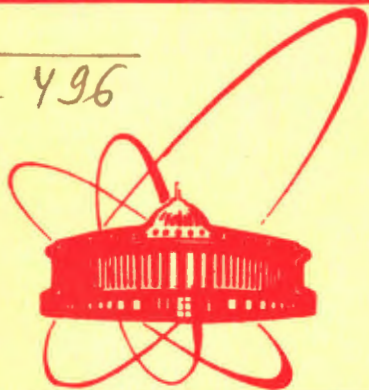


У-496



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

4685/2-81

14/9-81

10-81-409

Е.В.Черных

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

Направлено в ПТЭ

1981

1. ВВЕДЕНИЕ

В системах автоматизации физических и электрофизических установок информация о процессе с устройств без долговременной памяти должна быть принята в ЭВМ за ограниченный интервал времени. В течение указанного интервала характеристики процесса неизменны в пределах допустимой точности. Если время приема по программе превышает длительность этого интервала, применяется обмен по каналу прямого доступа /КПД/ ЭВМ или автономный источник программы ^{1/}/АИП/ совместно с буферной памятью. В системе автоматизации на основе системного крейта /СК/ КАМАК ^{2/} применение КПД возможно, если опрос регистров с информацией выполняется одной функцией КАМАК в режиме блочной передачи. АИП дополнительно обеспечивает управление измерением и записью информации в буферную память; он может быть размещен в основном крейте СК. В работе ^{3/} описано применение специализированного АИП для приема информации о пространственных характеристиках выведенного пучка в системе контроля и управления параметрами медленного вывода пучка из синхрофазотрона ОИЯИ ^{4/}. Описываемый в этой работе универсальный АИП

в составе СК управляет модулями аналогового коммутатора /К/ и аналого-цифрового преобразователя /П/ при измерении аналоговых сигналов и перезаписывает информацию из преобразователя в буферную память /БП/. Конструктивно АИП выполнен как блок КАМАК единичной ширины. На рис. 1 приведена структурная схема /в обозначениях PMS ^{5/}/ взаимодействия указанных модулей в составе автоматизированной системы управления.

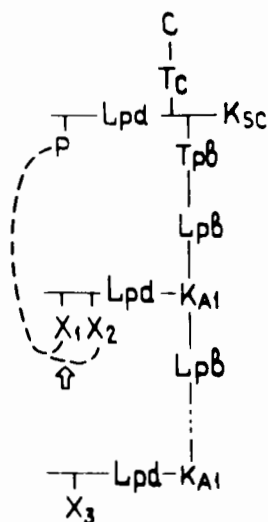


Рис. 1. Схема взаимодействия АИП с модулями в системе: С и T_c — ЭВМ и ее интерфейс; K_{sc} — контроллер системного крейта; T_{pb} — драйвер параллельной ветви L_{pb} ; L_{pd} — магистраль крейта; K_{A1} — контроллер типа А1; P — АИП; X_1 — аналоговый коммутатор; X_2 — АЦП; X_3 — буферная память.

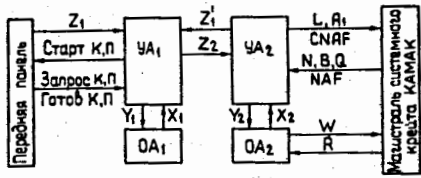


Рис. 2. Структурная схема АИП: УА и ОА - управляющий и операционный автоматы; Z - сигнал пуска; Y, X - управляющие и осведомительные сигналы; K - аналоговый коммутатор; П - АИП.

Длительность цикла измерения одного значения аналогового сигнала меньше суммы интервалов времени переключения K, преобразования П и перезаписи информации за счет применяемого в АИП перекрытия во времени этих процессов.

2. СТРУКТУРА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ПРОГРАММЫ

Так как в цикле измерения модули КАМАК управляются небольшим числом сигналом, АИП выполнен на основе автоматов с жесткой логикой^{6/}.

