

ВОПРОСЫ ПОВЕРКИ ГЕНЕРАТОРОВ-КАЛИБРАТОРОВ

Р. Ф. АКНАЕВ, Ю. М. ФОМИЧЕВ, А. А. КУЩ

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

Выпускаемые в настоящие годы вольтметры действующего значения класса $0,1 \div 0,2$ требуют поверки не реже одного раза в три месяца. Поверка их в централизованном порядке требует больших затрат времени и средств.

Следовательно, желательно иметь аппаратуру лабораторного типа, удовлетворяющую метрологическим требованиям, которая позволяла бы проводить поверку вольтметров на местах их использования.

В последние годы в Томском политехническом институте разработан и изготовлен ряд калибраторов синусоидального напряжения действующего значения (ГК-3, ГК-4, ГК-6, ГК-7), удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к поверочной аппаратуре.

Поверка генераторов-калибраторов проводилась во ВНИИМ.

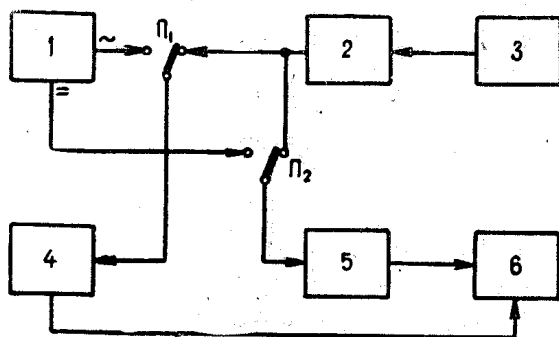


Рис. 1. Блок-схема поверки генераторов-калибраторов

Функциональная схема
поверки

Поверка генераторов-калибраторов проводилась по схеме, представленной на рис. 1.

1 — генератор-калибратор ГК-6;

2 — магазин сопротивлений РЗЗ;

3 — вспомогательный источник постоянного напряжения (аккумулятор);

4 — образцовый термоэлектрический преобразователь Прб № 13;

5 — делитель 1 : 10 класса 0,001;

6 — полуавтоматический потенциометр РЗ45 класса 0,001.

Образцовый термоэлектрический преобразователь

Преобразователь имеет коаксиальную конструкцию (рис. 2). В качестве измерительного узла использован вакуумный бесконтактный преобразователь ТВБ-4 с погрешностью асимметрии $\delta = 0,005\%$, включенный последовательно с добавочным сопротивлением.

В качестве добавочного сопротивления использована заготовка сопротивления МЛТ-1 без нарезки и лакокрасочного покрытия. Величина добавочного сопротивления $R_g = 500 \text{ ом}$.

Вход осуществлен через фишку с волновым сопротивлением $R_w = 50 \text{ ом}$, а вывод ТЭДС — через разъем, закрепленный на неподвижной стенке преобразователя.

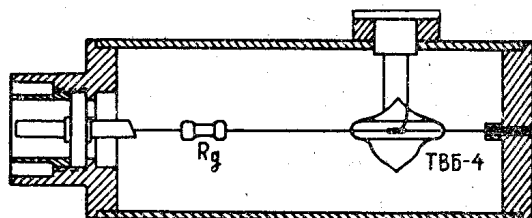


Рис. 2. Конструкция образцового термомоэлектрического преобразователя

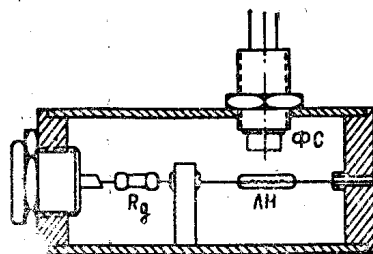


Рис. 3. Конструкция фотоэлектрического преобразователя

Преобразователь такого типа использовался при сличении с генераторами-калибраторами в диапазоне частот $(0,2 \div 30) \text{ мГц}$. Погрешность образцового преобразователя при измерении переменного напряжения составляет:

$$\begin{aligned} (0,2 \div 1) \text{ мГц} \quad \delta &\leq \pm 0,05\%, \\ (1 \div 10) \text{ мГц} \quad \delta &\leq \pm 0,2\%, \\ (10 \div 30) \text{ мГц} \quad \delta &\leq \pm 0,5\%. \end{aligned}$$

