

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



9899

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

P9 - 9899

В.М.Лачинов, В.К.Маковеев

О СНИЖЕНИИ ПОГРЕШНОСТИ  
ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТОМЕТРА

1976

P9 - 9899

В.М.Лачинов, В.К.Маковеев

О СНИЖЕНИИ ПОГРЕШНОСТИ  
ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТОМЕТРА

*Направлено в ПТЭ*

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

Лачинов В.М., Маковеев В.К.

P9 - 9899

О снижении погрешности импульсного магнитометра

Рассмотрен блок выходного усилителя для импульсного магнитометра. В блоке используется система с запаздывающей отрицательной обратной связью, которая практически устраняет влияние дрейфа усилителей на точность измерения, подавляет наводки в измерительном канале в полосе до 10 кГц и автоматизирует работу магнитометра.

Блок выполнен в стандарте КАМАК.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

Lachinov V.M., Makoveev V.K.

P9 - 9899

About the Decrease of Inaccuracy of the  
Impulse Magnetometer

Output amplifier modul for impulse magnetometer is described. In the modul there is electronic circuit with negative delayed feedback. The circuit practically removes an influence of the amplifier drift on the accuracy of measuring, suppresses inductive disturbances in wide-band up to 10 kHz in the measuring channal, makes the operation of the magnetometer more automatic.

The modul was designed as CAMAC-modul.

The investigation has been performed at the  
Department of New Acceleration Methods, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

На коллективном ускорителе Отдела новых методов ускорения ОИЯИ измерение пространственных и временных распределений переменного-импульсных и постоянных магнитных полей, а также их комбинаций осуществляется холловским магнитометром для измерения мгновенных значений магнитных полей МИХ-2<sup>1/1</sup>. В магнитометре /рис. 1/ для повышения точности измерения датчик Холла питается коротким импульсным током, величина которого более чем на порядок превышает номинальный ток датчика. Схема питания датчика через конденсатор С от источника стабилизированного постоянного тока с помощью транзисторного ключа обеспечивает безопасность датчика и высокую стабильность питания. Посредством специальной схемы хронизатора, которая запускается от внешнего сигнала с управляемой задержкой последнего, задается длительность импульса питания датчика  $\tau$  и момент измерения мгновенного /в пределах 1 мкс/ значения магнитного поля в конце промежутка  $\tau$ , когда все переходные процессы в измерительном канале заканчиваются. В измерительном канале используются операционные интегральные усилители с дифференциальным входом типа 1УТ401 с регистрацией результата измерения в аналого-цифровом преобразователе. Источник регулируемого опорного напряжения позволяет задавать на входе регистратора различные уровни и полярности смещения /пьедестала/. Это позволяет работать магнитометру в различных режимах - повышать разрешение регистратора, изменять диапазон измеряемых полей, измерять положительные, отрицательные и малые магнитные поля.

