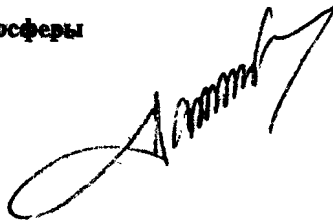


1980

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн



**АППАРАТУРА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВНЕШНЕЙ ИОНОСФЕРЫ**

120

МОСКВА 1980

ПРИБОР КМ-3 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

К. Кубат⁺, Я. Клас⁺, Я. Шмилауэр⁺, В. В. Афонин⁺⁺

I. Введение

Основные характеристики тепловых электронов в ионосфере не только характеризуют состояние ионосферной плазмы, но и являются чувствительным индикатором присутствия источников энергии (высыпания частиц, электромагнитные излучения, всякого рода неустойчивости). Поэтому на спутнике "Интеркосмос-19" установлен прибор КМ-3, предназначенный для измерения характеристик тепловых электронов, т.е. электронной температуры (T_e) и распределения скоростей электронов (РС). Электроника прибора разработана в Геофизическом институте ЧСАН, датчик прибора ДЭТ-2 - в Институте космических исследований АН СССР. Сам прибор является последней модификацией в серии приборов для измерения T_e на спутниках "Интеркосмос" (и "Космос-900"), в котором для управления измерением РС и выдачи данных в телеметрию использован микропроцессор.

T_e 2. Измерение электронной температуры методом ВЧ зонда

В предположении максвелловского распределения скоростей электронов зависимость электронного тока зонда в плазме от его потенциала имеет экспоненциальный вид: $i_e = i_0 \exp(eU/kT_e)$, если этот потенциал ниже потенциала плазмы. С другой стороны, ионный ток "плавающего" зонда на спутнике определяется в основном собиранием ионов поверхностью зонда, т.е. $i_i \approx NeSv_0$, где v_0 есть скорость спутника. Потенциал почти изолированного зонда (при $R_{вх} \gg 10^{11}$ Ом) принимает значение, при котором $i_e + i_i = 0$, т.е. $U_{FP} = -\frac{kT_e}{e} \ln \left[\left(\frac{kT_e}{2\pi m_e} \right)^{1/2} / v_0 \right]$. При этом потенциале, который на 0,2-0,8 В ниже потенциала плазмы, производится измерение T_e путем наложения на зонд ВЧ напряжения с частотой 50 кГц, которое приводит к понижению плавающего потенциала на величину $\Delta U = \frac{kT_e}{e} \ln I_0 \left(\frac{eU_1}{kT_e} \right)$, где U_1 есть амплитуда ВЧ напряжения и I_0 - модифицированная функция Бесселя мнимого аргумента нулевого порядка [1]. Измеряя величину ΔU , можно определить T_e .

х) Геофизический институт ЧСАН

хх) Институт космических исследований АН СССР



Прибор КМ-3 ис I), у которого дтрод образован из тов имеет свой ох вх эффектов и эф электродов, назыв ни T_e на невозму накладывается пер обработка получен применяется (вперв котором амплитуда потенциалов обоих ла 100 мВ. В пром ся сравнение поте ное смещение) пос способе, во-первы да не искажают ре сация внешних пом тактной разности) ма работы показан реходных процессо лоси усилителей. (ми:

- понижает требова рия определяет ;
- повышает точнос; передачи напряж ния;
- зависимость T_e с роксимировать п данных и предос ника.

Датчик установ впереди спутника дов перпендикуляр ся размещение дат бегающих ионов. С зонда в приборе и противлением $R_{вх}$ для расширения по ке. Тепловой режи

И TEMПЕРАТУРЫ И
Х ЭЛЕКТРОНОВ

В.В.Афонин⁺⁺

ронов в ионосфере не толь-
азмы, но и являются чув-
пиков энергии (высыпания
го рода неустойчивости).
овлен прибор КМ-3, пред-
пловых электронов, т.е.
ия скоростей электронов
офизическом институте
смических исследований
фикацией в серии прибо-
мос" (и "Космос-900"),
дачи данных в телемет-

методом ВЧ зонда

ления скоростей электро-
лазме от его потенциа-
 U/kT_e , если этот по-
орони, ионный ток "пла-
сновном собирающем
, где v_0 есть ско-
ого зонда (при $R_{вх} \gg$
 $e+li = 0$, т.е. $U_{FP} =$
который на 0,2-0,8 В
ие T_e путем наложения
орое приводит к пони-
 $= \frac{kT_e}{e} \ln I_0 \left(\frac{eU_i}{kT_e} \right)$,
модифицированная функ-
ка [1]. Измеряя вели-

