

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 53.082.74

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

© 2020 г. О. Л. Сокол-Кутыловский

Поступила в редакцию 01.07.2019 г.
После доработки 01.07.2019 г.
Принята к публикации 06.07.2019 г.

DOI: 10.31857/S0032816219060235

При работе магнитомодуляционного преобразователя (м.м.п.) слабого магнитного поля в режиме автопараметрического усиления [1] необходимо с высокой точностью автоматически поддерживать выбранную рабочую точку на его характеристике. Кроме того, одним из необходимых условий получения низкого порога чувствительности м.м.п. является минимизация электронных шумов генератора возбуждения, поскольку амплитуда этих шумов, попадающих в полосу частот пропускания измеряемого сигнала, входит в спектр выходного сигнала м.м.п. Поэтому генератор модуляции должен иметь стабильную частоту, максимально стабильную амплитуду и минимальный уровень шума выходного сигнала в полосе рабочих частот м.м.п. Одна из возможных электрических схем такого генератора показана на рис. 1.

Необходимая стабильность частоты обеспечивается применением высокочастотного кварцевого

резонатора, расположенного в стеклянном вакуумном баллоне. Стабильность амплитуды выходного сигнала генератора достигается применением системы автоматической регулировки амплитуды, постоянная времени которой меньше периода максимальной частоты измеряемой магнитной индукции. Амплитуда генератора поддерживается с точностью, обеспечиваемой стабильностью источника опорного напряжения (ИОН), температурный дрейф которого менее 2 мкВ/градус. Собственный низкочастотный шум ИОН частично подавляется фильтром нижних частот, образованным емкостью 200 мкФ и частью сопротивления R_a . Однако наибольшая часть низкочастотных шумов срезается, по всей вероятности, за счет большой постоянной времени установления амплитуды выходного сигнала генератора, что достигается высокой добротностью кварцевого резонатора и близким к критическому режимом работы генератора. Время выхода генератора на

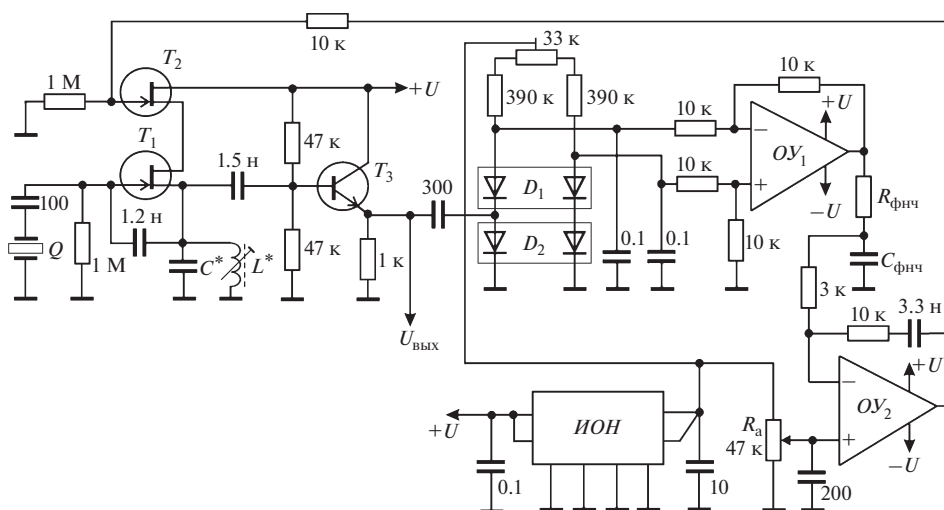


Рис. 1. Электрическая схема кварцевого генератора возбуждения с автоматической регулировкой амплитуды сигнала выходной частоты. Q – кварцевый резонатор, T_1, T_2 – КП307А, T_3 – КТ3102Е; D_1, D_2 – диодные сборки КДС223А; OY_1, OY_2 – ОР177Е; ИОН – источник опорного напряжения, выполненный на микросхеме LTC 6655-2.5.

номинальную амплитуду выходного сигнала при включении питания может достигать до 60 с. Это обеспечивает дополнительную фильтрацию выходного сигнала генератора. При амплитуде выходного сигнала ~ 1 В эквивалентный электронный шум генератора на частотах выше 10 Гц относительно частоты модуляции составляет 5–10 нВ/Гц^{1/2}.

Применение данного генератора при коэффициенте преобразования датчика м.м.п. [1] ~ 150 мкВ/нТл позволяет получить пороговую чувствительность на уровне $\sim 5 \cdot 10^{-15}$ Тл/Гц^{1/2} в диапазоне частот измеряемого магнитного поля выше 10 Гц [2].

На рис. 1 показана принципиальная электрическая схема кварцевого генератора с автоматической регулировкой амплитуды выходного сигнала. Собственно генератор собран на полевом транзисторе T_1 по схеме емкостной “трехточки” и питается от управляемого делителя напряжения, выполненного на транзисторе T_2 . Выходной сигнал генератора через эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе T_3 , поступает одновременно на выход генератора и на амплитудный детектор. Последний состоит из резистивно-диодного моста на прецизионных резисторах 390 кОм и диодных сборках D_1 , D_2 , питаемого постоянным током от ИОН через переменный балансировочный резистор 33 кОм, а также дифференциально-усилителя на OU_1 , включенного в диагональ резистивно-диодного моста. На выходе детектора для подавления остаточного сигнала высокой частоты имеется фильтр нижних частот $R_{\text{фнч}}C_{\text{фнч}}$. Выходное напряжение амплитудного детектора и опорное напряжение от ИОН, задаваемое переменным резистором R_a , подаются на входы пропорционально-интегрирующего регулятора, выполненного на OU_2 . Разностный сигнал пропорционально-интегрирующего регулятора поступает

на управляемый делитель напряжения (транзистор T_2) и поддерживает амплитуду выходного сигнала генератора на установленном резистором R_a уровне (~ 1 В от пика до пика). Переменная индуктивность L^* служит для коррекции формы сигнала при ее отличии от синусоиды. Время выхода генератора на установленную амплитуду выходного сигнала зависит как от добротности кварцевого резонатора, так и от емкости конденсатора C^* . В схеме может быть применен кварцевый резонатор с частотой основного резонанса от 200 кГц до 1 МГц. Постоянная времени пропорционально-интегрирующего регулятора устанавливается резистором $R_{\text{и}}$ и конденсатором $C_{\text{и}}$: $t \sim 2\pi(R_{\text{и}}C_{\text{и}})$. При расширении полосы частот измерения м.м.п. в генераторе могут быть применены кварцевые резонаторы до частоты 5 МГц. На более высоких частотах эффективность параметрического усиления в аморфном ферромагнитном сердечнике резко падает.

Настройка амплитудного детектора сводится к установке нуля на выходе OU_1 при помощи балансировочного резистора при включенном питании, но в отсутствие сигнала высокой частоты на входе детектора. В случае многоканального м.м.п., как правило, применяется один общий генератор модуляции с буферными повторителями напряжения в каждом канале измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сокол-Кутыловский О.Л. // ПТЭ. 2019. № 4. С. 101. <https://doi.org/10.1134/S0032816219040153>
2. Сокол-Кутыловский О.Л. // Измерительная техника. 2016. № 2. С. 46.

Адрес для справок: Россия, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена 100, Институт геофизики УрО РАН; e-mail: s-k52@mail.ru