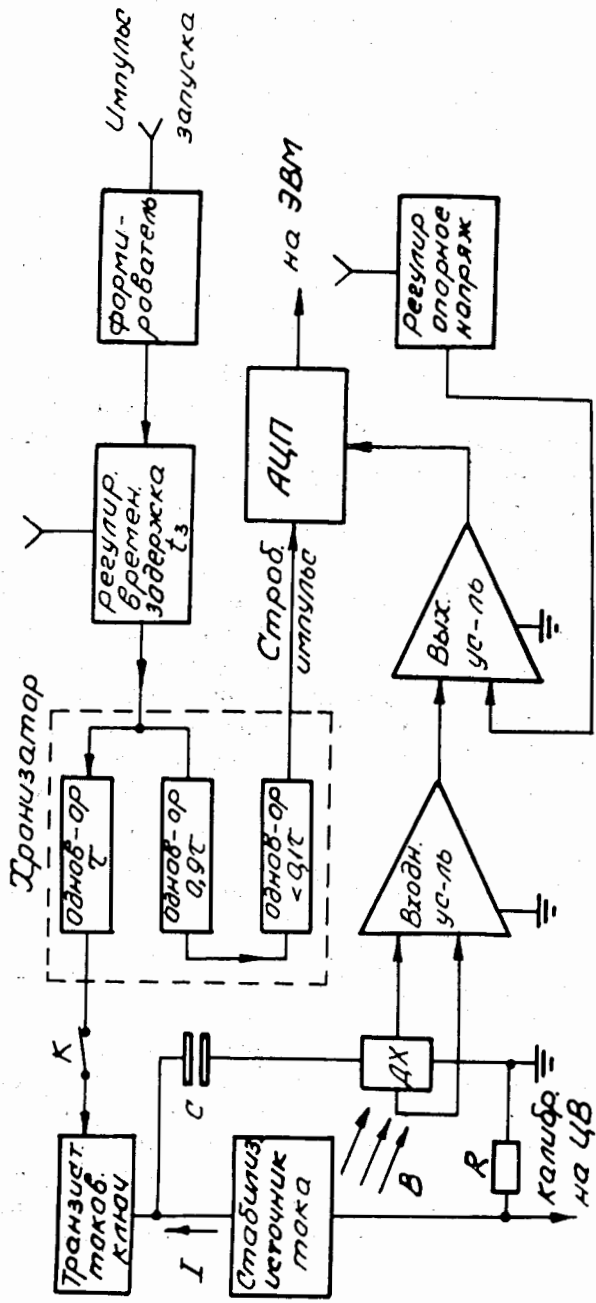


Рис. 1. Блок-схема измерительного канала МИХ-2.

В измерительном канале магнитометра имеется ряд источников, вносящих вклад в суммарную погрешность измерений. Во-первых, это - тепловой и временной дрейфы усилителей, имеющие особое значение в диапазонах малых магнитных полей. Во-вторых, невозможно полностью устранить влияние индукционных наводок от измеряемых импульсных магнитных полей и наводок от других внешних источников /например, от силовой сети 50 Гц/. Кроме того, используемые усилители имеют заметные смещения выходного потенциала при нулевом входном и требуют специальных регулировок для снижения их влияния на выходное смещение измерительного канала. Неудобством данной схемы является несоответствие величин опорного напряжения и выходного смещения. Ручной регулировкой опорного напряжения можно установить нужное выходное смещение, контролируя его по цифровому вольтметру. Это подстройки должны периодически повторяться при изменениях режима измерения, а также для коррекции дрейфа напряжения смещения. При числе каналов регистратора 4096 и входном напряжении до 5 В, один канал соответствует  $\sim 1,25$  мВ, что показывает требуемый уровень точности установки и стабилизации выходного смещения.

Ниже рассмотрена схема выходного усилителя с отрицательной запаздывающей обратной связью <sup>/2/</sup>, которая позволяет без влияния на измеряемый сигнал и на частоту его повторения автоматизировать установку выходного смещения точно в соответствии с опорным. Кроме того, практически полностью устраняется погрешность от дрейфа усилителей, значительно упрощаются требования к коррекции смещений отдельных каскадов усилителя. Очень важной с точки зрения снижения погрешности магнитометра является способность устройства подавлять сигналы на выходе усилителя в частотном диапазоне до 10 кГц. Такое подавление наводок в измерительном канале обеспечивает возможность повышения частот измеряемых магнитных полей.

На рис. 26 показана новая схема измерительного канала. В схему дополнительно введены два усилителя  $U_4$ ,  $U_5$  и линия задержки ЛЗ с временем задержки