СР

Прибор КМ-3 использует двухэлектродный плоский зонд ДЭТ-2 (рис. 1), у которого для уменьшения влияния внешних полей каждый электрод образован из двух противоположных сегментов. Каждый из сегментов имеет свой охранный электрод, способствующий подавлению краевых эффектов и значительному понижению паразитных емкостей. Один из электродов, называемый в дальнейшем опорным, находится при измерении T_e на невозмущенном плавающем потенциале, на второй электрод накладывается периодически ($F = 12,5$ Гц) ВЧ напряжение. Так как обработка полученных скачков или их телеметрирование весьма сложна, применяется (впервые - на спутнике ИК-14), другой метод [2,3], при котором амплитуда ВЧ напряжения регулируется так, чтобы разность потенциалов обоих электродов после подачи ВЧ напряжения составляла 100 мВ. В промежутках между отдельными измерениями производится сравнение потенциалов электродов и запомненная величина (исходное смещение) после подачи ВЧ напряжения вычитается. При таком способе, во-первых, даже довольно быстрые изменения потенциала зонда не искажают результатов измерений, во-вторых, происходит компенсация внешних помех, например, в виде квазипостоянных полей и контактной разности потенциалов и ее возможных изменений. Циклограмма работы показана на рис.2, промежутки ~ 15 мс выделены для переходных процессов, которые являются следствием ограниченной полосы усилителей. Описанный метод обладает следующими преимуществами:

- понижает требования к телеметрии, так как каждый опрос телеметрии определяет текущее значение T_e ;
- повышает точность измерений, которая ограничена только точностью передачи напряжения ТН, пропорционального амплитуде ВЧ напряжения;
- зависимость T_e от напряжения ТН можно с ошибкой менее 0,1% аппроксимировать полиномом второй степени, что облегчает обработку данных и предоставляет возможность вычисления T_e на борту спутника.

Датчик устанавливается на штанге длиной ~ 2 м, расположенной впереди спутника в направлении полета так, что плоскость электродов перпендикулярна вектору скорости. Таким способом обеспечивается размещение датчика в невозмущенной среде и максимальный ток набегавших ионов. С целью выполнения предположения об изолированности зонда в приборе используются операционные усилители с входным сопротивлением $R_{вх} = 10^{12}$ Ом, а для уменьшения входных емкостей, т.е. для расширения полосы частот, блок предусилителей размещен в датчике. Тепловой режим датчика рассчитан для круглосуточной работы и

70

температуры предусилителей от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$ и осуществляется специальной окраской и покрытием части поверхности теплоизолирующим материалом ЭВТИ. Из телеметрических данных за первые четыре месяца работы следует, что температура предусилителей находилась в диапазоне температур $22_{-10}^{+5} \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Датчик соединен с блоком электроники, находящимся внутри гермоконтейнера, двумя коаксиальными кабелями и одним II-ти проводным кабелем с экранированными проводами. Схема измерения T_e размещена на одной печатной плате размером 128×110 мм (унифицированный размер для всех плат) и состоит из генератора ВЧ напряжения с управляемой амплитудой, схемы точного операционного выпрямителя, ключа для подачи ВЧ напряжения на рабочий электрод, сервосистемы и схем синхронизации работы. Диапазон измеряемых T_e составляет $600^{\circ} \div 12000^{\circ}\text{K}$, чему соответствует диапазон выходных напряжений ТН (параметр "температура грубо") от 0 до +6 В. Для повышения точности измерения из этого напряжения вычитается переключаемое восьмью ступенями опорное напряжение $U_L = K \cdot 0,75$ В, $K=0,1, \dots, 7$ и полученное напряжение усиливается в семь раз, т.е. $TP=7$. ($TN - K \cdot 0,75$). Переключение опорного напряжения происходит автоматически так, что всегда выполняется соотношение $0 \leq TP < 6,0$ В. Усиление только в семь раз обеспечивает гистерезис на краях поддиапазонов и исключает быстрые переключения.

Измерения T_e ведутся во всех режимах телеметрии и чередуются с измерениями РС. Для режима ЗАП-4 (один кадр телеметрии через 2,56 с) длительность цикла составляет 168 с, во всех остальных режимах 24с; командой можно сократить цикл 24 с до 8 с в режимах НП, НП-ТС, ЗАП-ТС и ЗАП-2. Во всех режимах измерению РС отведены две секунды, в течение которых на каналах ТН и ТР поддерживается калибровка +6,0 В.

Плавающий потенциал опорного электрода телеметрируется после нормирования как напряжение электрода относительно корпуса спутника. Потенциал передается в двух диапазонах, в основном ФПТ от +2 до -22 В и в более чувствительном ФПЦ от +1,2 до -4,8 В. Большой диапазон измерения величин потенциала обоснован имеющимися на некоторых спутниках серии АУОС затруднениями в обеспечении потенциала корпуса спутника, близкого к потенциалу плазмы. По этой же причине диапазон входных напряжений предусилителей по постоянному току рассчитан для напряжений в диапазоне от -2 до +22 В. На спутнике ИК-19 до сих пор потенциал корпуса был нормальным и находился в диапазоне +1+ -5В.

