

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ-КАЛИБРАТОРОВ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

М. С. РОЙТМАН

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

Генератором-калибратором (ГК) называется источник, значение выходной величины которого известно с высокой точностью. Такие источники получают все большее применение для поверочных целей, проведения ответственных исследований, ускорения и автоматизации контроля.

Все автономные источники переменных напряжений в зависимости от реакции системы на изменение параметра выходного сигнала разделяются на:

- 1 — безрефлексные, т. е. нечувствительные к параметрам сигнала;
- 2 — рефлексные, т. е. реагирующие на изменение параметра.

Требования к метрологическим характеристикам генераторов-калибраторов синусоидального напряжения настолько высоки, что мы вынуждены в подавляющем большинстве случаев строить ГК в виде рефлексных систем.

Сказанное означает, что вводится прецизионный индикатор отклонения (ИО) контролируемого параметра (в данном случае уровень выходного напряжения $U_{\text{вых}}$) от некоторой установленной величины и эта информация используется для воздействия на систему (т. е. для авторегулирования $U_{\text{вых}}$).

Основным элементом ИО, в конечном итоге определяющим потенциальную*) точность ГК и его структуру, является измерительный преобразователь (ИП).

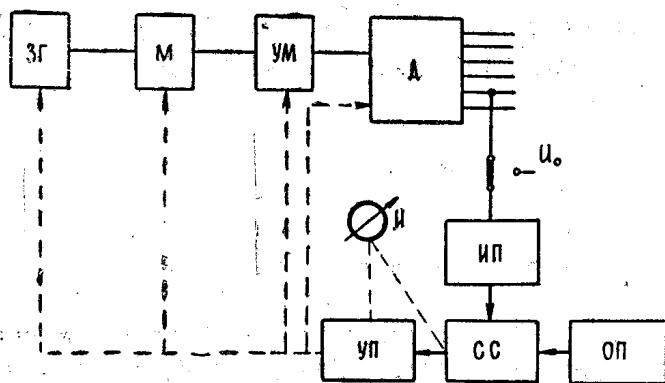
Измерительные преобразователи подразделяются в зависимости от:

- 1) функции преобразования на ИП амплитудного, среднего и действующего значения напряжения;
- 2) степени постоянства ИП во времени — на «стабильные», «средне-стабильные», «мало-стабильные»;
- 3) величины входного сопротивления — на «малопотребляющие» и «многопотребляющие».

Преобразователи амплитудного значения, прежде всего, по причине их высокой чувствительности к гармоникам и помехам не нашли применения в прецизионных калибраторах. В ГК низкого и звукового диапазона частот широко, особенно за рубежом, используются ИП среднего значения на базе усилителей с выпрямителями в цепи отрицательной обратной связи [1, 2, 3]. Они являются наиболее совершенными ИП среднего значения, имеют высокую временную стабильность и большое

*) Под потенциальной точностью будем понимать предельное значение достигнутой точности.

Обобщенная структурная схема генератора-калибратора со ста-
бильным «малопотребляющим» ИП приведена на рис. 1, где: ЗГ — за-



дающий генератор, М — регулируемый или согласующий трехполюсник, УМ — усилитель мощности, Д — делитель, ОП — опорная величина, СС — схема сравнения, УП — усилительно - преобразующее устройство, a, b, c, d — возможные пути воздействия стабилизирующей системы, И — индикатор встроенной системы проверки, подключаемый на выходе СС

В конкретной реализации могут отсутствовать некоторые узлы и использоваться лишь один из путей воздействия. Основное достоинство ГК со стабильным малопотребляющим ИП — возможность стабилизации любых напряжений без дополнительного потребления мощности, уменьшение выходного сопротивления на всех пределах выше основного.

Строить ГК с ИП действующего значения по схеме рис. 1 можно лишь тогда, когда перед ИП включен согласующий измерительный усилитель мощности (СУМ). Используя возможности современной электроники и принципы инвариантных систем, удается создавать высококачественные СУМ для диапазона звуковых и ультразвуковых частот (например, [5]). Но прецизионными СУМ, способными работать в широком диапазоне частот, мы еще не располагаем. Учитывая недостаточную временную стабильность СУМ и существующих ИП действующего значения, необходимо применять метод контрольного сигнала (частотным случаем его является модуляционный метод). Таким образом, в случае малостабильного и многопотребляющего ИП, подключаемого к выходу делителя, мы вынуждены строить ГК по структурной схеме, приведенной на рис. 2.