Для поверки генераторов-калибраторов в диапазоне $5 \text{ Гц} \div 100 \text{ кГц}$ использовался образцовый преобразователь, в котором в качестве измерительного узла применен ТЭМ с добавочным сопротивлением МЛТ-1, $R_g = 500 \text{ ом}$ конструктивно преобразователь выполнен аналогично описанному выше. Погрешность такого преобразователя составляет:

$$\begin{aligned} 5 \text{ Гц} \div 15 \text{ Гц} \quad \delta &\leq \pm 0,03\%, \\ 20 \text{ Гц} \div 100 \text{ кГц} \quad \delta &\leq \pm 0,02\% \end{aligned}$$

Для устранения влияния температуры оба преобразователя помещались в пассивный термостат.

Измерительный узел ГК-6

Измерительный узел представляет собой фотоэлектрический преобразователь (ФП), выполненный на основе лампы накаливания и фотосопротивления. Конструктивно ФП выполнен в виде отрезка коаксиала. Вход осуществлен через коаксиальную фишку. Фотосопротивление укреплено на одной из стенок корпуса преобразователя. В качестве добавочного сопротивления использовано сопротивление типа С2-10. Лампа накаливания в сафитном исполнении, типа НСМ $6,3 \times 20$.

Конструктивные данные лампы накаливания:

нить лампы витая;
диаметр нити — $0,005 \text{ мм}$;
диаметр катушки — $0,05 \text{ мм}$;
общее число витков — 124;
вводы — ковар, диаметр $0,25 \text{ мм}$.

Фотосопротивление СФ2-5 является одним из плеч моста компаратора. Чувствительность указателя равновесия составляет $0,005\%/\text{дел}$. Расчетная частотная погрешность фотоэлектрического преобразователя на $30 \text{ мГц} \leq 0,05\%$. Конструкция ФП представлена на рис. 3.

Таблица 1

Повер. генераторы	5 гц	8 гц	10 гц	20 гц	60 гц	400 гц	1 гц	10 гц	20 гц	100 гц	1 гц	10 гц	30 гц
ГК-6 № 1	4,993	4,9974	4,997	4,9992	4,9996	4,9996	4,9997	4,9995	4,9997	4,9954	4,9957	4,9953	4,9995
ГК-6 № 1	0,14	0,052	0,06	0,016	0,008	0,006	0,01	0,006	0,012	0,016	0,086	0,094	0,01
ГК-6 № 2	4,9932	4,997	4,9972	4,999	4,9991	4,9989	4,9993	4,9993	4,9994	4,9995	5,0023	4,9999	5,0017
ГК-6 № 2	0,135	0,06	0,056	0,02	0,018	0,022	0,014	0,014	0,012	0,01	0,046	0,02	0,034
ГК-6 № 4	4,9933	4,9961	4,9975	4,9988	4,9985	4,9987	4,9989	4,999	4,9992	4,998	4,996	4,995	4,9997
ГК-6 № 4	0,134	0,078	0,05	0,024	0,03	0,026	0,022	0,02	0,016	0,04	0,08	0,1	0,06