При измерениях плазмы следует измерять электроны является новившемся максимом тогда зависимость предполагаемый эквивалентные в основу температуры термодинамической температуры из переменных параметров времени достижения но интенсивных приращения от максимума действия и оценки их точности, а именно: потенциал зонда.

Измерение расчитать это измерение происходит в течение циклов. Длительность микропроцессор (МП) и грузкой полученных являются независимо как производных получения В относительно плазмы напряжения с частотой тока с частотами плазмы зонда скачкообразную сторону и послесигналов, начиная оттуда НЧ напряжения ного с опорным зондом соответствующий ток 3) с усилением 2,1 напряжения усилителя выделяется измеряются их амплитуда в большом динамическом диапазоне с цифровым усилителем $A12=2^0 \div 2^{10}$ (совместно)

3. Измерение распределения скоростей электронов

При измерении поведения электронной составляющей ионосферной плазмы следует иметь в виду, что термодинамическая температура электронов является вполне определенной величиной только при установившемся максвелловском распределении скоростей электронов. Только тогда зависимость электронного тока от потенциала зонда имеет предполагаемый экспоненциальный вид и верны все выражения, положенные в основу вычислений. В противном случае термодинамическая температура теряет свое точное значение и становится лишь одним из переменных параметров для узких полос энергий. Хотя постоянные времени достижения равновесного распределения малы, при достаточно интенсивных притоках энергии к плазме могут иметь место отклонения от максвелловского распределения. Для определения их присутствия и оценки их характера измеряется форма зондовой характеристики, а именно: первая и вторая производные зависимости от потенциала зонда.

Измерение распределения скоростей РС (так в дальнейшем будем называть это измерение, хотя оно не измеряется непосредственно), происходит в течение первых двух секунд каждого из вышеупомянутых циклов. Длительность измерения от 1,2 до 1,8 с и в это время микропроцессор (МП) полностью занят управлением измерения РС и загрузкой полученных данных в ЗУ; в течение измерения T_e они выдаются независимо как в ШТС, так и в ЕТМС. Значения первой и второй производных получаются в диапазоне потенциалов зонда от -1 до $+0,5$ В относительно плавающего потенциала зонда наложением на зонд НЧ напряжения с частотой 1667 Гц и измерением величин составляющих тока с частотами первой и второй гармоник. Изменение потенциала зонда скачкообразное, вначале 42 ступени по $\sim 23,5$ мВ в отрицательную сторону и после этого 21 ступень в сторону положительных потенциалов, начиная опять с запомненного плавающего потенциала. Амплитуда НЧ напряжения равна $50 \text{ мВ}_{\text{эфф}}$. Схема предусилителя, соединенного с опорным зондом, принудительно определяет потенциал зонда, соответствующий ток усиливается операционным усилителем тока (рис. 3) с усилением $2,16 \cdot 10^5$ А/В. Переменная составляющая выходного напряжения усилителя подвергается дальнейшей обработке, т.е. усиливается, выделяются первая и вторая производные ($UF1$, $UF2$) и измеряются их амплитуды. Усиление этих сигналов должно производиться в большом динамическом диапазоне, для чего применяется усилитель с цифровым управлением усиления с двоичным шагом в пределах $A12=2^0 \div 2^{10}$ (совместное усиление $UF1$ и $UF2$), после этого проис-

ходит их разделение и выпрямление. Напряжение, пропорциональное UF_2 , затем усиливается в пределах 2^0+2^5 . Выходные напряжения подаются через электронный переключатель на вход А/Ц преобразователя.

Микропроцессор управляет измерением РС следующим образом: с начала внутреннего синхроимпульса "Измерение РС" МП переключает преобразователь опорного электрода в режим РС (рис.3) и генератор развертки в нулевое напряжение. После примерно 50 мсек, отведенных переходным процессам, МП устанавливает $AI_2=2^5$ и через 5 мсек опрашивает напряжение UF_1 . Если его величина находится вне диапазона измерений (0,38+0,995 полной шкалы), МП повышает или понижает усиление в два раза и вновь проверяет величину UF_1 и т.д.; подобным образом настраивается и усиление A_2 . Когда оба напряжения находятся внутри диапазона измерения, МП опрашивает их 32 раза (последовательно группами по четыре опроса), вычисляет среднее значение и результаты загружает в память. Таким способом уменьшается влияние шумов и помех. Вместе с амплитудами запоминаются окончательные значения AI_2 и A_2 .

