

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ц76

E-645

12/12-76

13 - 9419

1318/2-76

И.Б.Енчевич, А.Б.Йорданов, В.В.Калиниченко,
А.П.Минкова

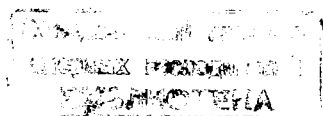
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА
И МАГНИТОМЕТР ДЛЯ β - И МЁССБАУЭРОВСКОЙ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

1975

13 - 9419

И.Б.Енчевич, А.Б.Йорданов, В.В.Калиниченко,
А.П.Минкова

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА
И МАГНИТОМЕТР ДЛЯ β - И МЁССБАУЭРОВСКОЙ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ



Для экспериментов по ядерной спектрометрии на физическом факультете Софийского университета длительное время /с 1963 года/ используется безжелезный двухлинзовый бета-спектрометр ^{1/}. Питание обмоток его производится от аккумуляторных батарей или от промышленного стабилизированного выпрямителя с невысоким коэффициентом стабилизации. В обоих случаях возможности спектрометра полностью не используются, так как вследствие дрейфа и пульсаций питающего тока ухудшается его разрешающая способность.

В 1969 г. Цв.Бончев и сотрудники предложили ^{2/} метод исследования тонких поверхностных слоев вещества, основанный на эффекте Мёссбауэра. Мёссбауэровский спектр получается с помощью конверсионных электронов, излученных после резонансного поглощения γ -квантов. Для реализации этого метода был сконструирован безжелезный магнитный бета-спектрометр с длинным соленоидом. Питание соленоида производится от аккумуляторной батареи. Низкая стабильность тока питания соленоида затрудняет снятие глубинных мёссбауэровских спектров. Процесс снятия глубинных спектров является продолжительным /8÷10 час./, при этом стабильность тока возбуждения соленоида должна быть не хуже чем 0,01%.

В 1972-75 гг. сотрудниками физического факультета СУ совместно с сотрудниками ЛЯП ОИЯИ была произведена модернизация электротехнического оборудования указанных выше спектрометров, а также разработан и изготовлен магнитометр высокой точности для исследования постоянных магнитных полей в магнитных элементах физических установок. Ниже приводится краткое описание разработанных устройств.

Стабилизированный источник тока
с тиристорным регулятором

Стабилизированный источник постоянного тока для питания обмоток двухлинзового спектрометра выполнен по схеме компенсационного стабилизатора тока. Блок-схема его представлена на рис. 1.

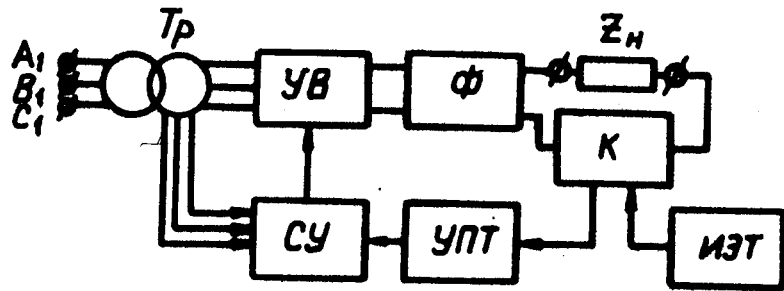


Рис. 1 Блок-схема стабилизированного источника тока с тиристорным регулятором. *Tr* - силовой/преобразовательный/ трансформатор, *УВ* - управляемый выпрямитель, *Ф* - фильтр, *Z_н* - нагрузка, *К* - магнитный компенсатор постоянного тока, *ИЭТ* - источники эталонных токов, *УПТ* - усилитель постоянного тока, *СУ* - система управления.

Управляемый выпрямитель /трехфазный симметричный мост на тиристорах В1-В6 типа ВКДУ-50, рис. 2/ является регулирующим элементом стабилизатора. В выпрямителе используется стандартный преобразовательный трансформатор с естественным охлаждением, обеспечивающий номинальное выпрямленное напряжение $U_{d \text{ ном}} = 250 \text{ В}$ и номинальный выпрямленный ток $I_{d \text{ ном}} = 50 \text{ А}$.

Вентили моста и обратный вентиль В7 /ВВ-50/ установлены на стандартных радиаторах и работают в условиях естественного воздушного охлаждения. Нормальная работа вентиля в таком режиме обеспечивается соответствующим снижением величины среднего значения тока через вентили.

