

В. К. БУТЕНКО, В. Г. ЮРЬЕВ, д. т. н. В. Н. ГОДОВАНЮК,
И. В. ДОКТОРОВИЧ, С. Г. ФЕДОТОВ

Украина, г. Черновцы, ЦКБ «Ритм»,
Черновицкий нац. университет им. Юрия Федьковича
E-mail: rhythmrs@chv.ukrpack.net

Дата поступления в редакцию
02.07 2007 г.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ «ТОК—НАПРЯЖЕНИЕ» ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФОТОСИГНАЛОВ

Новое поколение преобразователей «ток—напряжение» имеет малое входное сопротивление ($<10\text{ Ом}$) и обеспечивает измерения темновых и фототоков фотодиодов от $1\cdot 10^{-12}$ до $1\cdot 10^{-3}\text{ А}$.

При измерениях основных фотоэлектрических параметров фотодиодов — таких как темновой ток (I_T), чувствительность ($S_{\text{инт}}, S_{\text{ил}}$), динамический диапазон чувствительности (d) и др., согласно требованиям [1], сопротивление нагрузки в цепи фотодиода (ФД) выбирается значительно меньшим собственного сопротивления ФД ($R_n \ll R_{\text{фд}}$). Для измерений перечисленных параметров используются нестандартные средства измерений, в состав которых входят контактирующие устройства, блоки выбора резисторов нагрузки, разнообразные предусилители, источники излучения, а также стандартизованное серийное оборудование.

Так, для измерений выходного сигнала с ФД используются: универсальные вольтметры — В7-21А, -23, -30, -34А, -40 и т. д., микровольтметры — В3-38, -39, -47, У2-8, осциллографы — С1-68, -64, -114, С8-13. Однако каждый из них имеет определенные ограничения. Например, из-за несогласованности фотоприемника и измерительного тракта на краях поддиапазонов универсальных вольтметров В7-21А, -30, -40 возрастает погрешность измерений. Кроме того, из-за высокой чувствительности к электромагнитным полям (В7-30) усложняются измерения фотосигналов (фототоков) во всем диапазоне изменения входных оптических сигналов. Некоторые вольтметры (В7-23, -34А) не имеют режима измерения тока, другие (В3-38, -39, -47, У2-8) чувствительны только к модулированным сигналам, часть средств измерений не обеспечивают заданного уровня погрешности измерений (осциллографы) и т. д.

При измерениях немодулированных фотосигналов неплохим согласующим элементом между фотоприемником и измерительным прибором является преобразователь «ток—напряжение» АДБ7.0243.00 и ППТН-01 [2], которые имеют высокий уровень технических характеристик, но являются лишь промежуточным звеном в установках для измерений параметров фотоприемника; для измерения самой величины фотосигнала необходимо применять вольтметр постоянного тока. Кроме этого, часто возникает по-

требность в измерениях токов, меньших пороговой чувствительности АДБ7.0243.00 и ППТН-01.

Разработанный преобразователь «ток—напряжение» ППТН-02 построен на современной отечественной и зарубежной элементной базе, имеет расширенный диапазон преобразования малых уровней тока в напряжение, улучшенные технические характеристики. Он представляет собой малогабаритное измерительное средство, в котором собраны блок питания, предусилитель и вольтметр.

Структурная схема ППТН-02 приведена на рис. 1. При подаче на вход ППТН-02 (Вх.) постоянного тока предусилитель преобразует его в пропорциональное ему напряжение постоянного тока, аналого-цифровой преобразователь преобразует это напряжение в цифровой код, который выводится на индикатор встроенного вольтметра. В случае перегрузки АЦП в старшем разряде цифрового табло вольтметра появляется индикация в виде 1 при отсутствии показаний в остальных разрядах.

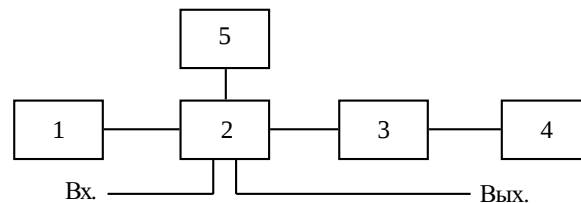


Рис. 1. Структурная схема ППТН-02:

1 — блок питания; 2 — операционный усилитель (ОУ); 3 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 4 — жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), 5 — переключатель выбора коэффициента преобразования ($K_{\text{пр}}$)

Блок питания, ОУ и вольтметр представляют собой отдельные узлы, которые легко монтируются и заменяются при настройке.

Преобразователь ППТН-02 (см. рис. 2) прост в эксплуатации. Для измерения величины тока на вход ППТН-02 подается сигнал, и по встроенному вольтметру (с учетом необходимой чувствительности) измеряется напряжение.

Измеряемый ток рассчитывается по формуле

$$I = \frac{U}{K_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где I — входной ток, А;

U — напряжение, В;

$K_{\text{пр}}$ — коэффициент преобразования ППТН-02, В/А.

