

М. М. КАРЛИНЕР, Э. А. КУПЕР, В. И. НИФОНТОВ,  
А. Д. ОРЕШКОВ, Ю. И. ОЩЕПКОВ  
(Новосибирск)

### СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ УСТАНОВКОЙ ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКОВ ВЭПП-3

В Институте ядерной физики СО АН СССР ведутся работы по запуску электрон-позитронного накопителя встречных пучков ВЭПП-3.

Установка содержит комплекс элементов, рабочие параметры которых должны поддерживаться с большей точностью и быть взаимно согласованы. Например, при подъеме энергии частиц в накопителе ток в основных электромагнитах изменяется от  $1,5 \cdot 10^3$  до  $25 \cdot 10^3$  А; при этом ток в электромагнитах квадрупольных линз, изменяющийся в диапазоне от  $0,15 \cdot 10^3$  до  $2,5 \cdot 10^3$  А, должен быть связан с током основных электромагнитов с погрешностью не хуже 0,1% [1]. Кроме того, необходимо учесть индивидуальные характеристики электромагнитов во всем динамическом диапазоне изменения магнитных полей.

Эффективность установки на встречных пучках характеризуется ее светимостью. Для получения большей светимости необходимо сжать пучки по радиальному и вертикальному размерам в месте их встречи. Это осуществляется перестройкой токов в 8-квадрупольных линзах прямолинейного промежутка при выполнении условия сохранения единичной матрицы перехода этого промежутка. Во время перестройки в системе недопустимы резкие переходные процессы, т. е. в каждый момент времени поля в квадрупольных линзах должны быть согласованы с полем в главном электромагните с ошибкой не более 0,1%, а в некоторых линзах — не более  $3 \cdot 10^{-2}\%$ . Для этого требуется изменять отношение токов в линзах небольшими ступенями по определенному закону. Число элементарных операций при этом составляет примерно  $10^4$ . Такой объем перестроек с нужной точностью может быть выполнен за короткое время только с помощью управляющей ЭВМ. Скорость перестройки при этом определяется лишь частотными характеристиками систем питания электромагнитов и линз.

Таким образом, выполнение задачи программного управления многими объектами за короткое время и с большой точностью создает необходимость применения ЭВМ с соответствующей системой ввода и вывода информации [2]. Для этого была разработана и изготовлена система для управления комплексом ВЭПП-3, которая описана ниже. Назначение этой системы — связь ЭВМ с периферийными объектами, контроль и индикация состояния этих объектов.



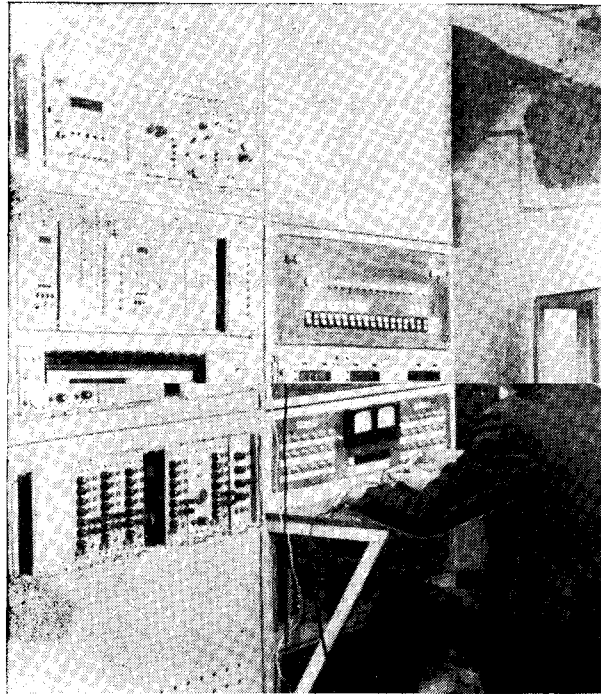


Рис. 2.