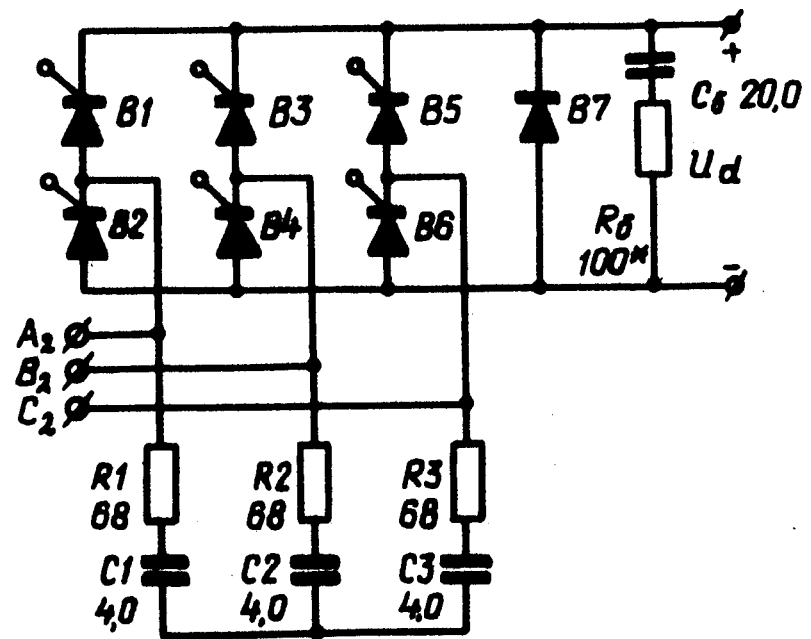


Рис. 2. Принципиальная схема тиристорного управляемого выпрямителя.

RC - цепочки ($R_1C_1 \div R_3C_3$) уменьшают коммутационные скачки напряжения в силовых элементах выпрямителя и устраняют нарушения порядка включения/чередования/вентилей моста. С помощью цепочки R_6C_6 обеспечивается ток удержания тиристоров в начальный момент после включения выпрямителя.

Система управления проводимостью тиристоров состоит из шести одинаковых каналов /3/, вырабатывающих короткие управляющие импульсы /~ 30 мкс/. Каналы связаны между собой таким образом, чтобы получить в цепи управления каждого тиристора по два отпирающих импульса в период, сдвинутых относительно друг друга на 60° . Блок-схема системы управления показана на рис. 3.

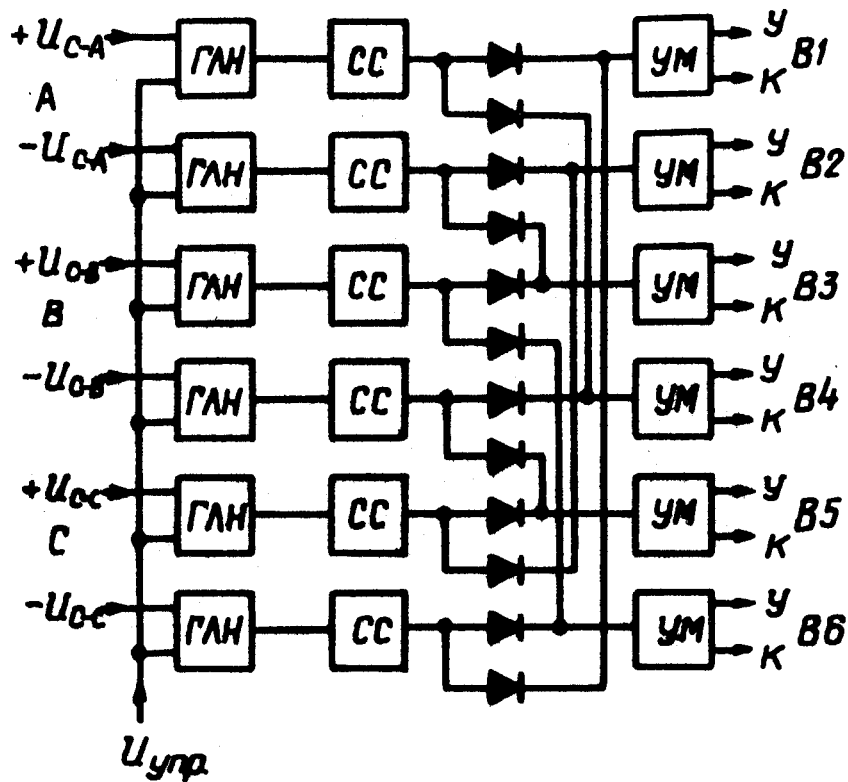


Рис. 3. Блок-схема системы управления проводимостью тиристоров. ГЛН - генератор линейно-изменяющегося напряжения, СС - схема сравнения, УМ - усилитель мощности, У, К - управляющий электрод, катод тиристора, синхронизирующие напряжения U_{C-A} , U_{C-B} , U_{C-C} величиной 30 В снимаются со специальных обмоток, размещенных на кернах А, В, С силового трансформатора.