Сразу после загрузки данных МП переключает развертку на следующую ступень развертки и вся процедура повторяется, только исходные значения AI_2 и A_2 берутся из предыдущего шага. Таким способом измеряются 42 значения UF_1 и UF_2 до $-1,0$ В ниже плавающего потенциала, после этого развертка скачком возвращается в нулевое напряжение и измерение продолжается до напряжения развертки $+0,5$ В. На каждой ступени получаются четыре значения (UF_1 , UF_2 , AI_2 , A_2) вместе $4 \times 65 = 260$ значений. С концом измерения РС МП возвращает развертку и усиление в исходное состояние и останавливается. Весь процесс занимает 1,2-1,8 с в зависимости от числа приближений, т.е. наклона характеристики или температуры T_e .

С концом синхроимпульса "Измерение РС" МП вновь начинает работать и передавать одновременно, но полностью независимо, данные по двум каналам телеметрии, готовность которых определяет по признакам от БУСа. Для обеспечения работы прибора служат также следующие вспомогательные схемы:

- блок синхронизации работы с другими приборами научного комплекса спутника,
- блок приема команд и синхроимпульсов и признаков режима телеметрии от БУСа,
- выдача информации о режиме работы прибора на телеметрический канал К1,
- блок точных частот, обеспечивающий все требуемые частоты деле-

нием кварцеванной
Общая блок-схема при

4. Передача

Штатная телеметрия
микропроцессор перед из которых цифровые го цифрового канала та используются для и, так как один-в пер переключение информации кального коммутатора между ними. Таким образом Аналоговый канал преобразователя Ц/А преобразователя делением телеметрии

Единая телеметрия
канала аналоговой в (частоты 5,4 и 7,35 $\pm 7,5\%$, причем мод бора поступают напри налов несколько неоп Каналом № 10 передат (см. раздел 2), частоты 60, 46 и 37 Гц с делится в диапазон 0-6 боты, показал прецизион, поскольку демоскачков частоты [4] одновременно и искнизма. Канал № 11 торая передается п для проверки четности бит/сек. Кадр информации МП в течение дв

- текущие значения ствительного ка
- истинное значение мощью запомненно

Напряжение, пропорциональное
на 2^0+2^5 . Выходные напряжения
атель на вход А/Ц преобразова-

ем РС следующим образом: с на-
мерение РС" МП переключает пред-
и РС (рис.3) и генератор раз-
примерно 50 мсек, отведенных
ет $A12=2^5$ и через 5 мсек оп-
величина находится вне диапа-
салы), МП повышает или понижа-
ряет величину $UF1$ и т.д.;
ление $A2$. Когда оба напряжения
, МП опрашивает их 32 раза
а), вычисляет среднее значение
им способом уменьшается влияние
запоминаются окончательные зна-

переключает развертку на следу-
ра повторяется, только исхс.-
идущего шага. Таким способом
-1,0 В ниже плавающего потен-
возвращается в нулевое напря-
жения развертки +0,5 В. На
нения ($UF1$, $UF2$, $A12$, $A2$)
измерения РС МП возвращает раз-
е и останавливается. Весь
ости от числа приближений,
ратуры T_e .

е РС" МП вновь начинает рабо-
множество независимо, данные
ь которых определяет по приз-
прибора служат также следу-
приборами научного комплек-
в и признаков режима телемет-
прибора на телеметрический
все требуемые частоты деле-

нием кварцовой частоты 4,0 МГц.
Общая блок-схема прибора показана на рис.4.

4. Передача данных телеметрическими системами

Штатная телеметрическая система (ШТС). В течение измерения T_e микропроцессор передает запомненные данные по трем каналам ШТС, два из которых цифровые и один аналоговый. Шесть старших разрядов каждого цифрового канала принадлежат $UF1$ или $UF2$, оставшиеся четыре бита используются для значений $A2$. Оба канала соединены параллельно и, так как один - в первой половине кадра, а второй - в другой половине, переключение информации происходит не только синхроимпульсами локального коммутатора, но и вспомогательными импульсами в середине между ними. Таким способом восемь проводов обеспечивают оба канала. Аналоговый канал передает усиление $A12$, т.е. четыре бита с помощью Ц/А преобразователя. Это решение было вынуждено первоначальным распределением телеметрических каналов.

Единая телеметрическая система ЕТМС. Под прибор КМ-3 работают два канала аналоговой версии ЕТМС, именно № 10 и № 11 по стандарту ИРИГ (частоты 5,4 и 7,35 кГц, ЧМ модуляция с максимальной девиацией $\pm 7,5\%$, причем модуляторы являются составной частью ЕТМС), из прибора поступают напряжения в пределах 0+6 В. Использование обоих каналов несколько необычное, поэтому на нем остановимся подробнее. Каналом № 10 передаются одновременно три параметра: ТН, ТР и ФПЦ (см. раздел 2), частотно модулированные на трех поднесущих частотах 60, 46 и 37 Гц с девиацией $\pm 5\%$. Сумма этих трех напряжений нормируется в диапазон 0+6 В. Опыт, полученный за первые пять месяцев работы, показал преимущество этого метода перед временным мультиплексом, поскольку демодуляторы с петлей ФАП не подходят для быстрых скачков частоты [4] и, кроме того, данные получают непрерывно и одновременно и исключаются потери информации при выходе из синхронизма. Канал № 11 использован для передачи цифровой информации, которая передается последовательно в восьмибитовых словах (один бит для проверки четности) с частотной манипуляцией со скоростью 446 бит/сек. Кадр информации содержит не только данные измерения РС.