где:

ГОП — генератор опорного переменного напряжения;

СУМ — согласующий измерительный усилитель мощности;

П — переключатель;

УП — усилитель-преобразователь.

Вышеперечисленные звенья и ИП образуют подсистему периодического преобразования.

По структурной схеме, данной на рис. 2, выполнен ГК 745А фирмы *Hewlett Packard*, 1968.

Создать источник синусоидального опорного напряжения, работающий во всем требуемом диапазоне частот, является задачей сложной, да и вообще неправильно поставленной, так как получается ложный круг: для построения стабильного источника переменных напряжений нужен стабильный источник тех же напряжений. Если исключить требования к форме кривой ГОП и его диапазонности, то задача его создания резко упрощается. Наиболее реальным и сравнительно легко выполнимым является построение генератора прямоугольного напряжения на фиксированную частоту [5].

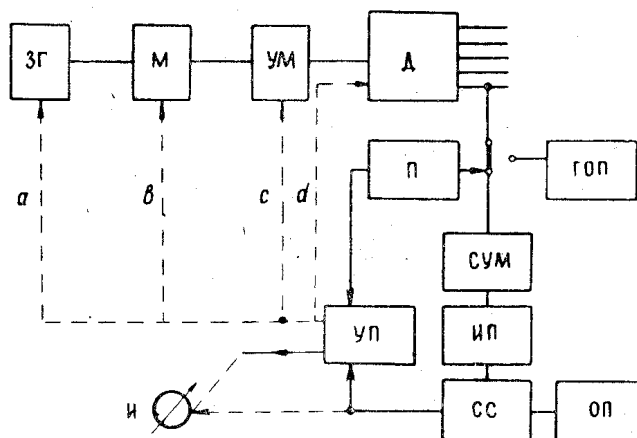


Рис. 2.

Такой генератор и используется в качестве ГОП в [6]. Но здесь мы поставлены в неравные условия с зарубежными разработчиками, так как наша промышленность до сих пор серийно не выпускает прецизионные термокомпенсированные опорные диоды с долговременной гарантией. Этот факт был одной из причин того, что коллектив кафедры радиотехники ТПИ не принял в своих разработках путь построения калибраторов по структуре рис. 2. Но это не единственная причина и даже не самая важная. Потенциальные возможности таких калибраторов определяются метрологическими характеристиками генератора опорного переменного напряжения (ГОП), стабильностью хода частотно-фазовой характеристики СУМ*), чувствительностью ИП и погрешностями, обусловленными коммутацией преобразователя. Существенным недостатком является то, что исключается возможность прямой самопроверки. Справедливости ради следует сказать, что работы по созданию опорных источников переменного напряжения (пусть даже на фиксированную частоту и с несинусоидальной формой кривой) являются очень актуальными, так как наличие прецизионных ГОП значительно расширяет возможности приборостроителей.

Указанные недостатки отсутствуют в калибраторах с «многопотребляющим» ИП, выполненных по структурной схеме рис. 3, где ОП — источник опорного постоянного напряжения. Непременным условием качественной работы таких калибраторов является отсутствие кратковременных флуктуаций в ИП. Временный дрейф ИП и требуемая стабильность выходного напряжения определяют интервал между двумя подключениями к ОПИ. Очевидно, что в ГК со «среднестабильными» ИП необхо-

*) Задача создания усилителей с полосой порядка 1 мГц и шире со стабильным ходом частотной характеристики является весьма важной и актуальной.

димо для периодической коррекции иметь в системе индикатор встроенной системы поверки (И). В случае «малостабильного» ИП допустимый межкорректировочный интервал снижается, затрудняя (а то и делая невозможной) нормальную эксплуатацию ГК. Поэтому, когда требуется высокая долговременная стабильность $U_{\text{выс}}$, приходится применять автоматическую периодическую корреляцию. Основной трудностью,

возникающей при этом, является отсутствие высоконадежных реле с малыми сопротивлениями контактов ($r \leq 0,01 \text{ ом}$) и паразитными реактивностями.

