пропорциональна сдвигу фаз, на логических элементах типа И-НЕ  $DD1, DD2, DD3$ ; транзисторный ключ  $VT$ ; стабилизатор напряжения параметрического типа на резисторе  $R_7$  и стабилитроне  $VD5$ ; усредняющий блок, включающий цепь  $R_9 - C$  и усилитель на микросхеме  $DA3$ .

На рис. 3 приведены градуировочные графики для различных частот.

Как видно из графиков, зависимость выходного напряжения от величины сдвига фаз линейна в пределах  $\varphi = \pm 100^\circ$ . Обработка результатов исследований показала, что приведенная погрешность измерений не превышает  $\pm 1\%$  в частотном диапазоне от  $f = 100$  Гц до  $f = 100$  кГц.

## 2. Измеритель $\cos \varphi$

При помощи диодного функционального преобразователя (ДФП), приведенного на рис. 4, производится преобразование напряжения  $U_{\text{вх}}$ , пропорционального сдвигу фаз  $\varphi$ , в выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$ , пропорциональное  $\cos \varphi$ , то есть пропорциональное коэффициенту мощности. На рис. 5 приведена характеристика преобразования, на которую наложены экспериментальные точки. Из результатов эксперимента видно, что диодный преобразователь выполняет операцию определения  $\cos \varphi$  с приведенной погрешностью не более  $\pm 1\%$ .

## 3. Измеритель мощности

Как известно, определение активной мощности осуществляется путем решения уравнения  $P = UI \cos \varphi$ , где значения  $U, I, \cos \varphi$  предварительно определяются узлами измерения напряжения, тока, фазы и ДФП. Следовательно, необходимо только перемножить эти величины, чтобы определить мощность.

Операции перемножения осуществлены при помощи двух перемножителей – ПМ1 и ПМ2, собранных на преобразовательных блоках, показанных на рис. 6 и описанных в статье «Преобразовательные блоки», которая будет опубликована в следующем номере журнала.

На рис. 7 приведены градуировочные характеристики измерителя мощности постоянного тока, а на рис. 8 – измерителя мощности переменного тока. Анализ результатов измерений показал, что погрешность измерений мощности не превышала  $\pm 2\%$ .