- МП в течение двадцатичетырехсекундного цикла опрашивает:
- текущие значения ТН, ТР, ФПЦ и значение опорного напряжения чувствительного канала ТР,
 - истинное значение электронной температуры T_e , вычисленное с помощью запомненной таблицы (диапазон 600-7000 К, разрешение 50 К),

- плавающие потенциалы рабочего и опорного электродов (FPC, FW),
- температуру блока предусилителей и значение напряжения питания интегральных схем,
- два слова программы микроЭВМ - полная программа передается в восьми циклах.

Всего получается 65 кадров по 15 слов. Блок передачи начинается двумя синхрословами и информацией о режиме работы прибора, заканчивается контрольной суммой и опять двумя синхрословами. В случае восьмисекундного цикла формат блока одинаковый, но кадр содержит только четыре слова - измерение РС и истинная текущая температура Те.

5. Система микро-ЭВМ

В приборе КМ-3 выбор типа микропроцессора является компромиссом между потреблением и скоростью операций. Оптимальным решением оказался МП на технологии КМДП, именно тип IM6100 производства Intersil (США) [5]. Это двенадцатибитовый МП, команды которого полностью соответствуют мини-ЭВМ PD P-8 [6] производства Digital Equipment (США). При максимальной тактовой частоте 4 МГц и напряжении питания 5 В, IM6100 потребляет менее 20 мВт и для сложения двух двенадцатибитовых слов требуется 5 мксек. С помощью общей двунаправленной магистрали, которая переносит как команды, так и данные, к микропроцессору подключены:

- запоминающее устройство ЗУ 12x2048 бит, из которых половина принадлежит ПЗУ, в которой хранятся программа и постоянные, вторая половина составляет ОЗУ,
- регистр управления усилением при измерении РС,
- Ц/А преобразователь развертки РС,
- А/Ц преобразователь (8 бит) с переключателем на входе,
- интерфейс выхода данных в ETMS с преобразователем из параллельного в последовательный код (UART),
- интерфейс с регистром для выхода данных в ШТС,
- регистр входа информации о режиме работы КМ-3.

Все схемы построены на микросхемах с технологией КМДП за исключением передатчиков в магистраль, которые построены на маломощных МС типа ТТЛ с диодами Шоттки. Некоторый интерес представляет решение ПЗУ. Так как пока не существуют подходящие ППЗУ с низким потреблением, ПЗУ была осуществлена на микросхемах IM6518 типа ОЗУ, у которых блокируется вход записи и во время выключения прибора питание

микросхем обеспечено при напряжении 3,6 В. рьяются и потреблении даже с учетом авторазмесеца при непрерывной кой схемы является во что особенно важно при системы блокирован, о С помощью простого ус ячейку в отличие от д

Примером применения рдачи данных в телем ЕИС (2xIM6101, 1xIM64 битовый регистр, Ц/А элементов.

Одной из важнейших ния, обработки данных. Благодаря идентичности некоторые части прог ная отладка и проверка нение всей программы оказалось возможным. раммы на подпрограммы трудных режимов являе в котором передается временно 44,6 слов/с

6. Основные

Вес прибора

Габариты

Потребляемая мощность
Напряжение питания
ТМ каналы
ETMS каналы
Прибор КМ-3 вместе с ру ионосферной плазм временным разрешени при только 0,64 с),

го электродов (FPC, FW),
чение напряжения питания
программа передается в вось-
док передачи начинается
работы прибора, закан-
е синхрословами. В случае
иковый, но кадр содержит
нная текущая температура Те.

ора является компромиссом
Оптимальным решением ока-
IM6100 производства Intersil
и которого полностью со-
ства Digital Equipment
МГц и напряжении питания
ложения двух двенадцатиби-
щей двунаправленной ма-
так и данные, к микропро-
из которых половина при-
и постоянные, вторая по-
и РС,

лем на входе,
ователем из параллель-
ШТС,
КМ-3.
нологией КМДП за исключе-
строены на маломощных МС
представляет решение
ШЗУ с низким потребле-
IM6518 типа ОЗУ, у кото-
очения прибора питание

микросхем обеспечено NiCd аккумуляторами с емкостью 100 мАчас при напряжении 3,6 В. Аккумуляторы при включенном приборе подзаряжаются и потребление ЗУ в ждущем режиме меньше 1 мкА, поэтому даже с учетом авторазрядки [7] содержание ПЗУ должно храниться 2-3 месяца при непрерывном выключении прибора. Большим выигрышем такой схемы является возможность оперативного перепрограммирования, что особенно важно при настройке прибора. Вход записи для самой системы блокирован, однако, его можно "открыть" внешним сигналом. С помощью простого устройства возможно быстро переписать любую ячейку в отличие от длительной перезаписи схем ПЗУ.