бор, а также переключение управления системой от ЭВМ или от РНК осуществляет блок управления режимом (БУР). Этот блок управляет двумя идентичными блоками коммутации кода, позволяющими коммутировать один из трех 22-разрядных кодовых сигналов в параллельном виде по трем различным направлениям в зависимости от выбранного режима. Блок на входе системы в дальнейшем именуется блоком записи (БЗ), в канале индикации — блоком считывания (БС).

С блока записи по общим кодовым и адресным шинам информация поступает на кодовые входы цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), количество которых определяется количеством управляемых объектов. Сюда же приходят управляющие шины («запись» и «считывание»). Адресные дешифраторы в ЦАП позволяют записать двоичный позиционный код управления в тот ЦАП, адрес которого задан управляющим устройством (ЭВМ или РНК). В ЦАП происходит запись кода управления в ячейки памяти, которые коммутируют ключи преобразователя код — аналог, выполненного на основе омической декодирующей сети  $R-2R$  [3].

Для контроля и индикации цифрового кода, записанного в ячейки памяти ЦАП, предусмотрена возможность считывать их при подаче соответствующего адреса и сигнала «считывание» на шины управления. Выходные шины ЦАП через блок преобразования кода (БПК), преобразующий двоичный код в двоично-десятичный, присоединены к одному

из трех входов блока считывания (к двум другим 22-разрядным параллельным входам БС могут быть присоединены выходы других групп индицируемых элементов), и цифровой сигнал выбранного ЦАП появляется на тех выходных шинах БПК, которые идут на блок индикации кода (БИК).

На каждом из двух пультов (главном и местном) расположено по два БИК, каждый из которых может индицировать цифровой код в трех произвольно выбираемых ЦАП. Выбор ЦАП производится нажатием

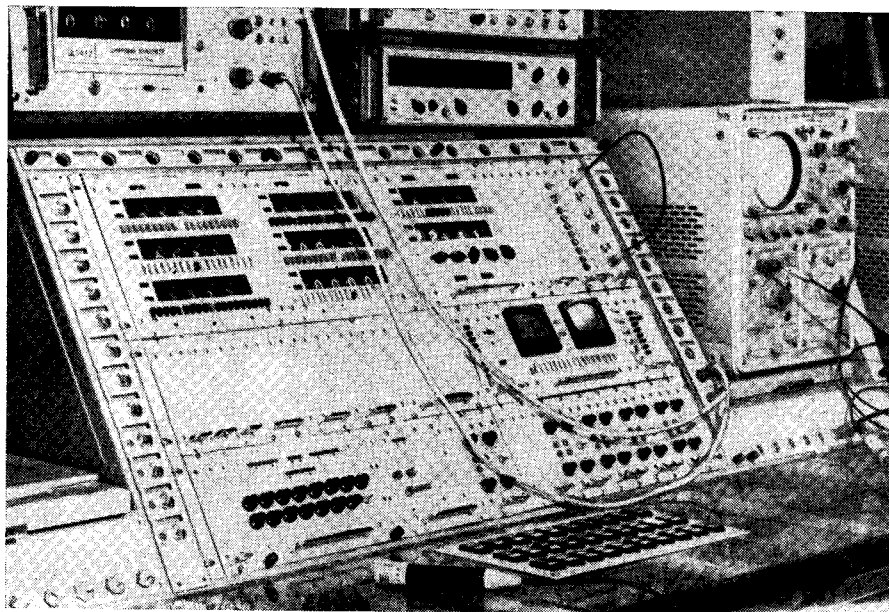


Рис. 3.

соответствующей кнопки под числовым табло. Периодический опрос каналов для индикации осуществляется с частотой 2 кГц. Эта частота задается блоком управления индикации (БУИ); такие блоки включены в каждую группу БИК на двух пультах. БУИ на местном пульте включен в активный режим и является ведущим для БУИ на главном пульте, т. е. он определяет очередность поступления адресов считывания для индикации каналов. Считанные с ЦАП кодовые сигналы в параллельном виде поступают через БПК в БУИ, где происходит индикация выведенного кода. Максимальное число одновременно наблюдаемых каналов на местном и на главном пульте 14.