Измерительным элементом в обсуждаемом стабилизированном источнике тока служит магнитный компаратор постоянного тока с декадным отношением витков, подробно описанный в работе ¹⁴.

Сигнал ошибки, вырабатываемый магнитным компаратором, поступает на вход усилителя постоянного тока /УПТ/, схема которого показана на рис. 4 /Т1÷Т7/.

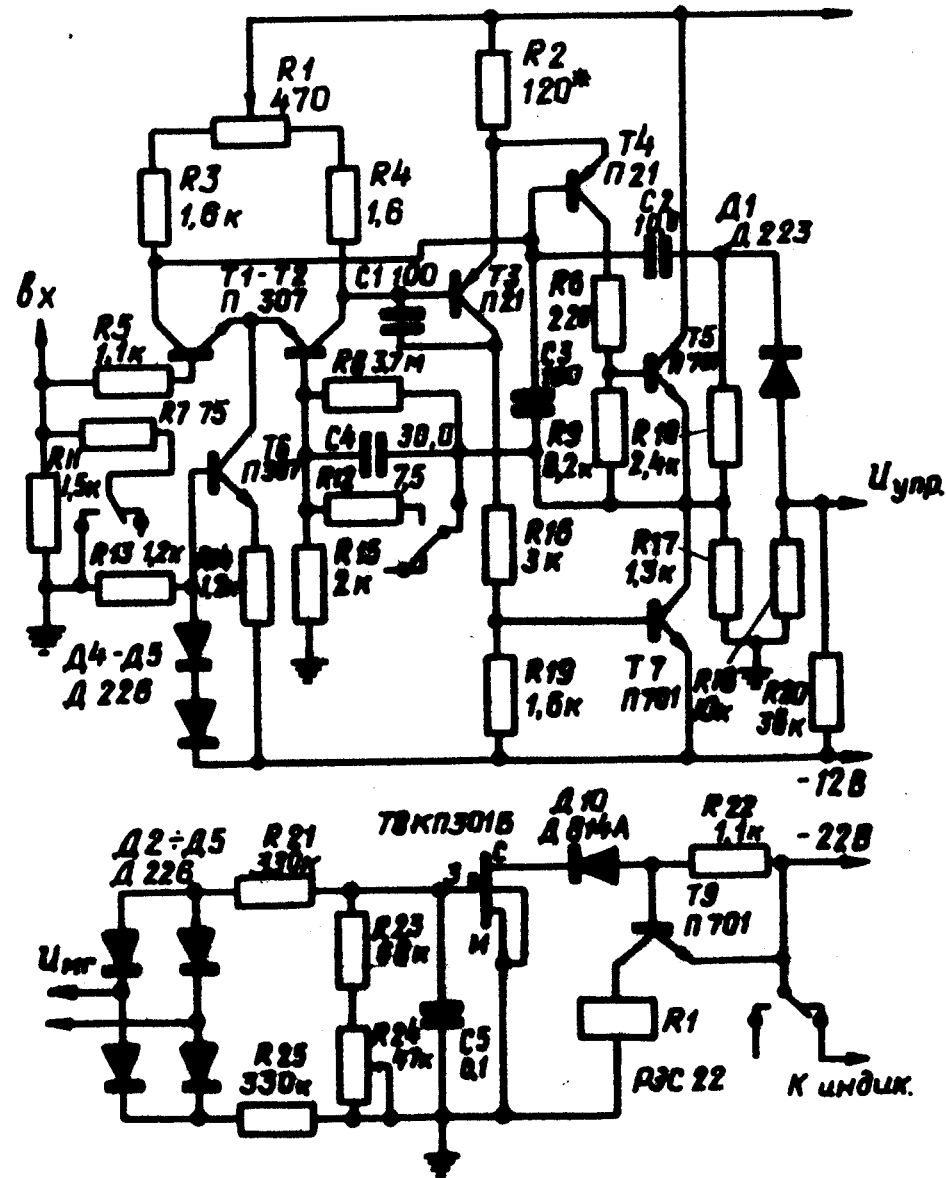


Рис. 4. Принципиальная схема усилителя постоянного тока и порогового устройства. /Диод Д1 предотвращает подачу на вход схемы управления положительного напряжения/.