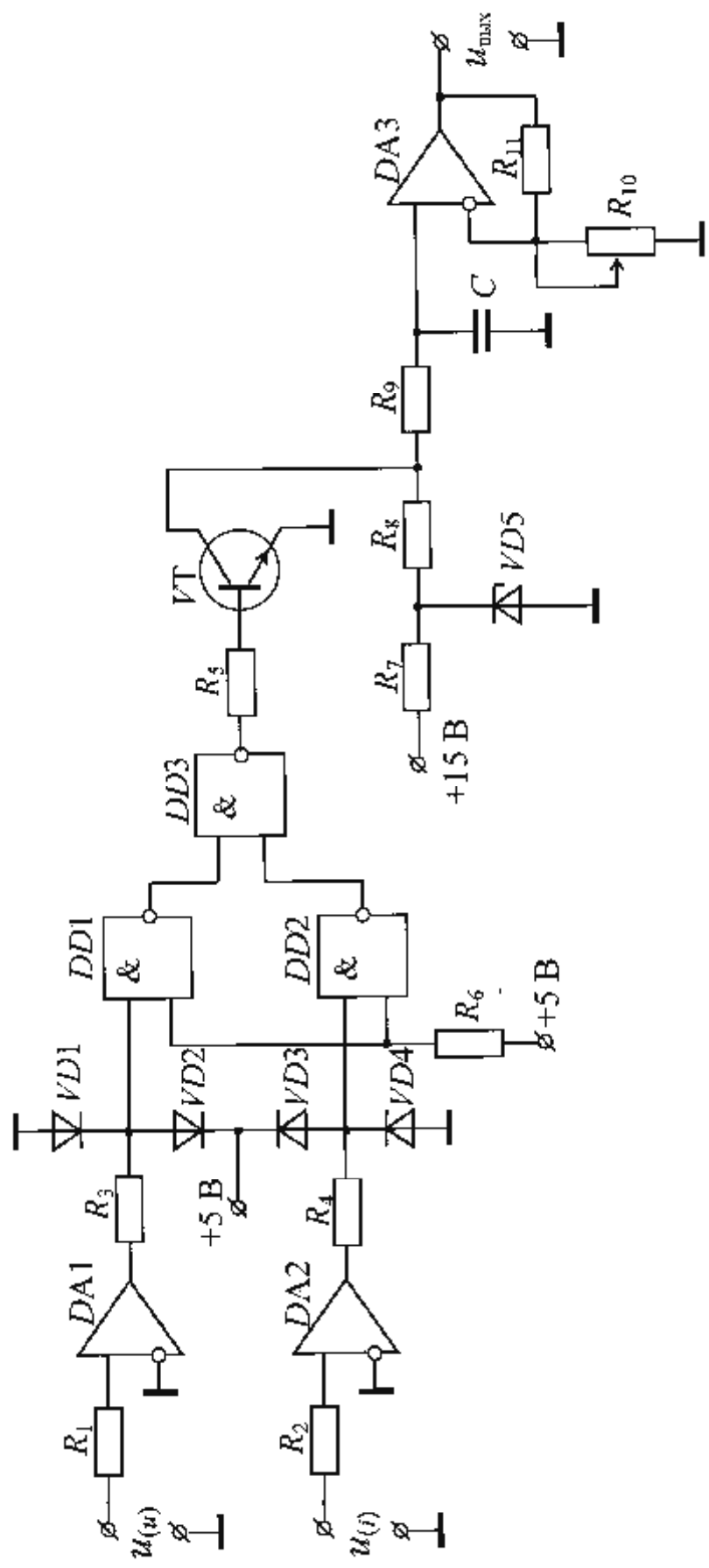


Рис. 2. Схема измерителя сдвига фаз

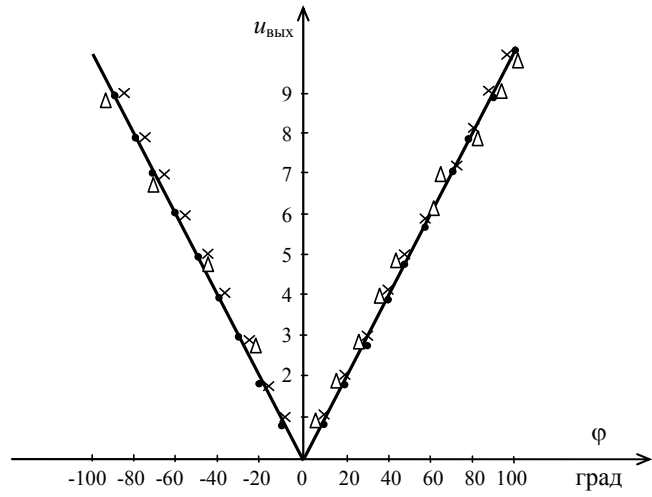


Рис. 3. Градуировочная характеристика измерителя фаз:  
 $\bullet$  -  $f = 100$  кГц;  $\times$  -  $f = 10$  кГц;  $\Delta$  -  $f = 100$  Гц