В течение цикла измерения вначале производится измерение, после завершения которого в П имеется цифровой код измеряемого значения сигнала, и затем - перезапись кода из П в БП. Эти управляющие действия выполняются независимо двумя операционными устройствами^{6/} в составе АИП /рис. 2/. При измерении первое из операционных устройств управляет модулями К и П с помощью сигналов с передней панели. Таким образом, уменьшение длительности цикла измерения достигается за счет уменьшения времени измерения, временного перекрытия измерения и перезаписи и управления этими процессами аппаратной программой в АИП.

По сигналу пуска Z₁ асинхронный автомат УА₁ последовательно управляет модулями К и П в процессе измерения. После прихода сигнала "Запрос" от П автомат УА₁ вырабатывает сигнал пуска Z₂ синхронного автомата УА₂. Синхронизирующим сигналом автомата УА₂ служит сигнал BUSY магистрали КАМАК. После чтения из П и записи в регистр ОА₂ слова данных автомат УА₂ вырабатывает сигнал пуска Z'₁, заставляя автомат УА₁ выполнять следующее измерение. Параллельно с измерением автомат УА₂ перезаписывает слово данных в БП.

Память автоматов построена на триггерах, причем в ОА₁ они объединены по схеме трехразрядного асинхронного счетчика, дополненного дешифратором выделения состояний.

В составе АИП имеются дешифратор внутренних команд КАМАК, комбинационные схемы и регистры: а/ адресов CN, управляемых от АИП модулей КАМАК /коды AF обеспечиваются комбинационными схемами/; б/ данных /16 двоичных разрядов/; в/ режима работы /с К и П или только с П, 1 разряд/; г/ числа пусков K-п = 2¹,

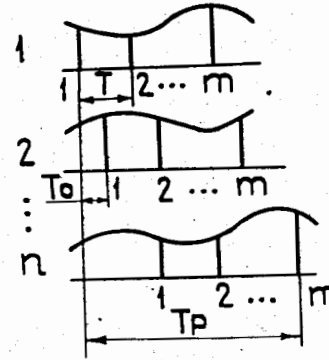


Рис. 3. Схема последовательного измерения аналоговых сигналов при работе АИП в режиме с коммутатором и АИП: m - заданное число пусков АИП; n - число опрашиваемых каналов коммутатора.

где $i=0, \dots, 7$ - см. рис. 3 /для режима с П в этот регистр записывается число пусков П/. Селектор-мультиплексор вырабатывает сигнал "Стоп", когда содержимое счетчика числа пусков К достигает значения

величины, записанной в регистр числа пусков К. Регистр-счетчик адреса БП, включенный в АИП, необходим, если перед записью слова данных в используемый модуль БП требуется запись адреса ячейки. В исходном состоянии в этом регистре записан адрес первой ячейки памяти; после записи в память очередного слова содержимое этого регистра увеличивается на единицу. При повторном пуске АИП в новой серии измерений запись данных может быть продолжена в оставшиеся свободными ячейки памяти. Набор внутренних команд КАМАК следующий: A(0)F(0) и A(0)F(1) - чтение регистра данных и счетчика адреса БП; A(0)F(9) и A(1)F(9) - сброс и сброс за исключением счетчика адреса БП; A(0)F(16) - запись в регистр данных и A(0)F(17) - запись числа пусков К, разряда режима работы и адресов CN управляемых от АИП модулей КАМАК.

3. РАБОТА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ПРОГРАММЫ

Блок-схема программы обслуживания АИП приведена на рис. 4. Передача управления магистралью СК от ЭВМ источнику программы и обратно аналогична описанной в работе^{3/}. Блок-схема микропрограммы АИП приведена на рис. 5, а временные диаграммы выполнения микропрограммы - на рис. 6 /соответствует средней и правой ветвям микропрограммы/ и рис. 7 /соответствует левой ветви микропрограммы/. В циклах КАМАК, отмеченных штрихом, производится подготовка К к следующему опросу его каналов.