УПТ охвачен отрицательной обратной связью /цепочка R8C4 /. Напряжение с выхода УПТ через ограничительный резистор R10 и диод Д1 подается на вход схемы управления. С помощью делителя R18, R20 на вход схемы управления задается отрицательное управляющее напряжение, соответствующее минимальному углу регулирования α_{\min} /т.е. устанавливается верхняя граница диапазона регулирования управляемого выпрямителя/.

На рис. 4 показана также схема порогового устройства /Т8, Т9/, которое обеспечивает автоматический ввод стабилизатора в рабочий режим при установке нового значения тока и исключает работу стабилизатора в "ложных" рабочих точках^{/5/}. При срыве стабилизации пороговое устройство выдает сигнал, информирующий оператора о ненормальной работе стабилизатора.

Применение магнитного компаратора в качестве чувствительного элемента позволило получить высокую точность установки и высокую временную стабильность тока нагрузки. Погрешности установки и величина неустойчивости тока составляют менее 0,01% от номинального значения тока. Диапазон регулирования тока составляет 1 ÷ 50 А, дискретность регулирования - 1 мА.

В настоящее время источник работает в режиме ручного управления. При автоматизации процесса снятия спектров может быть реализован режим программного управления источником. Для получения этого режима необходимо дополнить компаратор релейным коммутатором.

В компараторе используются источники эталонных токов /ИЭТ/ на 1 А и 1 мА, дрейф тока которых за 8 час не превышает $4 \cdot 10^{-5}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ соответственно. Источники эталонных токов выполнены по схемам, существенно не отличающимся от приведенных в работе^{/6/}. Изменения имеются лишь в схеме основного контура стабилизации источника 1А: здесь применен интегральный УПТ типа 1УТ401Б вместо УПТ с преобразованием частоты.

Подавление пульсаций тока обеспечивается LC фильтром /Ф/, параметры которого выбираются в соответствии с параметрами нагрузки.

Транзисторный стабилизатор тока

На рис. 5 приведена принципиальная схема стабилизатора тока, используемого в бета-спектрометре при снятии мёссбауэровских спектров. Этот компенсационный стабилизатор тока с последовательным транзисторным регулятором /составной транзистор Т1-Т3/ имеет величину дрейфа тока, не превышающую $1 \cdot 10^{-4}$ /за 8 час в лабораторных условиях/. Относительно высокая стабильность тока достигнута благодаря применению в цепи обратной связи стабилизатора высокостабильных элементов /интегральный УПТ 1УТ401Б, прецизионный стабилитрон Д818Е, многооборотный проволочный резистор R8 /.

В качестве источника опорного напряжения используется двухконтурный параметрический стабилизатор /Д1 ÷ Д3/. Напряжения питания микросхемы 1УТ401Б /-10 В, +10 В/ стабилизированы с помощью параметрических стабилизаторов.

Конденсаторы С2 ÷ С4 и резисторы R6, R7, R10 образуют корректирующие звенья, обеспечивающие устойчивость стабилизатора.

Диапазон регулирования тока составляет 0 ÷ 1,1 А. Регулирование величины тока в нагрузке осуществляется многооборотным резистором R8. Падение напряжения на регулирующем транзисторе индицируется вольтметром "В". Оптимальное значение указанного падения напряжения составляет ~ 7 В и устанавливается оператором с помощью реостата R1.

Магнитометр с датчиком Холла

При соответствующей калибровке и правильной эксплуатации данный магнитометр способен обеспечить измерения абсолютного значения поля при среднеквадратичной ошибке не более $\pm 0,02\%$ /на уровне 1 Тл/. Стабильность характеристик прибора достигается термостабилизацией датчика Холла и измерительных элементов стабилизатора тока возбуждения датчика.