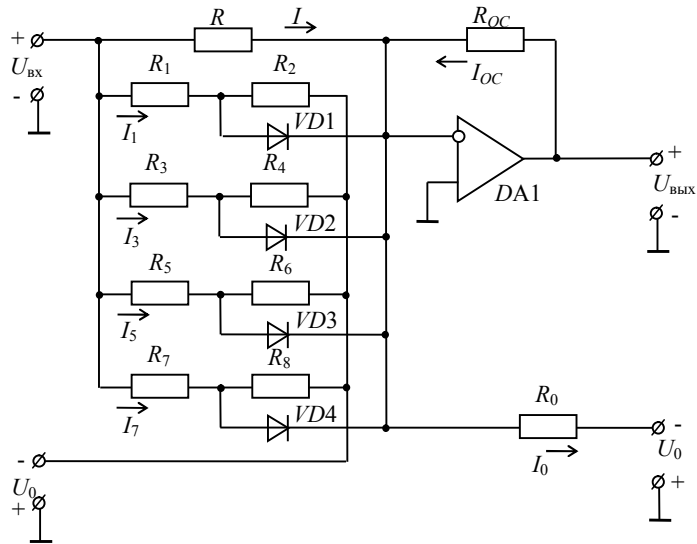


Рис. 4. Диодный функциональный преобразователь

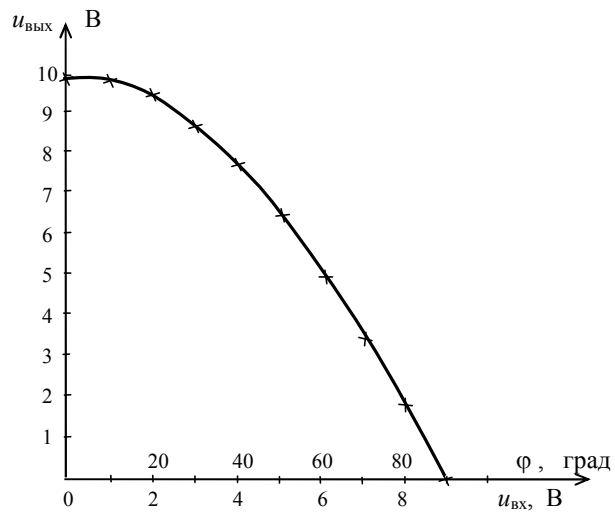


Рис. 5. Градуировочная характеристика диодного функционального преобразователя

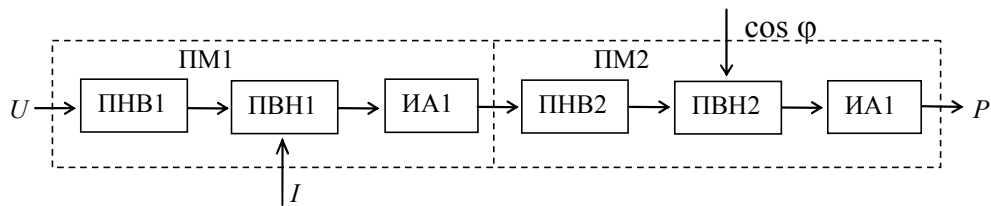


Рис. 6. Блок-схема перемножителей

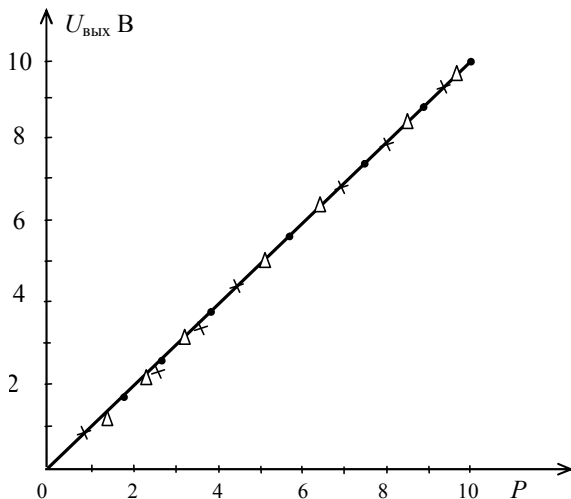


Рис. 7. Градуировочные графики измерителя мощности постоянного тока: ● – диапазон 0–0,1 Вт; × – диапазон 0,1–1,0 Вт; Δ – диапазон 1–10 В

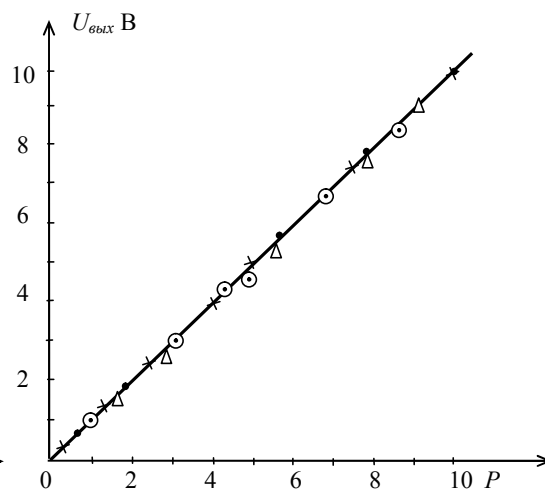


Рис. 8. Градуировочные графики измерителя мощности переменного тока ● – диапазон 0–1 мВт,  $f = 100$  Гц; × – диапазон 1–10 мВт,  $f = 100$  Гц; ⊙ – диапазон 10–100 мВт,  $f = 100$  Гц; Δ – диапазон 0,1–1 Вт,  $f = 10$  кГц

#### 4. Измеритель частоты

При измерении частоты можно было бы использовать также преобразовательные блоки, указанные на рис. 6. Однако при этом потребуются сложные механические переключатели, что экономически неоправданно. Поэтому была использована известная схема, приведенная на рис. 9. Измеритель частоты содержит компаратор на быстродействующей микросхеме DA1, на вход которого подается напряжение  $u$  с выхода ФВС (см. рис. 1); формирователь импульсов на цепочке элементов:  $R_2$ , VD1, VD2, и логического элемента DD1; делитель частоты на двоично-десятичных счетчиках DD2–DD4 с переключателем П1 для выбора диапазона измерений; одновибратор на микросхеме DA2; аналоговый усреднитель на микросхеме DA3.

В каждом диапазоне измерений на вход одновибратора поступают запускающие импульсы частотой до 100 Гц. Одновибратор со стабилизатором формирует на выходе импульсы постоянной длительности  $t_u$  и постоянной амплитуды  $U_0$ . Эти импульсы поступают на вход усреднителя напряжения, на выходе которого

$$U_{\text{вых}} = U_0 t_u K_y f = Kf,$$

где  $K_y = 1 + \frac{R_{11}}{R_{10}}$  – коэффициент усиления усилителя на микросхеме DA3.