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

При работе АИП осуществляет равномерную дискретизацию измеряемого аналогового сигнала с одновременным квантованием его по уровню. Для оценки АИП целесообразно сравнить полное время измерений и максимальную частоту дискретизации, обеспечиваемые

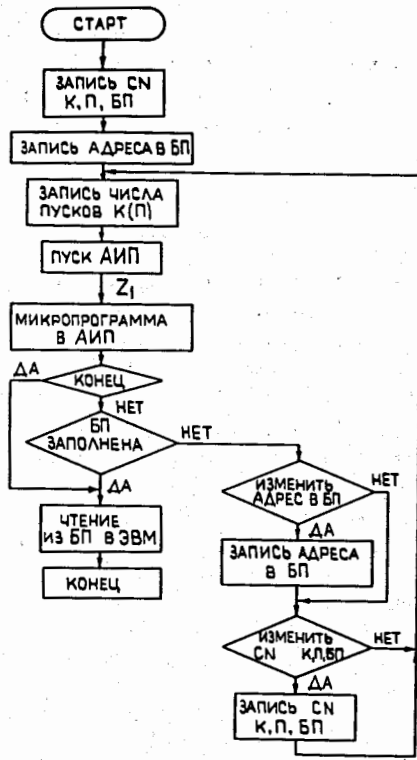


Рис. 4. Блок-схема программы обслуживания АИП.

им, с величинами этих параметров при программном управлении измерениями от ЭВМ и "последовательной" жесткой программой, при выполнении которой измерение и перезапись в цикле измерения выполняются последовательно.

В табл. 1 приведены формулы длительности временных характеристик АИП, а в табл. 2 - формулы длительности таких же временных характеристик при программном управлении измерениями от ЭВМ и "последовательной" жесткой программой. В таблицах приведены формулы следующих характеристик /рис. 3/: T - интервал времени между соседними отсчетами одного сигнала; T_0 - интервал времени между соседними отсчетами /для режима с П $T = T_0$; T_p - полное время измерений.

В табл. 1, 2 и далее используются следующие обозначения: n - число опрашиваемых каналов K /рис. 3/; m - число измеряемых

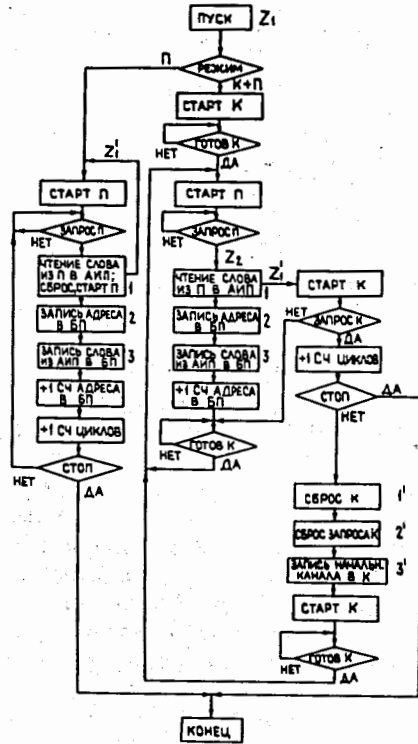


Рис. 5. Блок-схема микропрограммы АИП.