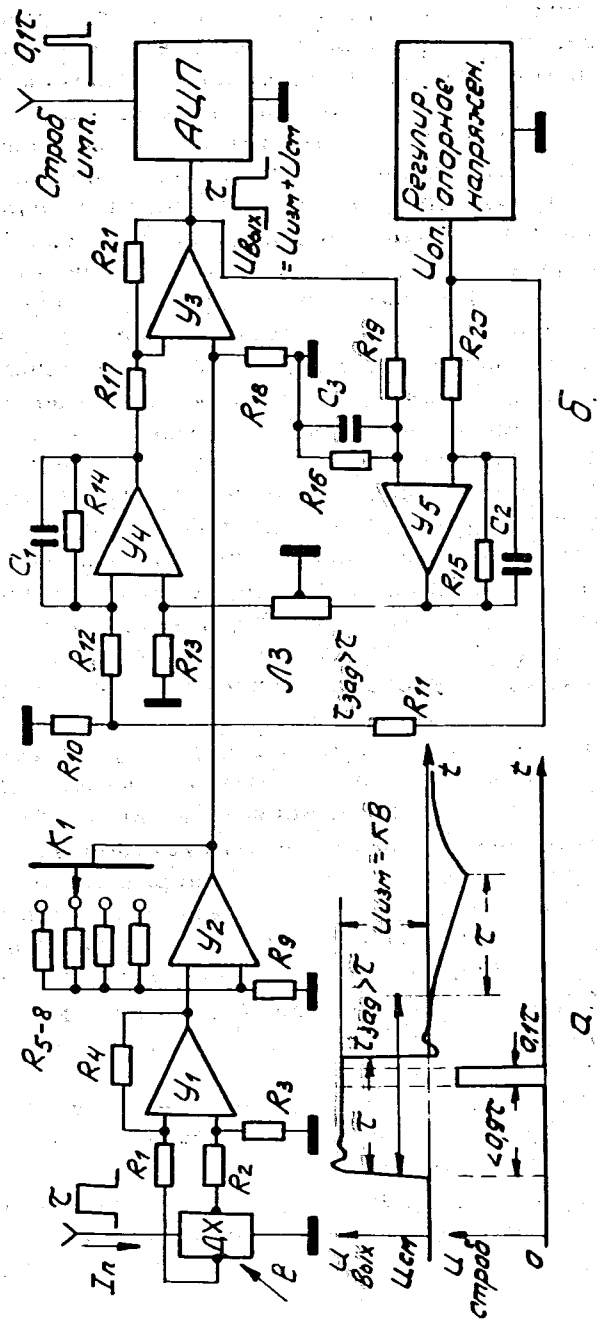


Рис. 2. Усовершенствованная схема измерительного канала.

больше длительности импульса питания датчика  $\tau$ . С помощью  $Y_5$  сравниваются выходное смещение  $U_{см}$  усилителя  $Y_3$  измерительного канала и опорное регулируемое напряжение  $U_{оп}$ . Усиленная разница этих напряжений через линию задержки поступает на неинверсный вход  $Y_4$ , выход которого подключен к инверсному входу  $Y_3$ . Таким образом, осуществляется канал отрицательной обратной связи для поддержания  $U_{см}$  равным  $U_{оп}$ . Коэффициент стабилизации этого устройства более 1000. Поскольку диапазон установки лежит в пределах  $\pm 5$  В, то для устранения статизма системы введен делитель  $R_{10}-R_{11}$  между выходом  $U_{оп}$  и инверсным входом  $Y_4$ . Эта связь способствует достижению более точного равенства  $U_{см}$  и  $U_{оп}$ .

Наличие ЛЗ в канале обратной связи обеспечивает прохождение измеряемого импульса  $U_{из}$  через  $Y_3$  без влияния со стороны системы стабилизации  $U_{см}$ . Сигнал обратной связи задержан на время больше  $\tau$  и начинает воздействовать на  $U_{из}$ , когда измерение последнего закончено. На рис. 2а показаны временные соотношения между  $U_{из}$ , стробирующим импульсом, определяющим момент регистрации, и сигналом реакции канала задержанной отрицательной обратной связи на  $U_{вых}$ .