Примером применения интегральных схем БИС является интерфейс передачи данных в телеметрию (рис.5). На плате имеются только три БИС (2xIM6101, 1xIM6402), два восьмибитовые регистра, один четырехбитовый регистр, Ц/А преобразователь канала КЗ и несколько радиоэлементов.

Одной из важнейших задач являлась разработка программы измерения, обработки данных на борту и их передачи в обе телеметрии. Благодаря идентичности языка IM6100 и других миниЭВМ было возможно некоторые части программы отработать на этих машинах, но окончательная отладка и проверка была проведена на собранном приборе. Размещение всей программы вместе с таблицами постоянных в IO24 слов ПЗУ оказалось возможным только последовательным делением основной программы на подпрограммы, к которым обращаются несколько раз. Одним из трудных режимов является работа в быстрых режимах (НП + НП - ТС), в котором передается 300 слов/сек в три канала РТС и при этом одновременно 44,6 слов/с в ЕТМС вместе с результатами всех вычислений.

6. Основные технические данные, заключение

Вес прибора	2850 г (электроника КМ-3) 800 г (датчик с предусилителями ДЭТ-2)
Габариты	136x136x200 мм (КМ-3) ∅ 180 x 60 мм (ДЭТ-2)
Потребляемая мощность	6 Вт
Напряжение питания	24 - 34 В пост.
ТМ каналы	12 аналог, 2 цифра
ЕТМС каналы	2 аналог.
Прибор КМ-3 вместе с датчиком ДЭТ-2 измеряет электронную температуру ионосферной плазмы в диапазоне 600-12000 К методом ВЧ зонда с временным разрешением порядка 0,1 с (в режиме ЗАП-4 из-за телеметрии только 0,64 с), разрешение по температурам порядка 15 К. Сопро-	

обладающим параметром является плавающий потенциал изолированного зонда относительно корпуса спутника. Вторым видом работы прибора является измерение распределения скоростей тепловых электронов с возможностью проверки, насколько распределение энергий отличается от максвелловского. Уже в процессе обработки полученных данных проверялась возможность получения значений электронной концентрации в начале каждого измерения РС.

Использование микропроцессора в бортовой аппаратуре проверило возможность и подтвердило важность программного управления не только измерением, но и обработкой данных и их выдачей в телеметрию. Подтверждение долгосрочной работоспособности интегральных схем КМДП и схем БИС является важным фактором при разработках будущих экспериментов.

В заключение покажем примеры результатов, получаемых в большом количестве как по каналам ЕТМС, так и, в основном, телеметрией ШТС. На рис.6 показаны графики ТН, ТР и ФЩ (канал № 10 ЕТМС) совместно с началом таблицы параметров, передаваемых каналом № II, часть которых (каждый третий блок) печатается в темпе приема. Все блоки записываются после преобразования в байтовую структуру на цифровой магнитофон в формате ЕС. На рисунке 7 показан пример обработанных данных ШТС, одно из измерений РС (виток I84) и на рисунке 8 ход электронной температуры и электронной концентрации из витка 86 по данным режима ЗАП-3. Здесь приведена сокращенная геофизическая привязка (высота Н в км, солнечное местное время и значение L-параметра). К концу августа 1979г. прибор КМ-3 вместе с другой аппаратурой спутника завершил шесть месяцев безотказной работы.

Л и т е р а т у р а

1. Smilauer J., Kubat K. Ionospheric Electron Temperature Measuring Using a Radio-Frequency Probe. Travaux de Institut geophysique de l'Academie Tchecoslovaque des Sciences, 1973, 21, 457-467.
2. Шмилауэр Я., Афонин В.В. Некоторые особенности поведения электронной температуры в субавроральных и среднеширотных областях по измерениям на спутнике "Интеркосмос-14". Сб. трудов симпозиума в Калуге, Гурбаново, 1977, 215.
3. Кубат К., Шмилауэр Я., Афонин В.В. Аппаратура для измерения температуры электронов в ионосфере методом ВЧ зонда. Доклад международного семинара "Космическое приборостроение", Фрунзе, 1976.
4. Mills T.B. Application Notes 46 - The Phase Locked Loop IC as a Communication System Building Block. National Semiconductor Corp., Santa Clara, 1971.