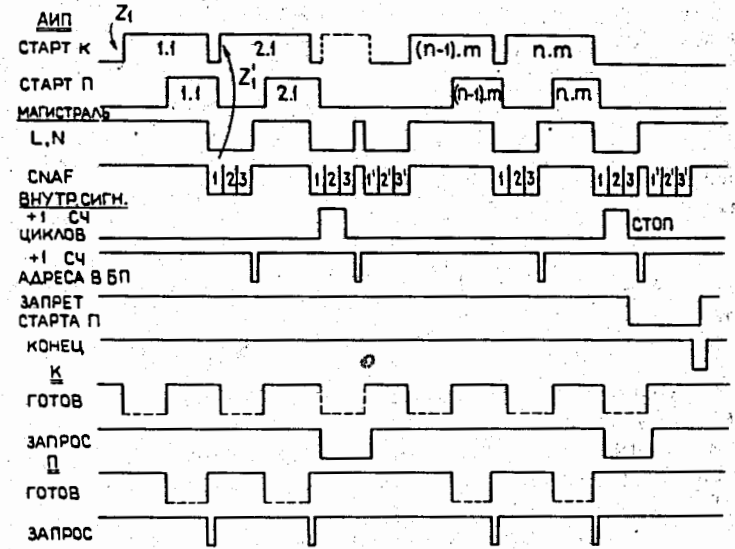


Рис. 6. Временная диаграмма управления от АИП измерением аналоговых сигналов в режиме с коммутатором и преобразователем.

Таблица 1
Временные характеристики АИП

Режим	Параметр, с	$T_{II} \leq 2,5T_{II}$	$T_{II} > 2,5T_{II}$
П	T	$3T_{II}$	$T_{II} + 0,5T_{II}$
	T_p	$T_{II} + T_m$	$T_m + 2,5T_{II}$
Режим	Параметр, с	$T_K + T_{II} \leq 2,5T_{II}$	$T_K + T_{II} > 2,5T_{II}$
К + П	T_0	$3T_{II}$	$T_K + T_{II} + 0,5T_{II}$
	T	$T_K + T_{II} + (n+1)T_0$	$T_0 n + 5,5T_{II}$
	T_p	T_m	T_m

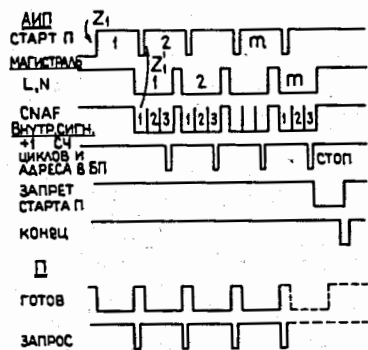


Рис.7. Временная диаграмма управления от АИП измерением аналогового сигнала в режиме с АЦП.

значений аналогового сигнала /рис. 3/; $T_{Ц}$ и $T_{Ц}^П$ - длительности выполнения команды КАМАК в ветви по жесткой программе и по программе ЭВМ; $T_{П}$ и $T_{К}$ - длительности преобразования П и переключения К соответственно. Величины n и m должны удовлетворять соотношению $\sum_{i=1}^p n_i m_i \leq S_{БП}$ при $n_i \leq N_{К}$, где p -

число пусков АИП; $S_{БП}$ - емкость буферной памяти; $N_{К}$ - число каналов коммутатора.

При измерении по программе от ЭВМ в режиме с П производится пуск П и проверка наличия запроса /длительность этого шага $\approx 2T_{Ц}^П$ /, чтение запроса ($T_{Ц}^П$) и чтение слова данных из П в ЭВМ ($T_{Ц}^П$). При работе в режиме с К и П программа производит пуск К ($T_{Ц}^П$), проверку готовности К ($T_{Ц}^П$), пуск П ($T_{Ц}^П$), проверку наличия запроса П ($2T_{Ц}^П$) и чтение слова данных из П в ЭВМ ($T_{Ц}^П$).