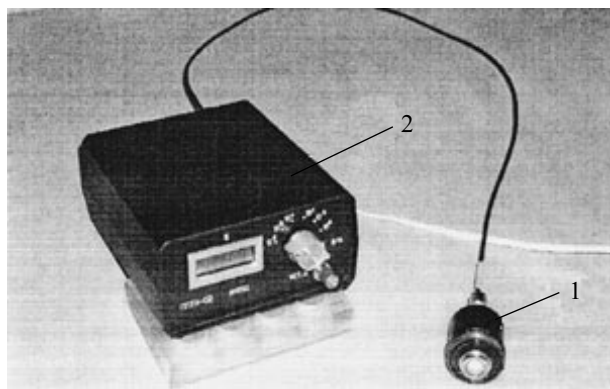


Рис. 2. Радиометрическая головка 1 (генератор тока), подключенная на вход 2 преобразователя «ток—напряжение» ППТН-02

Для более точных измерений напряжения в ППТН-02 предусмотрен дополнительный выход (Вых.) для подсоединения ППТН-02 к внешнему цифровому вольтметру.

Для определения основной относительной погрешности (δ_k) проведены измерения относительной погрешности (δ), нестабильности коэффициента преобразования (δ_n), нелинейности коэффициента преобразования (δ_n) и погрешности встроенного вольтметра (δ_v).

Измерения проводились на установке, структурная схема которой приведена на рис. 3. Токозадающие резисторы с номинальным сопротивлением 10 кОм и 10 МОм (далее $R_{Г1}$) последовательно соединяются с блоком питания и входом ППТН-02; фактические значения их измеряются при помощи цифрового вольтметра В7-34А с точностью не меньше четырех значащих цифр.

Коэффициент преобразования ($K_{пр1}$) определялся по формуле

$$K_{пр1} = \frac{U_1' R_{Г1}}{U_1}, \quad (2)$$

где U_1 , U_1' и $R_{Г1}$ — измеренные значения напряжения и сопротивления.

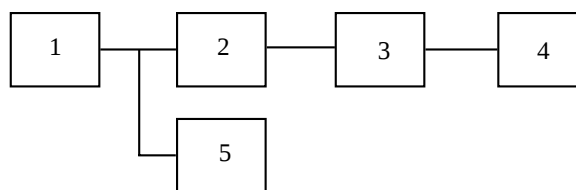


Рис. 3. Структурная схема измерительной установки: 1 — блок питания Б5-43 (Б5-44); 2 — токозадающий резистор; 3 — ППТН-02; 4, 5 — вольтметр цифровой В7-34А (В7-28)

Относительную погрешность коэффициента преобразования (δ_1) определяли по формуле

$$\delta_1 = \left(1 - \frac{K_{пр1}}{K_{пр}} \right) \times 100\%, \quad (3)$$

где $K_{пр}$ — номинальное значение коэффициента преобразования.

Меняя напряжение на блоке питания и резисторе $R_{Г1}$, определяли величину коэффициента преобразования ($K_{пр}$) и относительную погрешность (δ) преобразователя ППТН-02 в каждом диапазоне. Типичные значения относительной погрешности, коэффициента преобразования и другие метрологические и технические характеристики ППТН-02 приведены в таблице.

По результатам измерений коэффициента преобразования ППТН-02 во всем диапазоне в качестве нелинейности (δ_n) приняли максимальное из значений δ .

Нестабильность коэффициента преобразования (δ_n) определялась как отношение максимального отклонения значения коэффициента преобразования от среднего его значения на протяжении 8 часов непрерывной работы:

$$\delta_n = \frac{|K_{\max(\min)} - K_{ср}|}{K_{ср}} \times 100\%, \quad (4)$$

где $K_{\max(\min)}$ — максимальное (минимальное) значение коэффициента преобразования из всех значений $K_{пр}$; $K_{ср}$ — среднее значение коэффициента преобразования.

Метрологические и технические характеристики преобразователей «ток—напряжение»

Характеристика	Преобразователи «ток—напряжение»		
	АДБ7.0243.00	ППТН-01	ППТН-02
Диапазон изменения коэффициента преобразования, $K_{пр}$, В/А	$10^2—10^8$	$10^2—10^8$	$10^4—10^9$
Диапазон токов, преобразуемых в напряжение, А	$10^{-11}—10^{-2}$	$10^{-11}—10^{-2}$	$10^{-12}—2 \cdot 10^{-4}$
Минимальный входной ток, $I_{\min}$, пА	10	10	1,0
Основная относительная погрешность, δ_k , %:	—	—	1,5
			1,0
Относительная погрешность, δ , %	1,0	1,0	0,3
Нестабильность коэффициента преобразования, δ_n , %	1,0	1,0	0,3
Нелинейность коэффициента преобразования, δ_n , %	1,0	1,0	0,3
Погрешность встроенного вольтметра, δ_v , %	—	—	1,0
Масса, кг	3,5	2,0	1,5
Габаритные размеры, мм	280×250×125	180×150×80	150×200×80
Питание (потребляемая мощность)	220 В, 50 Гц (10 Вт)	220 В, 50 Гц (5 Вт)	220 В, 50 Гц (4 Вт)