5. Intersil IM6100 Cupertino, 1976.
6. PDP-8/E, PDP-8/M Equipment Corp.
7. Gasdichte Nickel-Sinterelektroden

ици потенциал изолированного
Вторым видом работы прибора
оростей тепловых электронов с
определение энергий отличается
се обработки полученных дан-
ия значений электронной концен-

ортовой аппаратуре проверило
программного управления не
данных и их выдачей в телемет-
отоспособности интегральных
фактором при разработках бу-

льтатов, получаемых в большом
и, в основном, телеметрией ШТС.
ШЦ (канал № 10 ЕТМС) совместно
ваемых каналом № 11, часть ко-
я в темпе приема. Все блоки
байтовую структуру на цифро-
нке 7 показан пример обработан-
(виток 184) и на рисунке 8
онной концентрации из витка
ведена сокращенная геофизиче-
ное местное время и значение
т. прибор КМ-3 вместе с дру-
ть месяцев безотказной ра-

Electron Temperature
Probe. Travaux de Institut
lovaque des Sciences, 1973,
особенности поведения элек-
ных и среднеширотных областях
смос-14". Сб. трудов симпозиу-

Аппаратура для измерения тем-
тодом ВЧ зонда. Доклад между-
боростроение", Фрунзе, 1976.

The Phase Locked Loop IC as
lock. National Semiconductor

5. Intersil IM6100 CMOS 12 bit Microprocessor. Intersil Inc., Cupertino, 1976, 1977.
6. PDP-8/E, PDP-8/M & PDP-8/F Small Computer Handbook. Digital Equipment Corp., Maynard, 1973.
7. Gasdichte Nickel-Cadmium Akkumulatoren, Rundzellen mit Sinterelektroden, Prospekt 40396, Varta AG, Hannover.

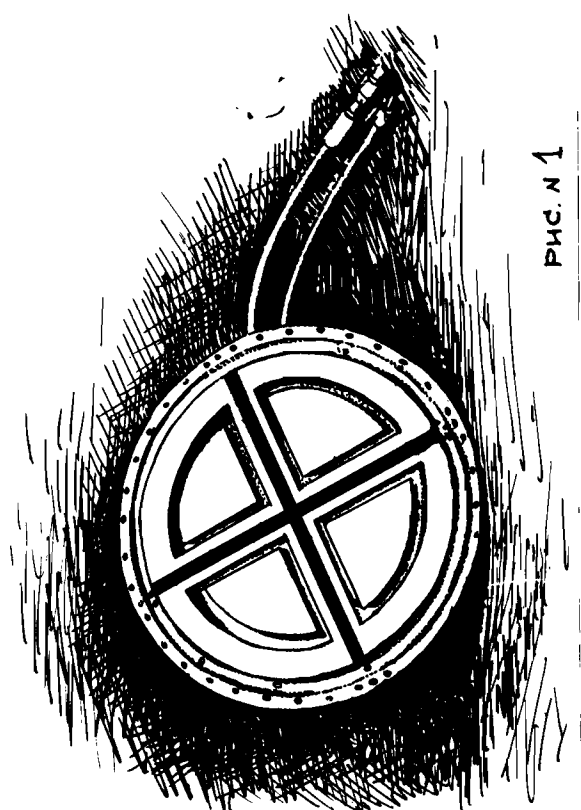


РИС. N 1

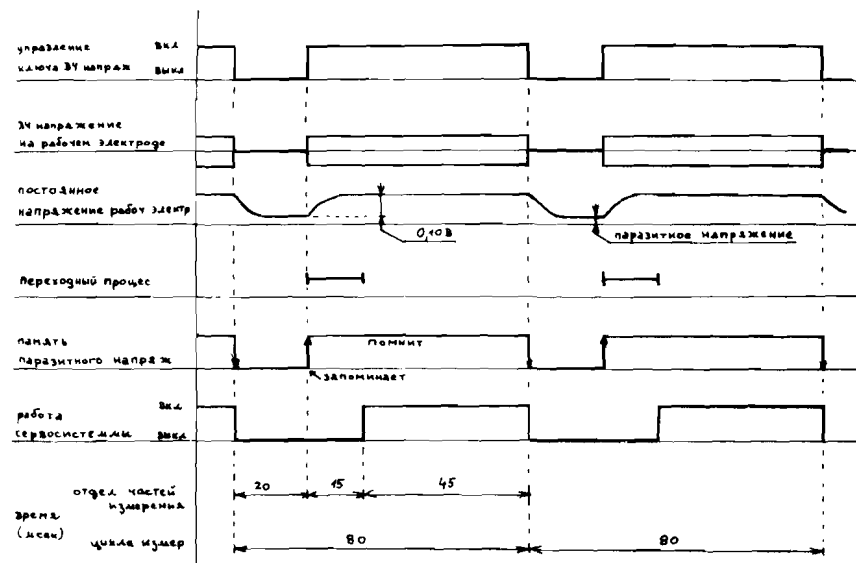


Рис. 2.