На рис. 8 приведены зависимости полного времени измерений от заданного числа измеряемых значений аналогового сигнала. Для расчета по формулам табл. 1,2 были приняты следующие величины параметров: $T_{П} = 40 \cdot 10^{-6}$ с; $T_{Ц} = 2,5 \cdot 10^{-6}$ с; $T_{Ц}^П = 50 \cdot 10^{-8}$ с /7/; $T_{К} = 10 \cdot 10^{-6}$ с. Время программной подготовки АИП при этом не учитывалось, отметим лишь, что при достаточно больших значениях его вклад в полное время измерений незначителен, если программа написана на ассемблере. Из графиков рис. 8 видно, что примене-

Таблица 2

Временные характеристики при работе программ

Режим	Параметр, с	Программа в ЭВМ	"Жесткая" программа
П	T	$T_{П} + 4T_{Ц}^П$	$T_{П} + 3T_{Ц}$
	T_p	T_m	T_m
К + П	T_0	$T_{К} + T_{П} + 6T_{Ц}^П$	$T_{К} + T_{П} + 3T_{Ц}$
	T	$T_0 n + 3T_{Ц}^П$	$T_0 n + 3T_{Ц}$
	T_p	T_m	T_m

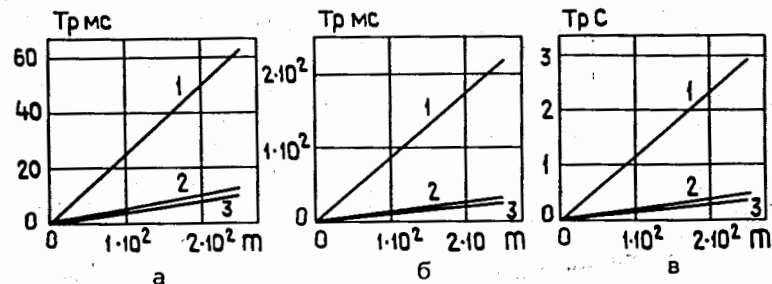


Рис.8. Зависимость суммарного времени измерений от заданного числа пусков АИП: а/ в режиме работы с АИП; б/ и в/ в режиме работы с коммутатором и АИП для числа каналов коммутатора $p=2$ и $p=32$ соответственно. 1 - программа ЭВМ, 2 - "жесткая программа", 3 - АИП.

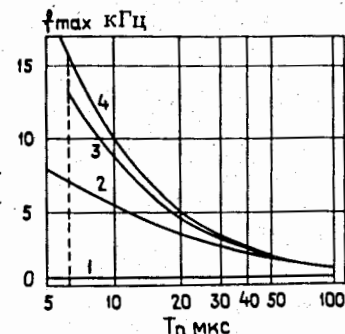


Рис.9. Зависимость максимальной частоты дискретизации сигнала от времени измерения в режиме работы с АИП: кривая 3 - АИП для $T_{П} > 2,5 T_{Ц}$; ---- - $T_{Ц} = 2,5 T_{Ц}$.

ние "жесткой" программы уменьшает полное время измерений в 5 ÷ 8 раз при $m \approx 200$, а применяемое временное перекрытие - еще на 25-30%. При этом менее 4% полного времени измерений тратится на перезапись информации, а остальные 96% составляют суммарное время измерения.

Максимальную частоту дискретизации сигнала, при которой возможно восстановление измеряемой функции без погрешностей, оценим по теореме Котельникова: $F_0 = k_3 2f_{\max}$, где f_{\max} - максимальная частота в спектре сигнала; k_3 - коэффициент запаса. На практике обычно принимают $k_3 = 1,5 \div 6^{7/8}$, мы примем $k_3 = 5$. Тогда $f_{\max} = F_0 / 10 = 1/10T$. Формула для вычисления величины T подставляется в это выражение из табл. 1,2.

На рис. 9,10,11 приведены зависимости максимальной частоты дискретизации сигнала от длительностей интервалов измерения $T_{П}$ или $T_{К} + T_{П}$. В области малых значений $T_{П}$ и $T_{К} + T_{П}$ значения f_{\max} , обеспечиваемые при работе с АИП /кривая 3/, относительно ближе

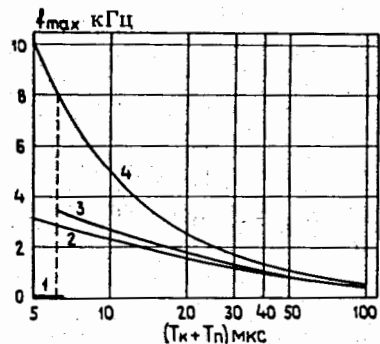


Рис.10. Зависимость максимальной частоты дискретизации сигнала от времени измерения в режиме работы с коммутатором /число каналов $n=2$ / и АЦП: кривая 3 - АИП для $T_k + T_n > 2,5 T_{ц}$; ---- - $T_k + T_n = 2,5 T_{ц}$.

