

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

21/4-78



Ц 76

B-63

13 - 10822

4592/2-74

М.А.Воеводин

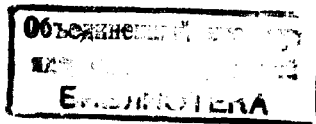
ИСТОЧНИК СТАБИЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ  
СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ  
ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ  
ГАЛЬВАНОМАГНИТОРЕКОМБИНАЦИОННЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**1977**

13 - 10822

М.А.Воеводин

ИСТОЧНИК СТАБИЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ  
СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ  
ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ  
ГАЛЬВАНМАГНИТОРЕКОМБИНАЦИОННЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ



Воеводин М.А.

13 - 10822

Источник стабильного напряжения синусоидальной формы для возбуждения гальваномагниторекомбинационных преобразователей

Описан источник стабильного переменного напряжения, предназначенный для возбуждения нескольких гальваномагниторекомбинационных преобразователей, обладающих повышенной чувствительностью к напряженности магнитного поля. Относительная нестабильность выходного напряжения источника -  $10^{-4}$  при токе в нагрузке 10 мА и напряжении 40 В.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Магниторезисторные преобразователи, использующие гальваномагниторекомбинационный (ГМР) эффект в полупроводнике<sup>/1-3/</sup>, находят все большее применение в различных областях техники<sup>/4/</sup>.

Обладая высокой чувствительностью к магнитному полю и линейной зависимостью выходной характеристики, ГМР преобразователи используются не только в устройствах автоматики, но в магнитометрах для измерения магнитных полей в диапазоне  $(1 \cdot 10^{-8} \dots 1 \cdot 10^{-1})$  Т.

Основным требованием, которому должны удовлетворять источники питания ГМР элемента, является высокая стабильность величины выходного напряжения. Это требование обусловлено тем, что падение напряжения на ГМР элементе зависит линейно от величины магнитного поля и квадратично - от напряжения, приложенного к преобразователю<sup>/2/</sup>.

Возбуждение ГМР элемента можно осуществить как постоянным, так и переменным напряжением. При измерении постоянных или медленно меняющихся магнитных полей в целях уменьшения влияния на величину выходного напряжения изменения температуры окружающей среды возбуждение преобразователя необходимо осуществлять переменным напряжением<sup>/2,3/</sup>.

Для стабилизации переменного напряжения обычно применяются феррорезонансные стабилизаторы<sup>/5/</sup>. Однако они имеют низкий коэффициент стабилизации ( $K_{ст}$ ), большие габариты и вес, искажают синусоидальную форму стабилизированного напряжения.

Известны стабилизаторы переменного напряжения с высоким  $K_{ст}$  и малой нестабильностью выходного напря-

жения (не хуже  $5 \cdot 10^{-4}$ ), построенные по схеме автоматических регуляторов<sup>6,7</sup>. Но такие стабилизаторы не обеспечивают высоких характеристик при большой емкостной нагрузке и при работе на несколько потребителей.

Описываемая схема источника стабильного напряжения синусоидальной формы позволяет одновременно возбуждать десять ГМР преобразователей, которые могут быть удалены от магнитометра на расстояние до 200 м. Нестабильность амплитуды выходного напряжения — не хуже  $10^{-4}$ .

#### Описание источника напряжения стабильной амплитуды

Блок-схема источника представлена на рис.1. Она выполнена на основе линейной схемы автоматической стабилизации выходного напряжения<sup>8</sup>. Изменение выходного напряжения, вызванное, например, колебаниями тока нагрузки или напряжения задающего генератора (ЗГ), приводит к изменению сигнала, поступающего на вход усилителя постоянного тока (УПТ). Сигнал ошибки подается на регулирующий элемент (РЭ), изменяя его коэффициент передачи таким образом, чтобы регулируемый параметр ( $U_{\text{вых}}$ ) оставался неизменным. На рис.2 приведена принципиальная схема источника.

Задающий генератор выполнен по схеме RC генераторов с мостом Вина<sup>9</sup>. Для улучшения формы кривой выходного напряжения и условий самовозбуждения в частотно-независимую ветвь введен управляемый резистор (переход сток-исток) транзистора КП103Е. Регулирующим элементом служит аттенюатор, состоящий из активного сопротивления и управляемой проводимости канала полевого транзистора. Второй транзистор интегральной схемы КПС104 работает в режиме истокового повторителя. Крутизна регулирования коэффициента передачи схемы составляет  $S = \frac{\Delta K}{K} / U_{\text{упр.}} = 1\% \frac{1}{\text{мВ}}$ .