При измерениях коэффициента преобразования ППТН-02 на одном из диапазонов преобразователя определялась погрешность встроенного вольтметра. Для этого при помощи внешнего вольтметра (В7-34А) измерялось напряжение на выходе ППТН-02 (U_1) и сравнивалось с напряжением на табло ППТН-02 (U_B). Погрешность вольтметра ППТН-02 (δ_U) определялась по формуле

$$\delta_U = \left(1 - \frac{U_1}{U_B}\right) \times 100\%. \quad (5)$$

Основная относительная погрешность измерений δ_k определялась по формуле [3, с. 89—91; 4]

$$\delta_k = 1,1 \cdot \sqrt{\delta^2 + \delta_t^2 + \delta_n^2 + \delta_U^2}. \quad (6)$$

По результатам, приведенным в таблице, можно сделать вывод, что преобразователь ППТН-02 имеет на порядок меньше минимальный входной ток, он меньше, легче и потребляет меньшую мощность.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 17772—88. Методы измерения фотоэлектрических параметров и определения характеристик.
2. Бутенко В. К., Годованюк В. М., Докторович И. В. Прецизионный перетворювач струм—напруга // Науковий вісник ЧНУ.— Чернівці: 2001.— Вип. 102: Фізика. Електроніка.— С. 84—85.
3. Кассандрова О. Н., Лебедев В. В. Обработка результатов наблюдения.— М.: Наука, 1970.
4. ГОСТ 8.207—76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

Д. ф.-м. н. О. О. ДРОБАХИН, П. И. ЗАБОЛОТНЫЙ

Украина, г. Днепропетровск, Институт технической механики
E-mail: drobakhino@mail.ru, mwave@ukr.net

Дата поступления в редакцию
08.07 2007 г.

Оппонент к. т. н. Н. Ф. КАРУШКИН (НИИ
«Орион», г. Киев)

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО УХОДА ЧАСТОТЫ В РЕЗОНАТОРНЫХ СВЧ-ИЗМЕРИТЕЛЯХ НА ОСНОВЕ ГУН

Влияние температурных колебаний на погрешность измерений параметров при применении резонаторных СВЧ-измерителей на основе ГУН может быть минимизировано программным образом.

СВЧ-резонаторы находят применение при построении измерительных схем в составе систем контроля и автоматического управления технологическими процессами производства [1]. Для датчиков, построенных на основе СВЧ-резонаторов, параметрами, несущими информацию об изменении контролируемых величин, являются резонансная частота и добротность СВЧ-резонаторов. Изменение любого из этих параметров под влиянием возмущающего воздействия внешнего контролируемого фактора может быть использовано при построении первичных преобразователей (ПП). Для определения изменения резонансной частоты целесообразно использование генераторов, частота которых управляется напряжением специальной формы (ГУН). Периодическое повторение изменения во времени частоты генератора позволяет получить зависимость изменения резонансной частоты и добротности ПП во времени и тем самым отследить изменение интересующего параметра.

В [2] предложена методика контроля параметров, которая базируется на измерении временных интервалов между резонансными откликами — γ_n (рис. 1), появляющимися при перестройке частоты СВЧ-генератора управляющим напряжением $V_{\text{уп}}^{\text{треугольн}}$ треугольной формы, причем один резонанс наблюдается на восходящей ветви (1), а второй — на нисходящей

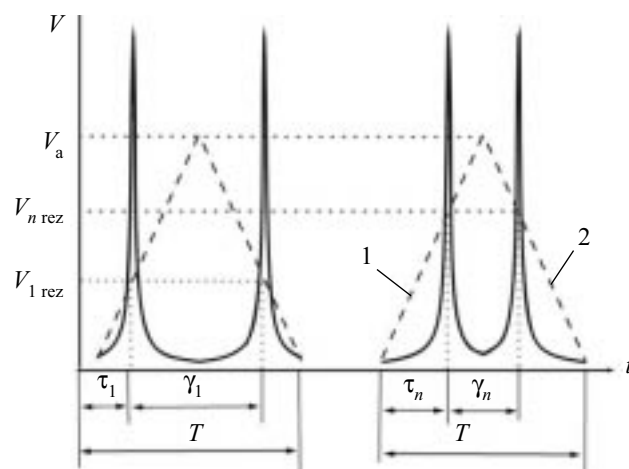


Рис. 1. Сигнал на выходе детекторной секции СВЧ-преобразователя

ветви (2) управляющего напряжения. Поскольку резонансная частота является функцией контролируемых параметров, то и длительность временного интервала между моментами появления резонансных откликов γ_n одного периода перестройки частоты также функционально зависит от контролируемых параметров.

При неизменности контролируемых параметров для всех периодов изменения управляющего напряжения величина временного интервала γ_n остается также неизменной (рис. 1): $\gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_n = \dots$. В случае изменения контролируемых параметров происходит изменение собственных резонансных частот объемного резонатора, что, в свою очередь, вызывает соответствующее изменение значения γ_n .