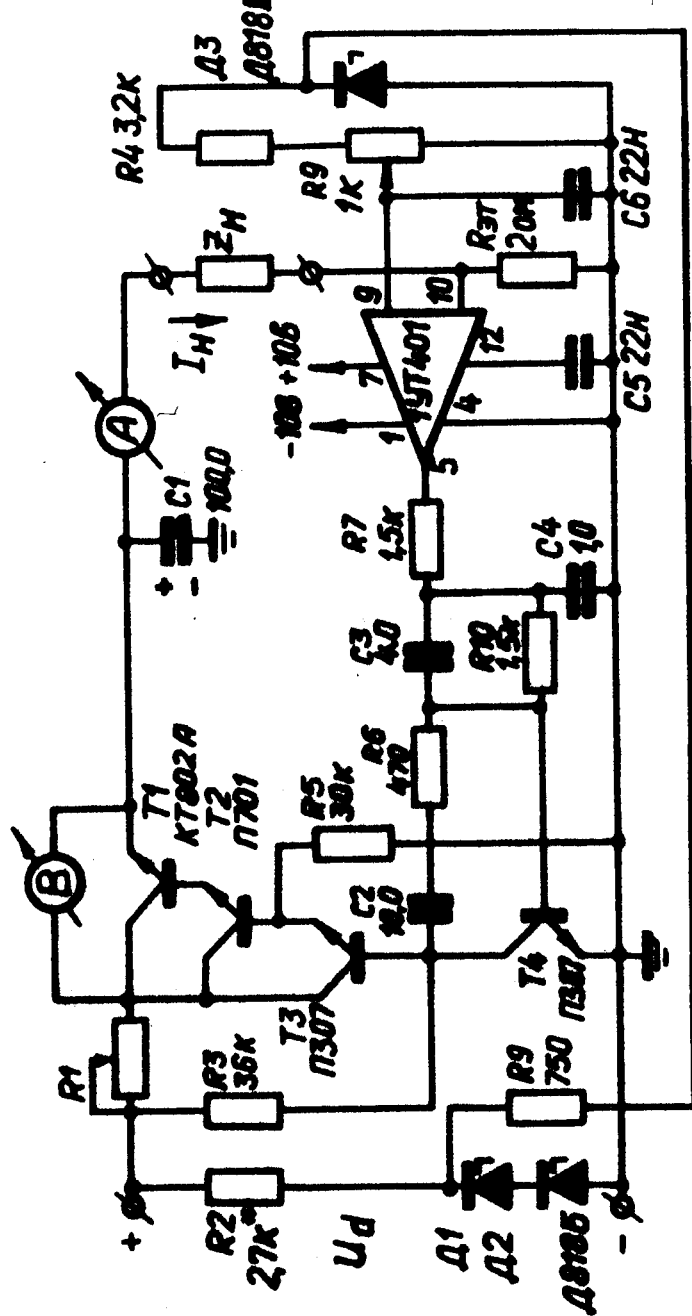


Рис. 5. Принципиальная схема транзисторного стабилизатора тока.

Блок-схема магнитометра показана на рис. 6. Прибор состоит из выносного пробника и блока управления. Выносной пробник /1/ представляет собой малогабаритный термостат с электрическим подогревом, внутри которого помещается полупроводниковый датчик Холла /ДХ/. В блоке управления размещены все схемы, обслуживающие выносной пробник: стабилизатор тока возбуждения датчика Холла, термостат /2/ и схемы терморегулирования /3,4/, источник для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности датчика /7/, источники питания /9/.

Основой термостата пробника служит медный брусок, имеющий размеры $5,5 \times 11 \times 12 \text{ мм}^3$. На одной широкой грани бруска есть углубление для установки датчика Холла, а на другой - паз для установки терморезистора. После установки датчика и терморезистора /ДХ и терморезистор приклеиваются клеем БФ/, на брусок наматывается нагреватель /выполняется бифилярно изолированным проводом высокого сопротивления/. Готовый узел помещается в теплоизолирующий и защитный корпус. Выносной пробник соединяется с блоком управления гибким многожильным кабелем, имеющим длину около 7 м.

Схема терморегулирования датчика /рис. 7/ содержит резистивный мост /R9, R10, R14, R15/, в одно из плеч которого включен терморезистор R15 типа ММТ-1 /терморезистор R15 находится в выносном пробнике/, модулятор /T1, T2/, усилитель низкой частоты /T3 ÷ T5/, демодулятор /T6 ÷ T9/ и усилитель мощности /T10 ÷ T12/. Нагрузкой выходного каскада усилителя мощности является нагреватель (R29) выносного пробника. Параллельно нагревателю включена лампа накаливания /ИЛ1/, сигнализирующая о работе канала терморегулирования. Питание резистивного моста производится от изолированного источника напряжением 10 В. Схема терморегулирования обеспечивает поддержание температуры внутри пробника с точностью $\pm 0,1^\circ \text{C}$ на уровне 38°C при изменении температуры среды в диапазоне $+10^\circ \text{C} \div +30^\circ \text{C}$ /в месте расположения пробника/.