Усилитель напряжения включает в себя две интегральные схемы, К1УС221Д и МАА501. Для обеспечения одно-

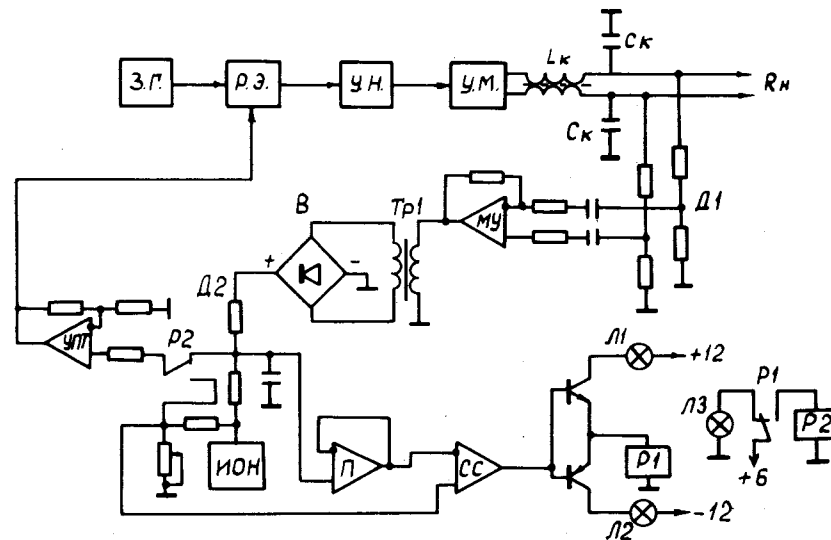


Рис.1. Блок-схема источника напряжения стабильной амплитуды.

временной работы десяти датчиков усилитель мощности собран по двухтактной схеме на транзисторах КТ801Б, а трансформаторная связь между каскадами позволяет применять интегральную схему МАА501 в качестве предоконечного каскада. При разработке источника предусматривалось два режима работы: а) работа на длинный кабель при удалении датчиков от прибора на расстояние до 200 м; б) работа на короткий кабель, когда датчики находятся вблизи прибора.

Для обеспечения работы на большую емкостную нагрузку, какой является длинный экранированный кабель типа ШМПЭВ, связывающий датчики с прибором, а также для повышения напряжения на датчике до номинального значения ( $U_{\text{д}} = 40 \text{ В}$ ) и улучшения формы синусоидального выходного напряжения в схеме используется цепь из  $L_{\text{к}}$  и  $C_{\text{к}}$  (рис.1), представляющая собой последовательный колебательный контур, настроенный на частоту задающего генератора.



провести правильный выбор того или иного элемента с целью ослабления их дестабилизирующих свойств.

#### а) Источник опорного напряжения (ИОН)

Стабильность выходного напряжения источника напряжения стабильной амплитуды во многом определяется стабильностью величины опорного напряжения.

Погрешности  $U_{\text{ион}}$  и влияние флюктуаций не компенсируются, и поэтому правильный выбор ИОН имеет перво-степенное значение.

Из известных источников, рекомендованных в качестве образцовых мер напряжений, лучшими являются нормальные элементы (НЭ)<sup>10/</sup>. Однако они могут работать лишь в узком диапазоне температур, малоустойчивы к механическим воздействиям и имеют большие габариты. Поэтому источниками образцовых напряжений в настоящее время являются кремниевые стабилитроны некоторых типов<sup>11/</sup>. Наиболее близкими к НЭ характеристиками обладают стабилитроны с внутренней термокомпенсацией типа КС196Н, КС196Г, Д818Е. Как показали экспериментальные исследования<sup>12/</sup>, флюктуация напряжения для большинства стабилитронов не превышает  $(1...3) \cdot 10^{-8}$ , величина ТКН значительно меньше, чем оговорено техническими условиями. Дрейф напряжения стабилизации не превышает  $4 \cdot 10^{-6}$  за 2000 ч работы.

Если от ИОН потребляется небольшая мощность при неизменном сопротивлении нагрузки, высокими показателями обладает параметрическая схема стабилизации, отличающаяся большой простотой и надежностью в работе (Д815Ж и КС196Г, рис.2).

#### б) Делители напряжений

В источнике стабильного напряжения используются два делителя напряжения и масштабный усилитель (Д1, Д2, МУ, рис.1). Вносимые этими элементами погрешности, так же как и погрешности ИОН, не компенсируются и определяют метрологические свойства стабилизатора. Изменения коэффициента передачи делителей связаны с неустраиваемыми изменениями во

времени параметров резисторов и разницей между значениями их ТКС. Наилучшими параметрами для прецизионных делителей напряжений обладают проволочные резисторы типа МРХ, С5-25, С5-27, С5-55, имеющие ТКС =  $\pm 0,8 \cdot 10^{-5}$  1/град и временную нестабильность 0,05% в течение года /13/.

#### в) Усилитель постоянного тока

УПТ в цепи обратной связи в схемах линейных стабилизаторов влияют практически на все их выходные характеристики.

Рассмотрим компенсационный стабилизатор как усилитель, охваченный отрицательной обратной связью, на входе которого включен источник опорного напряжения. Выходное напряжение такого усилителя с коэффициентом передачи  $K_0$  и входным напряжением  $U_{\text{оп}}$  равно:  $U_{\text{вых}} = K_0 U_{\text{оп}}$ . Его стабильность определяется стабильностью сомножителей этого произведения. Стабильность коэффициента передачи замкнутой системы авторегулирования, какой является источник стабильного напряжения, возрастает в  $(1 + K_p \beta)$  раз, где  $K_p$  - коэффициент усиления по напряжению усилителя без обратной связи:

$$K_p = K_{\text{упт}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{ун}} \cdot K_{\text{ум}} \cdot Q; \quad Q - \text{добротность контура } (L_k C_k),$$

$\beta = 0,29$  - коэффициент обратной связи по напряжению.