Для обеспечения устойчивости системы авторегулирования с задержкой необходимо ограничение полосы пропускания системы. Здесь формирование нужной полосы пропускания осуществляется с помощью конденсаторов  $C_1=C_3$ . Желательно, чтобы максимальная частота полосы была повыше, так как система становится более быстродействующей и на выходе канала подавляются сигналы наводок больших частот. Расширение полосы возможно за счет снижения величины  $t_{зд} / \tau$  и введения специальных корректирующих звеньев. Это, в свою очередь, приводит к повышению частоты измеряемых магнитометром полей или к снижению требований к применяемым в измерительном канале способам уменьшения наводок. Быстрое восстановление  $U_{см}$  ( $\leq 10\tau$ ) после прохождения  $U_{из}$  не приводит к дополнительному ограничению частоты повторения измерений  $\sim 1$  кГц/.

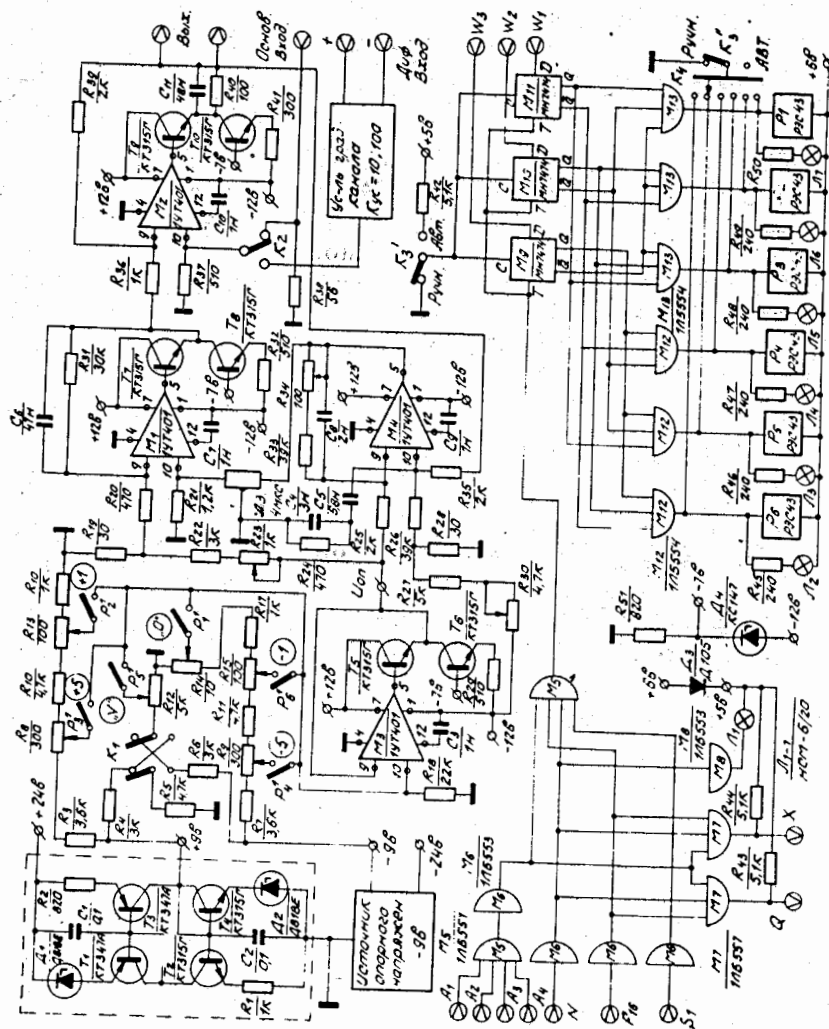
С учетом вышесказанного создан усовершенствован-