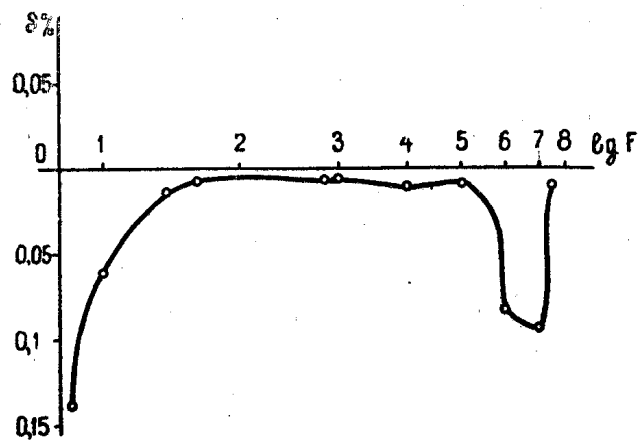


Рис. 4. График частотной погрешности генератора-калибратора ГК-6 № 1

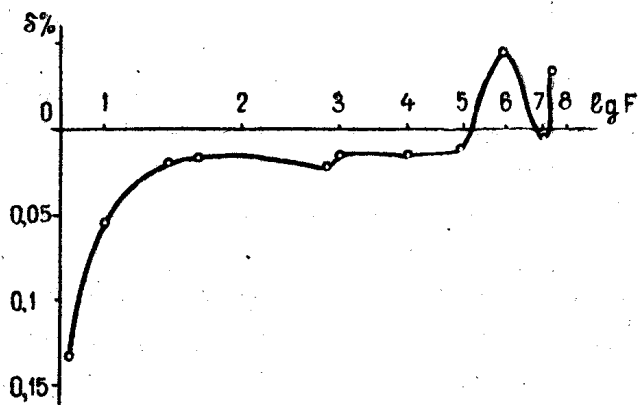


Рис. 5. График частотной погрешности генератора-калибратора ГК-6 № 2

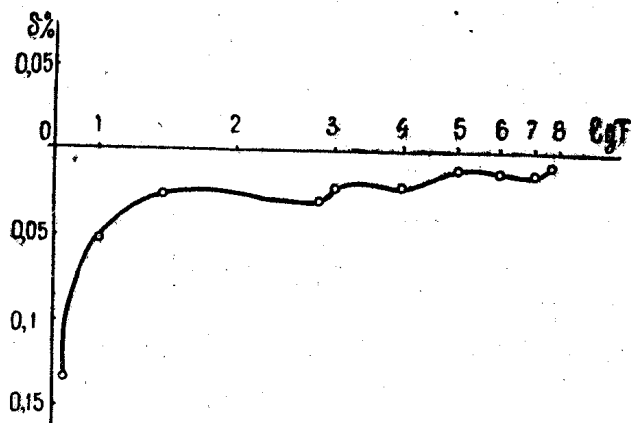


Рис. 6. График частотной погрешности генератора-калибратора ГК-6 № 4

Таблица 2

 $f = 30 \text{ кгц}$

t (мин)	0	2	4	6	8
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,098	16,097	16,095	16,093	16,093
ТЭДС = (мв)	16,100	—	—	—	—

t (мин)	10	12	14	16
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,0925	16,092	16,091	16,09
ТЭДС = (мв)	—	—	—	16,094

Нестабильность выходного напряжения составляет 0,013% за 16 мин.

Таблица 3

 $f = 1 \text{ Мгц}$

t (мин)	0	3	6	9	12	15
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,131	16,127	16,123	16,121	16,116	16,114
ТЭДС = (мв)	16,123	—	—	—	—	—

t (мин)	18	21	23	26	29	32
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,111	16,109	16,107	16,104	16,102	16,100
ТЭДС = (мв)	—	—	—	—	—	16,097

Нестабильность выходного напряжения составляет 0,03% за 32 мин.

Таблица 4

 $f = 30 \text{ Мгц}$

t (мин)	0	3	5	8	10	13
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,115	16,103	16,087	16,085	16,083	16,079
ТЭДС = (мв)	16,103	—	—	—	—	—

t (мин)	15	18	20	23	25	27
ТЭДС $\sim$ (мв)	16,075	16,074	16,075	16,074	16,07	16,066
ТЭДС = (мв)	—	—	—	—	—	16,087

Нестабильность выходного напряжения составляет 0,2% за 27 мин.