Таким образом, напряжение  $U_{\text{вых}}$  с небольшой погрешностью пропорционально измеряемой частоте напряжения  $u$ . Как показали результаты лабораторных исследований, приведенная погрешность измерений не превышает 1% в диапазоне частот от 0,1 до 100 кГц.

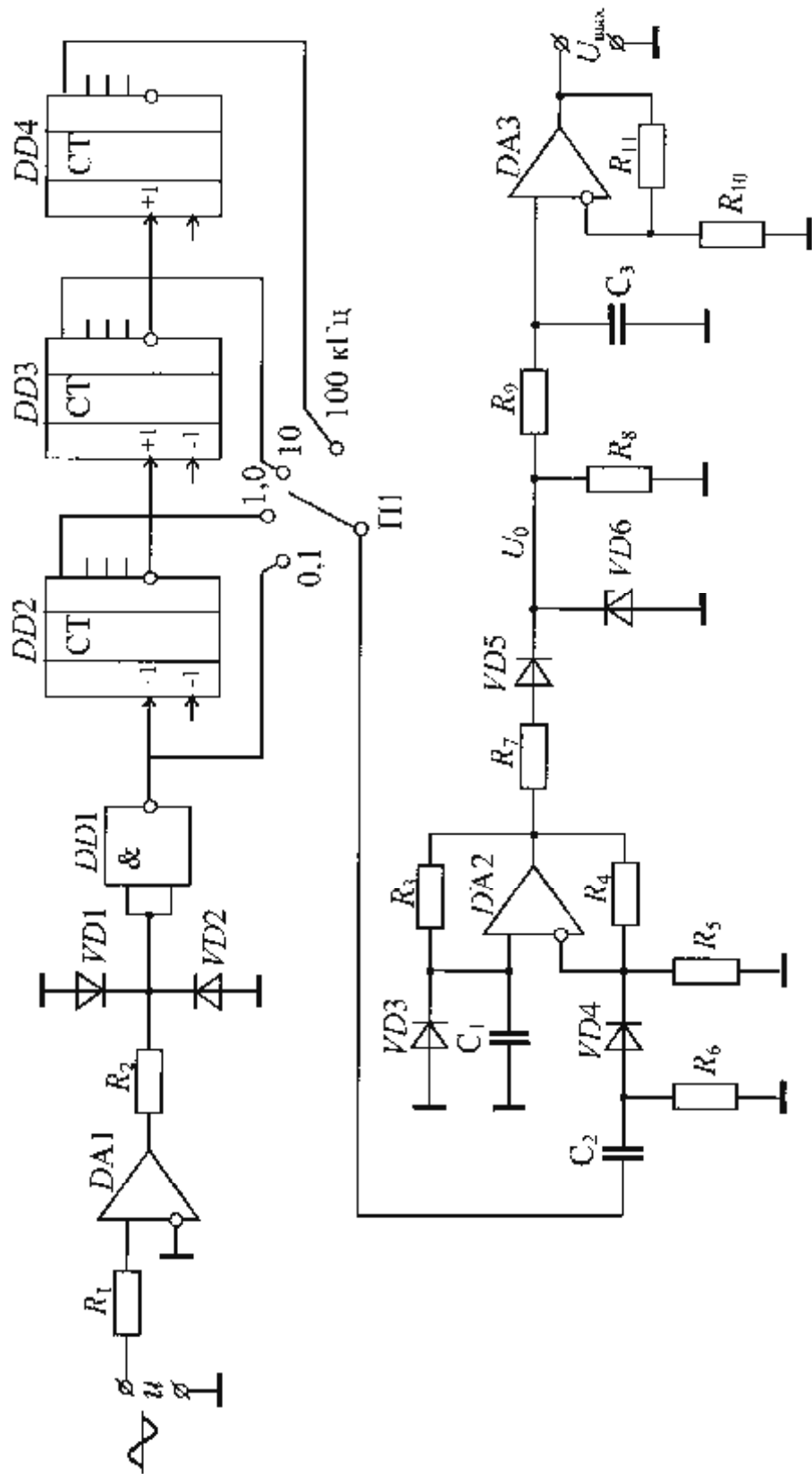


Рис. 9. Измеритель частоты

Литература

1. Мирский, Г. Я. Электронные измерения / Г. Я. Мирский. – Москва : Радио и связь, 1986. – 440 с.
2. Чубриков, Л. Г. Скоростные фильтры сигналов / Л. Г. Чубриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 156 с.

*Получено 18.10.2006 г.*