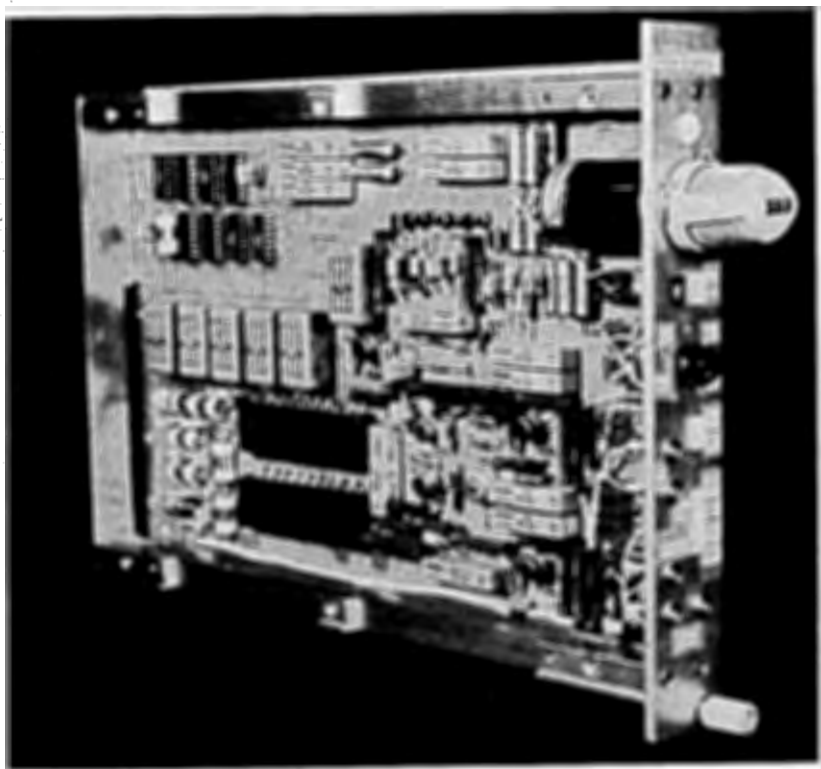
ный блок выходного усилителя /рис. 3,4/ для магнитометра. Блок выполнен в стандарте КАМАК и имеет двойную ширину. Величина  $\tau$  выбрана равной 4 мкс. В схему блока входят два опорных параметрических стабилизатора напряжения  $\pm 9 В$  /нестабильность менее 1 мВ/ с системой делителей и релейно-управляемых контактов для получения ряда опорных напряжений  $\pm 5 В$ ,  $\pm 1 В$ ,  $0 В$  и варьировемого напряжения в пределах  $\pm 5 В$ . Любой из этих потенциалов может быть подан через повторитель ( $M_3, T_5, T_6$ ) на вход опорного напряжения выходного усилителя. Имеется ручной и автоматический ( $K_3$ ) режимы выбора нужного опорного напряжения. В первом случае выбор осуществляется возбуждением соответствующего реле ( $P_1 \div P_6$ ) через переключатель  $K_4$ , что индицируется лампами  $L_2 \div L_7$ . Во втором случае при работе с ЭВМ возбуждение одного из реле согласно коду, задаваемому сигналами на шинах  $W_1 \div W_3$ , осуществляется по команде  $NAF_{15}S_1$ . Обращение к блоку  $M$  индицируется лампой  $L_1$ , а сигнал принятия

команды блоком выдается на шины  $Q$  и  $X$ . Код с шин  $W_1, W_2, W_3$  записывается триггерами  $M_9 \div M_{11}$ , а с помощью дешифратора ( $M_{12}, M_{13}$ ) выбирается нужное реле, что индицируется лампами / $L_2 \div L_7$ /.  
Выходной каскад измерительного канала ( $M_2, T_9, T_{10}$ ) усиливает либо сигнал одного из двух каналов, либо разницу сигналов обоих каналов, поступающую с выхода дополнительного усилителя градиентного канала. Система стабилизации выходного уровня каскада и подавления наводок ( $M_1, M_4, T_7, T_8$ ) на выходе усилителя аналогична рассмотренной выше. Амплитудно-частотная характеристика разомкнутой системы показана на рис. 5 и показывает степень подавления различных по частоте составляющих наводки. Корректирующая цепь ( $R_{24}, C_4, C_5$ ) позволила несколько расширить частотную полосу устройства. Данная система особенно эффективна при работе с градиентным каналом, когда уровни флуктуаций на выходе велики и требования к точности преобразования повышены.