Термостат блока управления обслуживается схемой терморегулирования /рис. 7/, содержащей следующие узлы: терморезистор /R38, тип ММТ-1/ и опорный

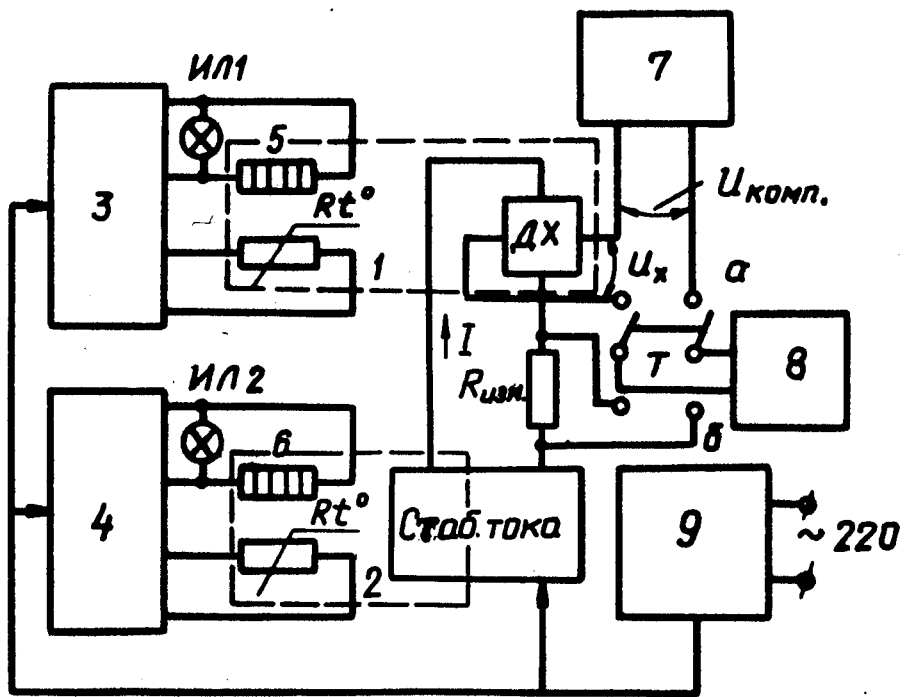


Рис. 6. Блок-схема магнитометра с датчиком Холла. 1 - выносной пробник, 2 - термостат блока управления, 3,4 - схемы терморегулирования выносного пробника и термостата блока управления соответственно, 5,6 - нагреватели термостатов, 7 - источник для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности датчика, 8 - цифровой вольтметр или потенциометр Р307/Р308/, 9 - источник питания, ДХ - датчик Холла, Rt° - терморезисторы, ИЛ1, ИЛ2 - индикаторные лампы, Т - тумблер, $R_{изм}$ - эталонный резистор для контроля величины тока возбуждения датчика; положение "а" тумблера Т соответствует измерению поля, положение "б" - контролю тока возбуждения датчика.