к "идеальной" кривой, построенной в предположении, что время перезаписи равно нулю /кривая 4/; кривая 1 - программа ЭВМ, 2 - "жесткая" программа.

5. ВЫВОДЫ

Применение автономного источника программы /по сравнению с измерением аналогового сигнала по программе от ЭВМ/ обеспечило: а/ уменьшение полного времени измерений; для 256 измеряемых значений аналогового сигнала время измерения уменьшается в 6-10 раз, с ростом числа измеряемых значений степень уменьшения растет; б/ возможность измерения сигналов с более высокой максимальной частотой в спектре; для времени работы коммутатора и преобразователя $6 \div 10$ мкс допустимая максимальная частота возрастает в десятки раз, с ростом времени работы этих модулей степень увеличения допустимой максимальной частоты уменьшается, поэтому применение автономного источника программы выгоднее с более "быстрыми" коммутатором и преобразователем; в/ возможность выполнения ЭВМ собственной программы параллельно с процессом измерения. Приведенные в пунктах а и б преимущества достигаются только в том случае, если сигнал LAM преобразователя выведен на переднюю панель, что не всегда делается разработчиками АЦП.

Следует отметить, что, хотя применение временного перекрытия уменьшило полное время измерений "всего" на 25-30% за счет

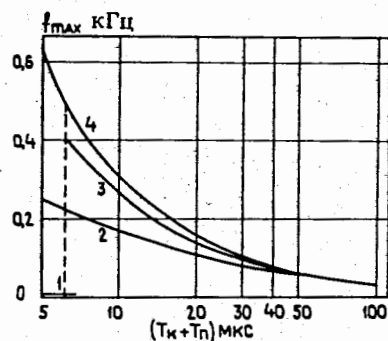


Рис.11. Зависимость максимальной частоты дискретизации сигнала от времени измерения в режиме работы с коммутатором / $n=32$ / и АЦП: кривая 3 - АИП для $T_k + T_n > 2,5 T_{ц}$; ---- - $T_k + T_n = 2,5 T_{ц}$.

усложнения наладки модуля, это обеспечило также возможность измерения аналоговых сигналов с большей максимальной частотой в спектре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модуль АИП использовался в автоматизированной системе оперативного измерения показателя неоднородности магнитного поля синхрофазотрона ОИЯИ. Программа обслуживания модуля написана на ассемблере ЕС-1010.

Автор считает своим приятным долгом поблагодарить И.Н.Семешкина и И.Ф.Колпакова за поддержку этой работы, а также М.А.Воеводина за помощь в работе и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпаков И.Ф. ПТЭ, 1979, №2, с. 7.
2. Нгуен Фук, Смирнов В.А. В кн.: Труды VIII Международн. симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-9287, Дубна, 1975, с. 190.
3. Ефимов Л.Г., Черных Е.В. ПТЭ, 1979, №3, с. 90.
4. Chernykh E.V. et al. IEEE.Trans., 1977, NS-24, p. 2561.
5. Bell C.G., Newell A. Computer Structures: Readings and Examples. McGraw-Hill, New York, 1971.
6. Майоров С.А., Новиков Г.И. Структура электронных вычислительных машин. "Машиностроение", Л., 1979.
7. Волков В.И. и др. ОИЯИ, 10-11238, Дубна, 1978.
8. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. "Энергия", М., 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 июня 1981 года.