Для многих случаев практики на выходе ГК должны быть высокие напряжения (300 в и более). Как уже отмечалось, подавать такие выходные напряжения на вход «многопотребляющего» ИП нецелесообразно. Рассмотрим возможные реализации ГК с высоковольтным выходом.

На рис. 4 часть, обведенная пунктиром, полностью аналогична рис. 3. Добавлены повышающий трансформатор Тр, высоковольтный делитель D_2 и диф-

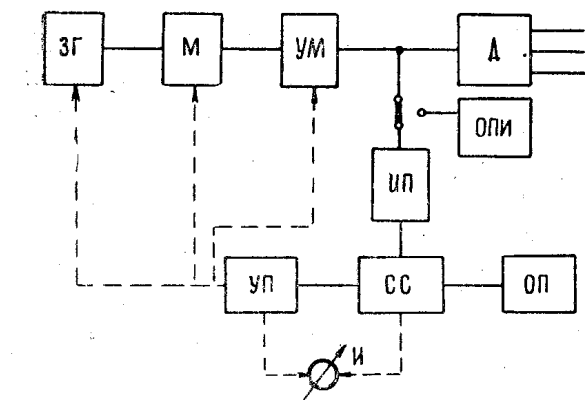


Рис. 3.

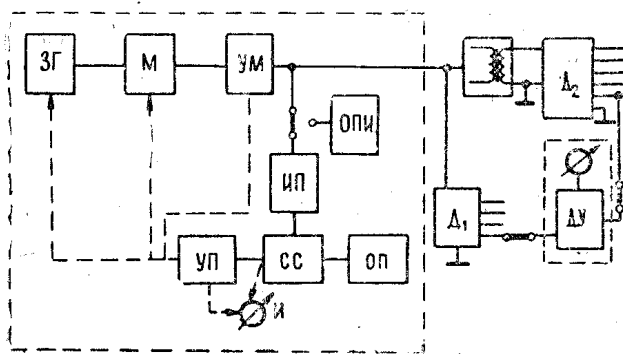


Рис. 4.

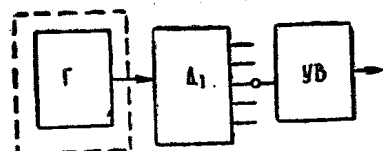


Рис. 5.

ференциальный указатель уровня ДУ. Все напряжения ниже некоторого значения (например, 10 в) снимаются с D_1 , а выше — с D_2 .

Очевидно, можно стабилизировать напряжение на выходе высоковольтного делителя, подключив к определенному отводу СУМ (см. рис. 2). Наконец, можно применить усилитель напряжения и мощности со строго известным коэффициентом передачи (УВ) — рис. 5. Последний вариант наиболее предпочтителен.

Во-первых, он гибок, во-вторых, он позволяет использовать лишь один низковольтный делитель (что существенно упрощает ГК) и иметь на любом пределе малое выходное сопротивление (если в УВ применена глубокая противосвязь по напряжению).

Практическая реализация его упирается в решение чрезвычайно актуальной и важной задачи — создание образцового неискажающего высоковольтного усилителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Galman. Average value transfer standart. Instruments and Control Systems. №1. 1963.
 2. J. Monrol. Precision A. C. Supplies. Instruments, and Control Systems. № 12, 1961.
 3. P. Richman. «A New Absolute A. C. Voltage Standard». Session 26, IEEE Record of convention held March. 1963
 4. М. С. Ройтман. Прецизионный повторитель. Авт. свид., 1971.
 5. М. С. Ройтман, Г. П. Трофимов, Л. А. Наумов, А. В. Соколов. Отчет по НИР «Образцовый генератор прямоугольного напряжения с регулируемыми параметрами». ВИНТИ, 1970. № 68371510.
 6. Калибратор 745 А. Проспект фирмы Hewlett Packard.
-