Для того, чтобы коэффициент передачи усилителя не зависел от параметра  $K_p$ , необходимо выполнить условие  $K_p \beta \gg 1$ .

Коэффициент усиления без обратной связи ( $K_p$ ) определяется произведением нескольких сомножителей, в том числе коэффициентом усиления усилителя постоянного тока ( $K_{\text{упт}}$ ). В настоящее время в качестве УПТ в системах авторегулирования широко используют линейные интегральные схемы - операционные усилителя прямого усиления. В отличие от усилителей с преобразованием входного сигнала они обладают повышенным дрейфом выходного напряжения, что может привести к снижению качества стабилизатора, каковым является описываемый

источник /12,14/. Поэтому коэффициент усиления УПТ выбирается исходя из величины крутизны регулирования коэффициента передачи (РЭ) и допустимой величины напряжения дрейфа.

С учётом того, что крутизна регулирования коэффициента передачи ( $K_{p\epsilon}$ ) составляет  $1\% \cdot 1/\text{мВ}$ , а коэффициент стабилизации по питающему напряжению должен быть не менее 500 при  $\frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} < 10^{-4}$ , величина дрейфа УПТ не должна превышать 0,5 мВ при допустимой нестабильности питающего напряжения  $\frac{\Delta U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \leq 4,5\%$ .

Величину дрейфа, не превышающую 0,5 мВ, может обеспечить операционный усилитель прямого усиления типа МАА501 с коэффициентом усиления  $K=10-15^{/14/}$ .

В этом случае основной вклад в увеличение  $K_p$  должны вносить усилители напряжения и мощности, работающие в режиме линейного усиления сигнала задающего генератора частоты 300 Гц.

С целью уменьшения температурного дрейфа УПТ размещен в термостате. В этом же термостате находятся схема источника опорного напряжения и прецизионный делитель Д2.

Как показывает опыт эксплуатации источника стабильного напряжения, суммарная нестабильность выходного напряжения в основном определяется температурной нестабильностью отдельных узлов прибора.

#### Основные параметры источника

- |   |          |
|---|----------|
| 1. Выход источника парафазный. Эффективная величина выходного напряжения одной фазы | - 40 В   |
| 2. Максимальная величина тока нагрузки  | - 10 мА  |
| 3. Коэффициент стабилизации по питающему напряжению                                 | - 600    |
| 4. Выходное сопротивление источника   | - 500 Ом |

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 5. Допустимая величина емкостной составляющей сопротивления нагрузки                       | - 0,2 мкФ            |
| 6. Рабочая частота выходного напряжения  | - 300 Гц             |
| 7. Коэффициент нелинейных искажений выходного сигнала при токе нагрузки 10 мА не превышает | - 0,5%               |
| 8. Временной дрейф выходного напряжения за 8 ч непрерывной работы                          | - не более $10^{-4}$ |

Конструктивно источник стабильного напряжения размещен в блоке шириной 3М механического стандарта КАМАК.

В заключение автор выражает благодарность В.Н.Кузнецову и А.А.Анашину, принимавшим участие в монтаже, наладке и стендовых испытаниях прибора.

#### Литература

1. Пикус Г.Е. ЖТФ, 1956, XXVI, 22.
2. Жузе В.П., Пикус Г.Е., Сорокин О.В. ЖТФ, 1957, XXVII, 6, 1167.
3. Левитас П.С., Пожела Ю.К., Сашук А.П. Лит.физ.сб. 1972, XII, №5, 825.
4. Аннотации трудов I Совещания по вопросам исследования гальваномагниторекомбинационного эффекта и его использования. Институт физики полупроводников АН ЛитССР, г. Вильнюс, 1976.
5. Илюкович А.М., Шульман Б.Р. Стабилизаторы и стабилизированные источники переменного тока. "Энергия", 1965.
6. Лейтман М.Б., Ковалков Н.В. Электронная техника в автоматике. 1976, вып. 8, с. 117.
7. Лейтман М.Б., Ковалков Н.В. ПТЭ, 1975, №4, с.137.

8. Основы автоматического управления (под ред. В.С.Пугачева). "Наука", 1968.
9. Гутников В.С. Применение операционных усилителей в измерительной технике. "Энергия", 1975.
10. Зеликовский З.И. Стабилизация малых постоянных токов при помощи нормальных элементов. "Измерительная техника", 1964, №1.
11. Розенблат М.Г., Михайлов Г.Х. Источники калиброванных напряжений постоянного тока. "Энергия", 1976.
12. Розенблат М.Г. Результаты исследования параметров некоторых низковольтных стабилитронов. "Вопросы радиоэлектроники". 1970, вып. 8, 122.
13. Проволочные резисторы (под ред. М.Т.Железнова). "Энергия", 1970.
14. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. "Советское радио", 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 июля 1977 года.