Система предусматривает возможность присоединения дополнительных каналов регулирования, которые могут понадобиться для управления установкой ВЭПП-3 от ЭВМ. Некоторые режимы работы системы кратко описаны ниже.

Рассмотрим более подробно работу блоков системы. *Буферный блок* ББ предназначен для связи системы управления с ЭВМ. От вычислительной машины к местному пульту системы протянут 50-парный телефонный кабель с попарно перевитыми проводами, образующими двухпроводные линии передачи с волновым сопротивлением 90 Ом. Длина линии связи около 500 м. Для борьбы с помехами сделана потенциальная развязка ЭВМ и системы управления. На входе ББ во всех кодовых, адресных и управляющих каналах включены трансформаторы и

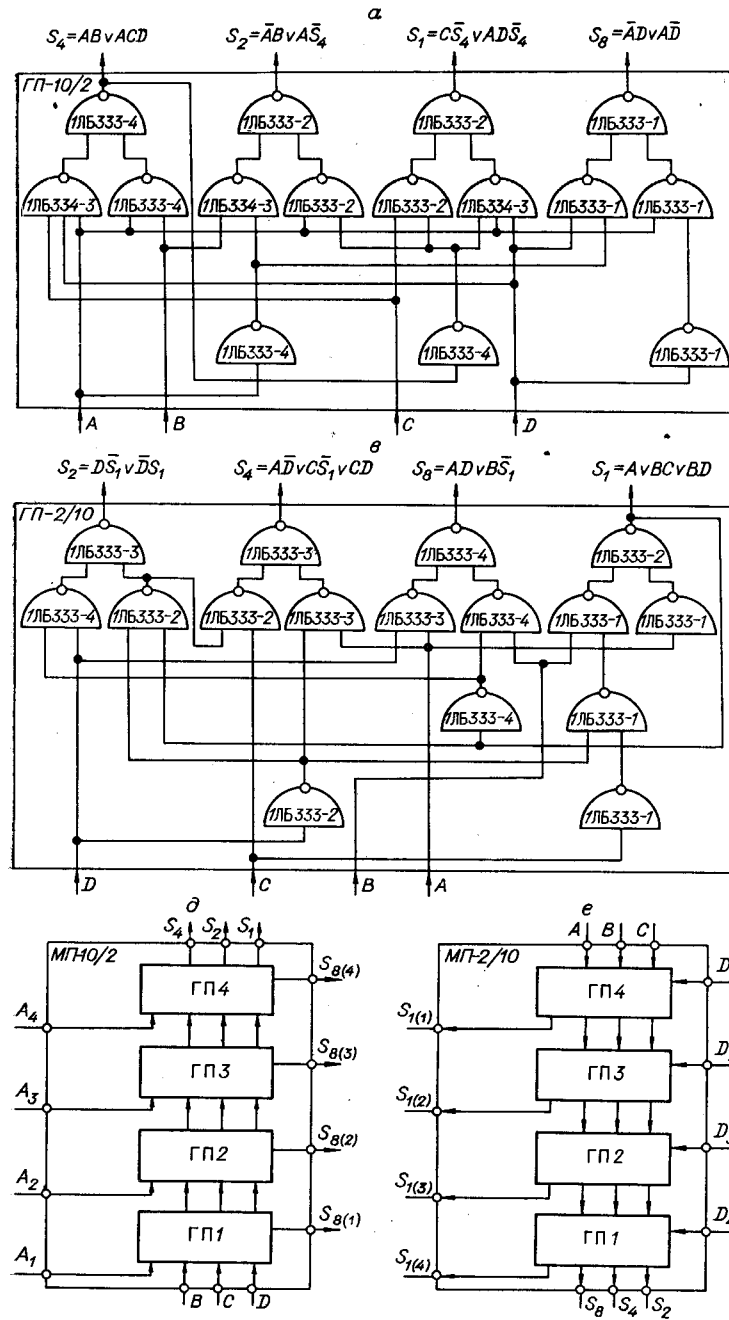


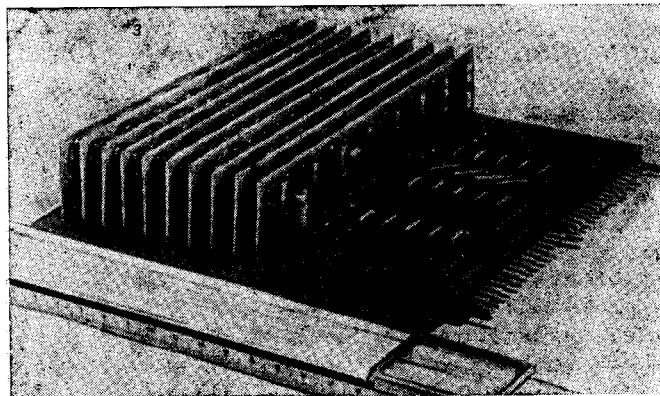
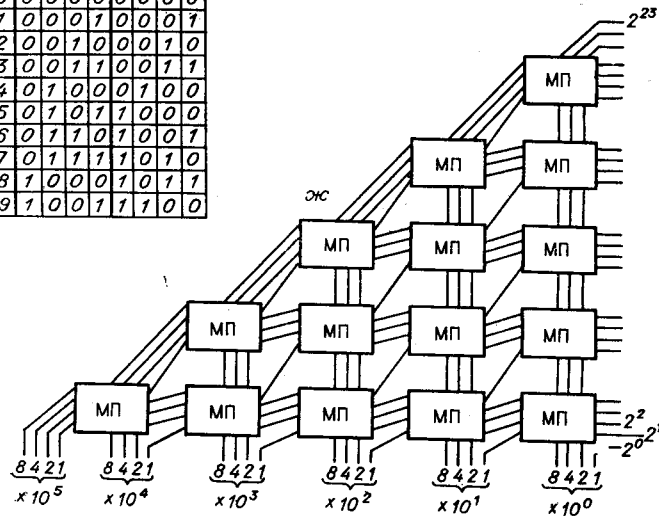
Рис. 4.

б

	A	B	C	D	S <sub>4</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>8</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	1
4	0	1	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1	1	0
7	0	1	1	1	0	1	1	1
8	1	0	0	0	0	1	0	1
9	1	0	0	1	0	1	1	0
10	1	0	1	0	0	1	1	1
11	1	0	1	1	1	0	0	0
12	1	1	0	0	1	0	0	1

в

	A	B	C	D	S <sub>1</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>2</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	1
4	0	1	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0