Проверка работы всего устройства показала, что коэффициент стабилизации системы равен 1400 до час-

Рис. 3. Принципиальная схема блока выходного усилителя.





*Рис. 4. Внешний вид блока выходного усилителя.*

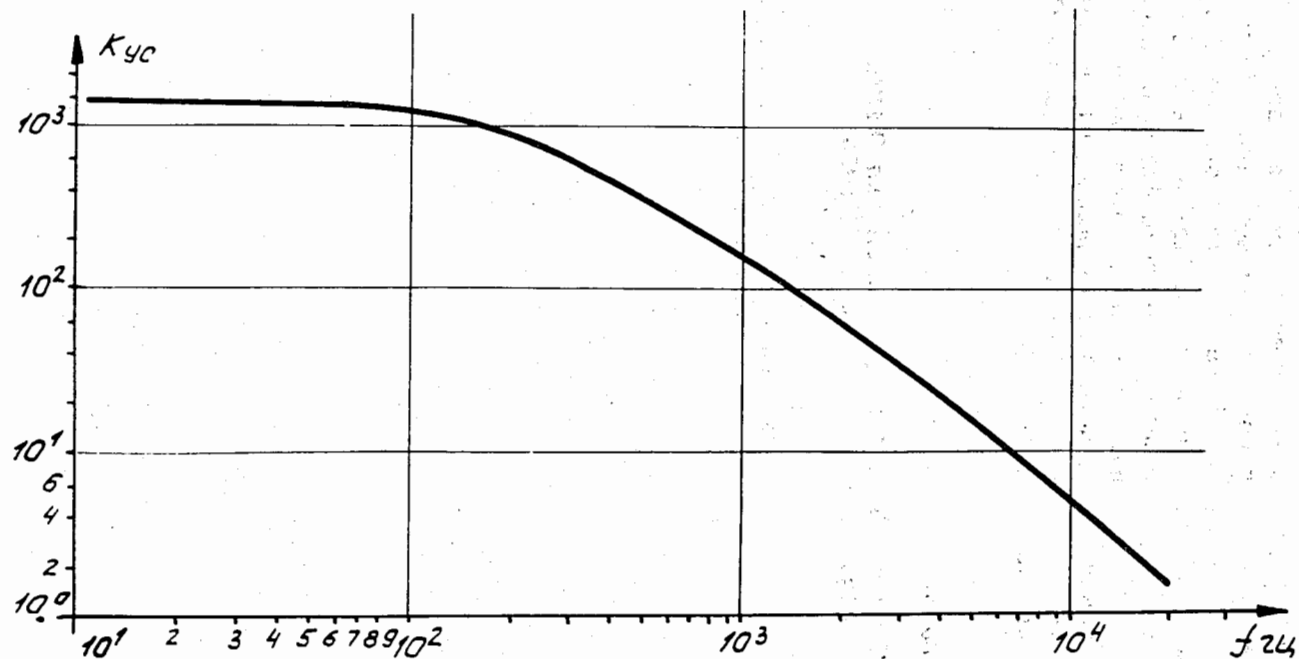


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика системы стабилизации выходного усилителя.



тоты 100 Гц и, соответственно, 200 и 5 при частотах 1 и 10 кГц. Стабильность выходных уровней усилителя в диапазоне  $\pm 5$  В лучше 1 мВ. Работа блока автоматизирована, а настройка его упрощена. Магнитометр с данным блоком при использовании аналого-цифрового преобразователя с 4096 каналами и термостабилизации датчика позволит снизить погрешность измерения /Л1/ до значений  $/2-3/ \cdot 10^{-4}$  для магнитных полей свыше 0,02 Т в диапазоне частот до 10 кГц.

### *Литература*

1. В.М.Лачинов, В.К.Маковеев. Препринт ОИЯИ, Р9-8118, Дубна, 1974; ПТЭ, 3, 170, 1975.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июня 1976 года.*