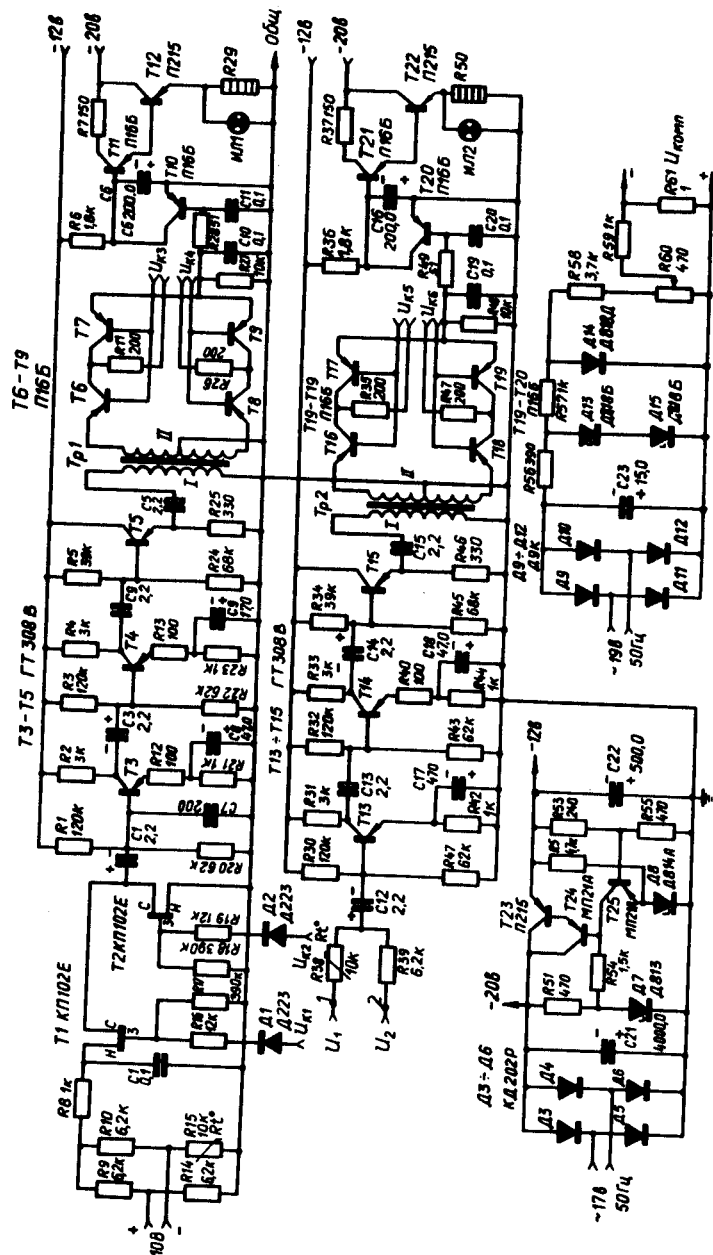


Рис. 7. Принципиальная схема каналов терморегулирования и источников питания магнитометра / $U_{k1} = U_{k2} = U_{k3} = U_{k4} = U_{k5} = U_{k6} = I B$, $U_{k7} = U_{k8} = 10 \text{ кГц}$.

резистор /R39/, УНЧ /T13÷T15/, демодулятор /T16÷T19/ и усилитель мощности /T20+T22/, нагруженный на нагреватель /R50/. К точкам 1 и 2 схемы терморегулирования подведены относительно общей шины противофазные напряжения U_1 и U_2 / $f \approx 10$ кГц, $U_1 = U_2 = 8$ В/. Резисторы R38 и R39 находятся в термостате и совместно с источниками U_1 и U_2 обеспечивают выделение сигнала ошибки для схемы терморегулирования.

В блоке управления магнитометра использован термостат, конструкция которого описана в работе ^{16/}. В камере термостата температура поддерживается с точностью $\pm 0,3^\circ\text{C}$ на уровне -45°C .

На рис. 7 показана также схема источника для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности датчика. Этот источник содержит выпрямитель /D9÷D12/ и двухконтурный параметрический стабилизатор напряжения /R56, D13, D15, R57, D14/. Напряжение компенсации снимается с делителя R59÷R61.

Для питания всех узлов магнитометра необходимы два напряжения: нестабилизированное - 20 В и стабилизированное -12 В. Эти напряжения получают /см. рис. 7/ с помощью выпрямителя /D3÷D6/ и транзисторного компенсационного стабилизатора напряжения /T23÷T25/.

Принципиальная схема стабилизированного источника тока возбуждения датчика Холла представлена на рис. 8.

Источником опорного напряжения служит трехконтурный параметрический стабилизатор, стабилитрон /D14/ последней ступени которого помещен в термостат. Эталонный резистор, образованный резисторами R40, R44, R45, R47, также помещен в термостат.

Сигнал ошибки усиливается усилителем постоянного тока, построенным по схеме с преобразованием /T1÷T11/. Модулятор на полевых транзисторах /T1, T2/ помещен в термостат.

Величина нестабильности тока возбуждения датчика не превышает $4 \cdot 10^{-5}$ за 8 час. Номинальное значение тока возбуждения - 10 мА.

Рассмотренный здесь магнитометр является дальнейшей модификацией прибора, описанного в работе ^{17/}.