согласующие сопротивления. Импульсный двоичный позиционный код числа и адреса (длительность импульсов  $3 \cdot 10^{-6}$  с, амплитуда 5 В) и синхронизирующий импульс поступают одновременно на все входы ББ и, пройдя через трансформаторы и формирующие ячейки, записываются во входной регистр памяти. Первая операция, производимая в ББ,— проверка поступившего кода по признаку «четности», обнаруживающая ошибки в тракте ЭВМ — система управления. Логическая формула проверки заключается в том, что попарно вычисленные функции

$$(A_n \wedge \bar{A}_{n+1}) \vee (\bar{A}_n \wedge A_{n+1}),$$

где  $A_n$  и  $A_{n+1}$ — значения кода в  $n$  и  $n+1$  разрядах, объединяют все разряды поступившего кода. Выходная функция, которая принимает значение 1 или 0, зависящее от четного или нечетного количества единиц в поступившем коде, сравнивается с состоянием разряда проверки на «четность». При правильной передаче кода происходит совпадение этих двух сигналов и в ББ вырабатывается команда для дальнейших операций. В случае отсутствия совпадения кодов по сигналу, вырабатываемому в ББ, ЭВМ повторяет данный код. Последующей операцией является передача кода на БЗ и далее по адресу в соответствующий ЦАП. После этого производится сравнение записанного в ЦАП кода и кода, поступившего с ЭВМ. Для этой цели непосредственно после такта записи осуществляется коммутация в БС, и на одном из его выходов, соединенных с ББ, появляется записанный код, который схемой поразрядного сравнения двух параллельных кодов в ББ сравнивается с первичным кодом, поступившим с ЭВМ. В случае несовпадения этих кодов вырабатываются звуковой и световой сигналы для оператора.

