

# НУЛЬ-ИНДИКАТОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАЕКТОГРАФА НА ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ МОДУЛЯТОРЕ

*Б. М. Булгаков, П. И. Чередников*

Х а р ь к о в

Распределение потенциала в электролитической ванне электронного траектографа измеряется компенсационным методом с помощью прецизионных магазинов сопротивлений и фазочувствительного нуль-индикатора, выполненного на лампах или полупроводниках [1, 3]. При компенсационном методе измерения электрических величин важную роль играет нуль-индикатор, который показывает наличие разности между измеряемым и опорным напряжениями. Основные требования, предъявляемые к нему, — высокая чувствительность и избирательность (для переменных сигналов).

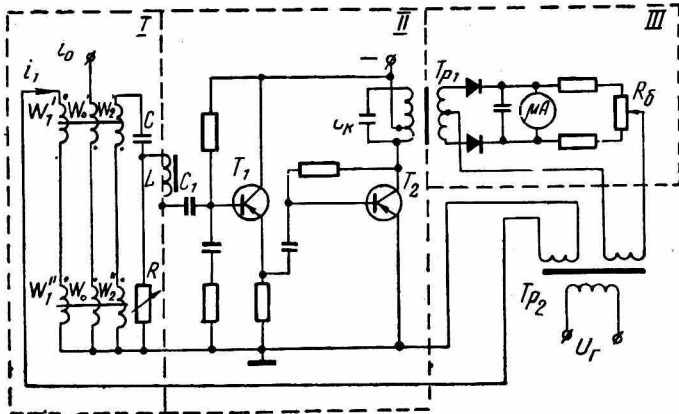
В связи с ростом требований к надежности и долговечности измерительной аппаратуры большое внимание уделяется применению в ней долговечных магнитных и полупроводниковых элементов. Кроме того, измерение и усиление постоянных токов малого уровня вызывают определенные трудности. Достаточно стабильные показания можно получить только при использовании модуляции и усиления преобразованного сигнала услителем переменного тока, дрейф которого очень мал по сравнению с дрейфом усилителя постоянного тока. Повышаются также требования к модулятору входного сигнала.

В данной работе исследован фазочувствительный усилитель постоянного и медленно меняющегося тока на магнитно-транзисторных элементах для использования в качестве нуль-индикатора электронного траектографа при решении определенного круга задач.

В качестве преобразователя применяется параметрический усилитель-модулятор, который позволяет получить высокую стабильность, большой коэффициент усиления, низкий порог чувствительности. Упрощенная схема индикатора приведена на рисунке, состоит она из трех узлов: *I* — параметрического усилителя-модулятора, *II* — усилителя переменного тока, *III* — фазочувствительного детектора с индикатором.

Параметрический усилитель-модулятор выполнен на двух тороидаль-

ных сердечниках (пермалой 79НМ,  $27 \times 24 \times 0,1$  мм) стroma соответственно включенными обмотками (возбуждения  $W'_1 = W''_1 = 150$ , управления  $W'_0 = W''_0 = 600$ , измерительные  $W'_2 = W''_2 = 350$ ). Ток возбуждения, протекающий по обмоткам накачки, периодически насыщает сердечник и меняет их индуктивности с удвоенной частотой накачки. На вторую гармонику настроен и резонансный контур, образованный измерительными обмотками и емкостью  $C$ , в котором возникают параметрические колебания за счет модуляции индуктивностей сердечников и напряжения небаланса. Вводя активные потери  $R$ , срываем эти колебания и последующим подбором активных потерь и током накачки добиваемся устойчивой системы [2].



Входной сигнал постоянного тока за счет нарушения симметрии кривой намагничивания сердечников и фазировки обмоток управления вызывает появление четных гармоник напряжения в резонансном контуре, которые усиливаются последним при соответствии фаз изменения параметров и напряжения сигнала. Амплитуда и фаза этих колебаний зависят от величины и полярности входного сигнала. Таким образом, на выходе модулятора получаются высокочастотные колебания, промодулированные и усиленные.

В нуль-индикаторе разностный входной сигнал подается в управляющие обмотки, при необходимости гальванического разделения задающей и опорной цепей добавляются дополнительные управляющие обмотки (на рисунке не приведены). Для увеличения сопротивления второй гармоники в цепь управления включается дроссель.

Выходное напряжение второй гармоники с модулятора через последовательный резонансный контур  $L C_1$ , настроенный на эту гармонику подается на вход эмиттерного повторителя  $T_1$ , с которого сигнал поступает на резонансный усилитель  $T_2$ , избирательным контуром которого является первичная обмотка  $Tr_1$  и емкость  $C_k$ . Со вторичной обмотки трансформатора усиленное напряжение второй гармоники поступает на фазочувствительный детектор [4]. Регистрирующим прибором индикатора является микроамперметр 50-0-50. Сопротивлением  $R_6$  можно балансировать показание прибора на нуль. Вторичные обмотки  $Tr_2$  служат для накачки модулятора и опорного напряжения фазового детектора. Нуль-индикатор питается от генератора синхронного напряжения электронного траектографа; частота возбуждения модулятора 10 кГц, источника постоянного тока 10 в. Остальные элементы общепринятые.

В данном устройстве гальванически развязан вход с выходом. При входном токе  $0 \pm 60$  мкА существует линейная зависимость между входными и выходными величинами. Индикатор обладает способностью выдерживать большие перегрузки по входу, хотя нарушается линейность, которая для таких приборов не существенна.

Сопrotивление управляющих обмоток индикатора около 80 ом, чувствительность по мощности  $2 \cdot 10^{-11}$  Вт; она может быть значительно повышена за счет подбора колец и других мер. Коэффициент усиления по току  $1-1,5 \cdot 10^{-4}$ ; дрейф нуля-индикатора, приведенный ко входу,  $5 \cdot 10^{-6}$  в.

Преимуществом данной схемы является возможность работать без подбора транзисторов; индикатор прост в настройке, сохраняет работоспособность при повышенной температуре  $60^\circ \text{C}$ , обладает большой стабильностью и надежностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Блейвас. В кн. «Труды конференции по электронике СВЧ». Госэнергоиздат, 1959.
  2. И. В. Вагнер. Автопараметрический резонатор. «Автоматика», 1966, 4.
  3. В. С. Лукошков. «Электроника», 1958, № 7, 8.
  4. Ф. М. Майоров. Электронные регуляторы. Гостехиздат, 1956.
-