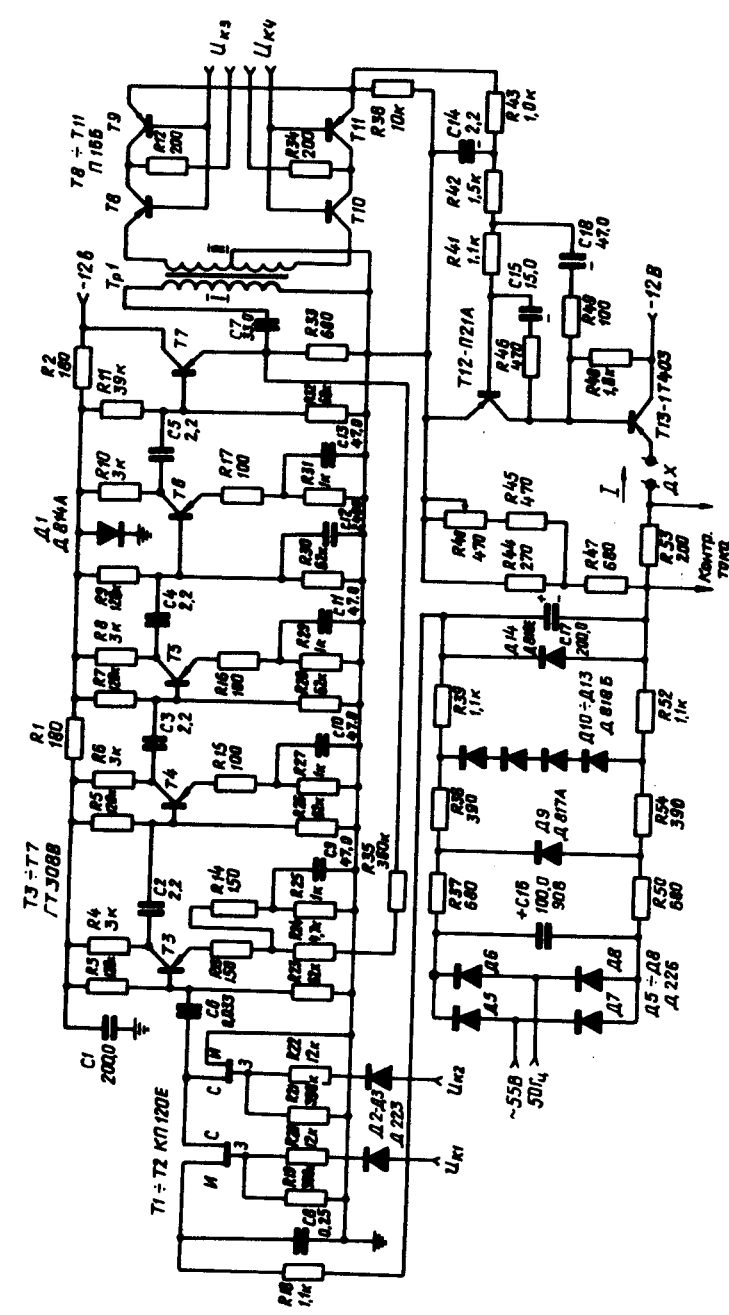


Рис. 8. Принципиальная схема стабилизатора тока возбуждения датчика Холла. / $U_{k1} = U_{k2} = 8$ В, $U_{k3} = U_{k4} = 1$ В, частота ~ 10 кГц/.

Авторы выражают благодарность Д.Василеву, С.Генову, А.С.Говядинкину, А.Н.Кокареву, Х.Ф.Салахатдинову, принимавшим участие в изготовлении, наладке, калибровке и испытании описанных устройств.

Авторы благодарят также декана физического факультета Софийского университета Цв. Бончева и руководителя отдела новых ускорителей ЛЯП ОИЯИ В.П.Дмитриевского за внимание к работе и всемерную поддержку.

Литература

1. Цв.Бончев, Сл.Орманджиев, А.Златарева, М.Митриков, П.Тодоров, Б.Манушев. *Годишник на Софийския университет, том LIX*, физически факултет, стр.119-137, 1964-65.
2. Zv.Bonchev, A.Yordanov, A.Minkova. *Nucl. Instr. and Methods*, 70, 36 (1969).
3. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. *Препринт ОИЯИ, Р9-6241*, 79, Дубна, 1972.
4. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. *ОИЯИ, 13-5960*, Дубна, 1971.
5. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. *ОИЯИ, 11-6531*, Дубна, 1972.
6. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. *ОИЯИ, 13-7488*, Дубна, 1973.
7. Д.П.Василевская, Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. *ОИЯИ, 13-5806*, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1975 года.