*Блок управления связью с машиной (БУСМ)* предназначен для регистрации результатов проверки кода на «четность» и результатов контрольной проверки кодов с ЦАП. В блоке предусмотрены устройства для звуковой и световой сигнализации аварийных ситуаций и счетчики для регистрации количества отказов по тому или другому принципу. Кроме того, в данном блоке смонтированы логические узлы для выдачи команд на запись и считывание в ЦАП и для формирования или запрета конечной команды «Прием передачи».

*Блок ручного набора кода (РНК)* предназначен для того, чтобы оператор мог задать сигнал управления в любой цифровой канал системы вручную. Такой режим может быть необходим, например, при настройке системы. Переключение тракта управления ЭВМ — РНК, блокировка пульта при работе с определенным пультом и операции по подключению к системе дополнительных каналов регулирования или дополнительных каналов для индикации на БИК осуществляются блоком управления режимом (БУР).

Сигнал управления, задаваемый вручную, устанавливается декадными переключателями на наборном табло РНК (адрес задается в двоичной форме) и одновременно индицируется на контрольном индикаторном табло. При нажатии кнопки «Запись» происходит формирование сигнала записи и преобразованный на БПК в двоичный вид управляющий код по заданному адресу записывается через БЗ в соответствующий ЦАП. На втором индикаторном табло, расположенном на РНК, можно проконтролировать правильность записи управляющего сигнала. Этот индикатор представляет собой дополнительный канал индикации БИК с автоматическим выбором адреса.

*Блок преобразования кода (БПК)*. Для построения преобразователя параллельного двоичного кода в параллельный двоично-десятичный

код, а также для обратного преобразования был использован известный алгоритм построения таких преобразователей [4, 5].

Весь преобразователь состоит из одинаковых логических узлов (рис. 4, а, в), каждый из которых осуществляет преобразование входного кода согласно таблицам, приведенным на рис. 4, б, г. Для построения одного логического узла преобразователя двоичного кода в двоично-десятичный используются четыре микросхемы типа 1ЛБ333, а для обратного преобразования — три схемы 1ЛБ333 и одна схема 1ЛБ334. Объединение отдельных логических узлов позволяет построить преобразователь на любое количество двоичных разрядов или двоично-десятичных декад с весами разрядов 8—4—2—1. Соединение модулей в схему преобразователя показано на рис. 4, д, е. Монтажная плата позволяет использовать ее для построения преобразователя двоичного кода в двоично-десятичный и для обратного преобразования (см. рис. 4, ж).

Время преобразования определяется суммарным временем задержки входящих в преобразователь элементов при прохождении через них сигналов кода. Для преобразователя двоичного кода в пятидекадный двоично-десятичный код время преобразования составляет 600 нс. Общий вид преобразователя приведен на рис. 4, з.

Блок записи (БЗ) и блок считывания (БС) предназначены для переключения кодовых сигналов в параллельном виде. Блок состоит из коммутационной и управляющей частей. В коммутационной части блока один из кодовых сигналов, проходящий с трех различных входов, может быть выделен для передачи на выход. Выходная часть блока предполагает возможность передачи сигнала на один из трех выходов. Управляющая часть блока — это диспетчерский узел, определяющий режим работы всего устройства. Управление БЗ и БС производится от БУР. Время коммутации кода определяется быстродействием логических элементов и выходных формирователей блока и равно ориентировочно  $(0,3 \div 0,5) \cdot 10^{-6}$  с.