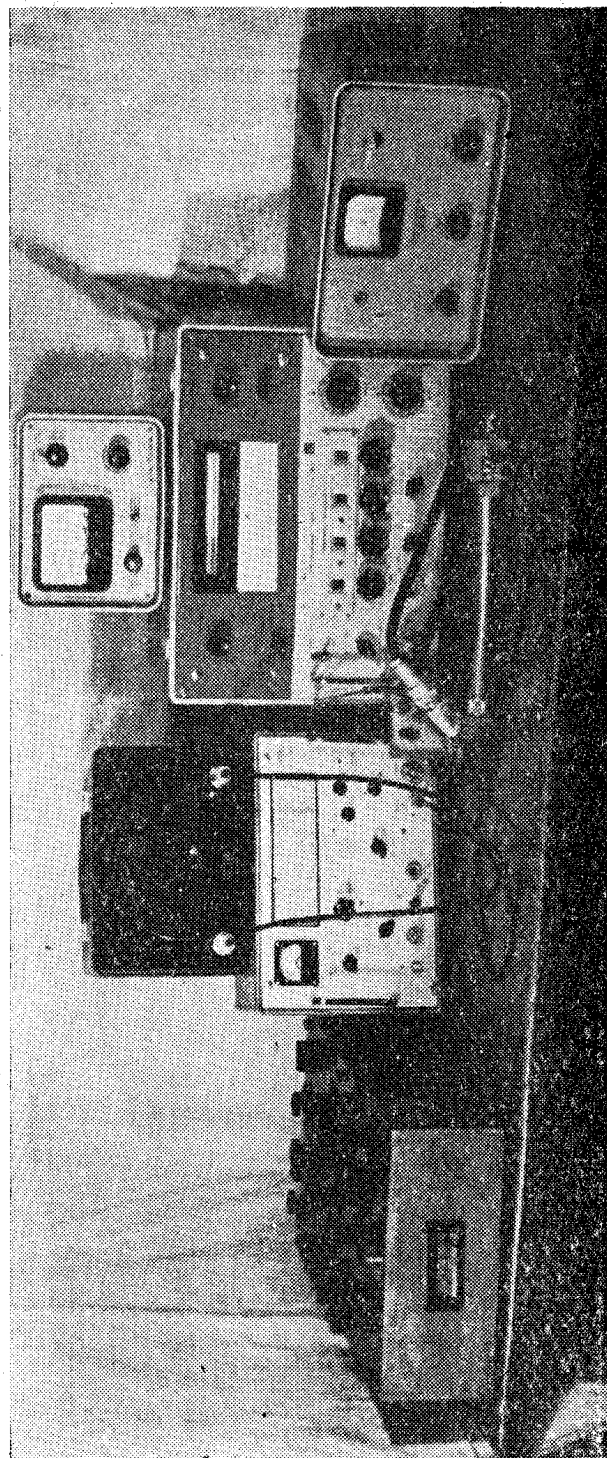


Рис. 7. Общий вид установки для поверки генераторов-калибраторов

Методика сличения

Погрешность установки опорного напряжения ГК-6 входит в погрешность установки переменного выходного напряжения. Для исключения погрешности аппаратуры при измерении опорного напряжения последнее измеряется с помощью того же делителя и потенциометра, что и вспомогательное постоянное напряжение.

Переменное напряжение ГК-6, установленное с помощью встроеного измерительного узла, измеряется образцовым термоэлектрическим преобразователем Прб № 13. ТЭДС Прб, полученная при этом, запоминается на РЗ45. Подключая Прб к вспомогательному источнику постоянного напряжения и выставив величину ТЭДС, получаем постоянное напряжение, которое по действующему значению равно переменному напряжению ГК-6. Входящая в результате измерений погрешность аппаратуры на постоянном токе равна

$$\sqrt{\delta_d + \delta_n + \delta_{нэ} + \delta_{прб}} = \delta_{\Sigma},$$

где $\delta_d = 0,001\%$ — погрешность делителя;
 $\delta_n = 0,001\%$ — погрешность потенциометра;
 $\delta_{нэ} = 0,001\%$ — погрешность нормального элемента;
 $\delta_{прб} = 0,005\%$ — погрешность преобразователя.

$$\delta_{\Sigma} \approx 0,0053\%.$$

Результаты сличения

Результаты сличения, полученные для генераторов-калибраторов ГК-6 № 1, 2, 4, сведены в табл. 1, графики приведены на рис. 4, 5, 6.

Исследование нестабильности

Исследование нестабильности проводилось по блок-схеме, представленной на рис. 1. Образцовый преобразователь подключается к выходу ГК-6, и через некоторые промежутки времени фиксируется значение ТЭДС. Для исключения ошибки за счет дрейфа преобразователя измеряется величина ТЭДС на постоянном токе в начале измерения. В конце измерения, выставив то же напряжение, что и в начале измерения, получаем новое значение ТЭДС. Разница между этими ТЭДС дает уход самого преобразователя за время измерения. Эта разница исключается из полученных результатов на переменном токе.

Результаты по исследованию нестабильности сведены в табл. 2, 3, 4.