Блок индикации кода (БИК) позволяет индцировать код, записанный в любом ЦАП, в десятичной форме. При этом считываемый сигнал проходит через БПК, который преобразует код из двоичного в двоично-десятичный. Упрощенная схема, иллюстрирующая работу БУИ с одним из БИК, приведена на рис. 5. На пятиразрядный двоичный счетчик 2 поступают импульсы с частотой 2 кГц от генератора 1. Потенциалы триггеров счетчика через БС подаются на адресные шины ЦАП. Одновременно состояние счетчика дешифрируется блоком 3 и через переключатели  $\Pi_1$ — $\Pi_3$  сигналы поступают на ключи б ( $T_1$ — $T_3$ ) управления анодами индикаторных ламп ( $L_1$ — $L_{15}$ ). Одноименные катоды ламп одинаковых разрядов объединены между собой и через высоковольтные ключи 5 подсоединены к соответствующим выходам дешифратора 4. На вход этого дешифратора от БС через БПК<sub>2</sub> поступает код в двоично-десятичной форме от соответствующего ЦАП.

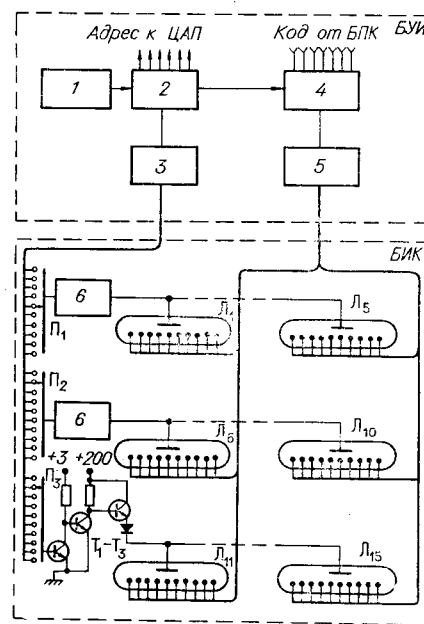


Рис. 5.



Выбирая с помощью переключателя ( $\Pi_1$ — $\Pi_3$ ) номер ЦАП, можно наблюдать на блоках индикации значения кодов в данном преобразователе.

**Режим работы с дополнительными каналами.** Система предусматривает возможность расширения числа управляемых каналов и числа каналов, индицируемых системой индикации. Наличие трех направлений на БЗ позволяет подключить к системе еще две группы элементов с пятиразрядными адресами по 32 канала в каждом. Подключение может быть осуществлено вручную с БУР или по специальным шинам управления непосредственно с ЭВМ.

На два входных направления БС могут быть подключены дополнительные группы элементов, которые необходимо индицировать. Одной из таких групп элементов на установке ВЭПП-3 является многоканальная система измерения токов в главном магните и в магнитных фокусирующих линзах. При этом напряжения, снимаемые с измерительных шунтов, через аналоговый коммутатор подаются на цифровой вольтметр. Измеренное значение по адресной команде, соответствующей номеру измеряемого канала, записывается в буферное запоминающее устройство (БЗУ). Информация с БЗУ может за счет соответствующей коммутации БС или периодически вводиться в ЭВМ, или индицироваться на БИК. Опросом БЗУ при этом управляет БУИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Авербух, Б. А. Бакланов, В. Ф. Веремеенко, М. М. Карлинер, С. П. Петров, Б. М. Фомель. Система стабилизации тока в электромагните ВЭПП-3. Препринт ИЯФ 63—70. Новосибирск, 1970.
2. P. Wolstenholme. Data transmission and computer application for the CERN JSR project. Preprint CERN JSR—CO/70—42, 1970.
3. М. М. Карлинер, В. И. Нифонтов, А. Д. Орешков. Прецизионный цифро-аналоговый преобразователь.— Автометрия, 1972, № 2.
4. Convert Binary to BCD Without Flip—Flops.— Electronic Design., 1968, v. 21, № 10.
5. John F. Couleur. BIDEС—A Binary—to—Decimal or Decimal—to—Binary Converter.— IRE, EC-7, 1958, № 4.

*Поступила в редакцию  
9 сентября 1971 г.*