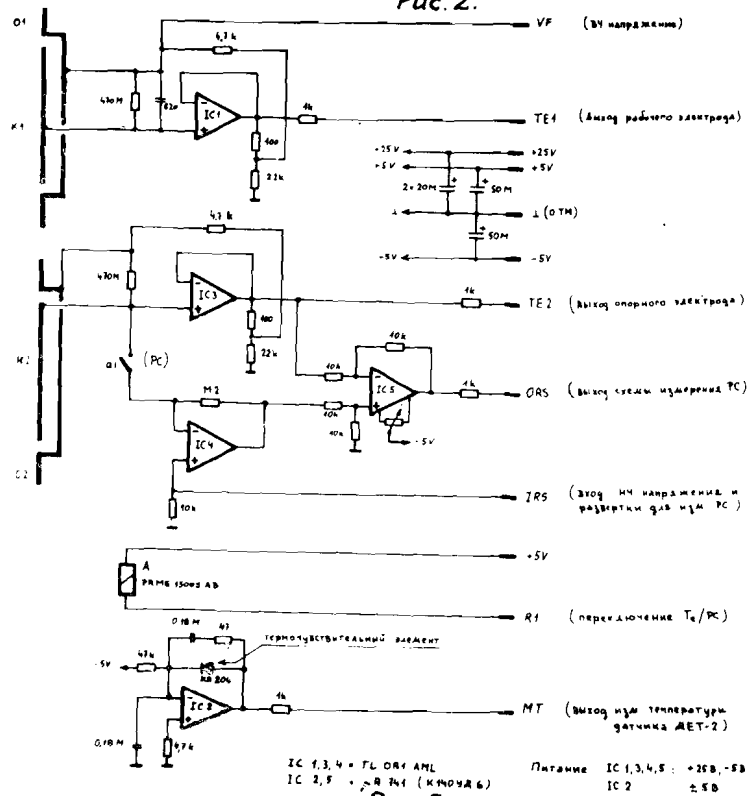
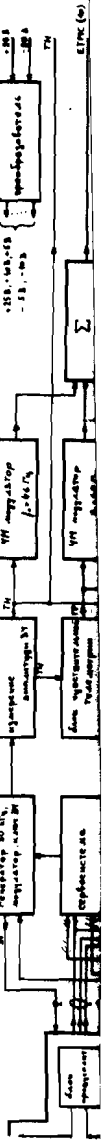


Рис. 3.



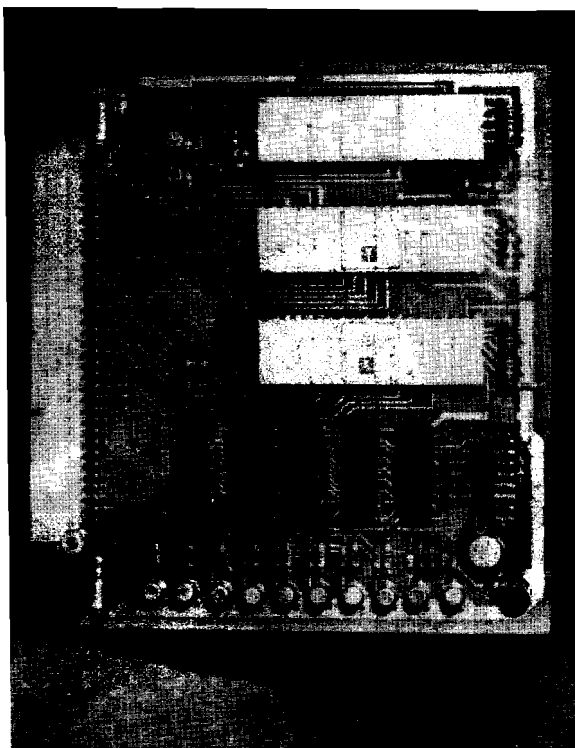
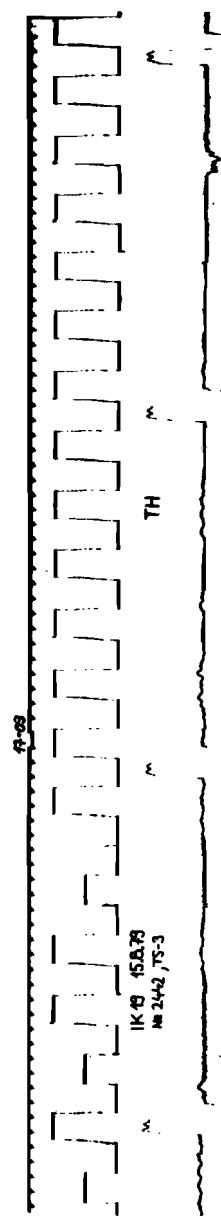
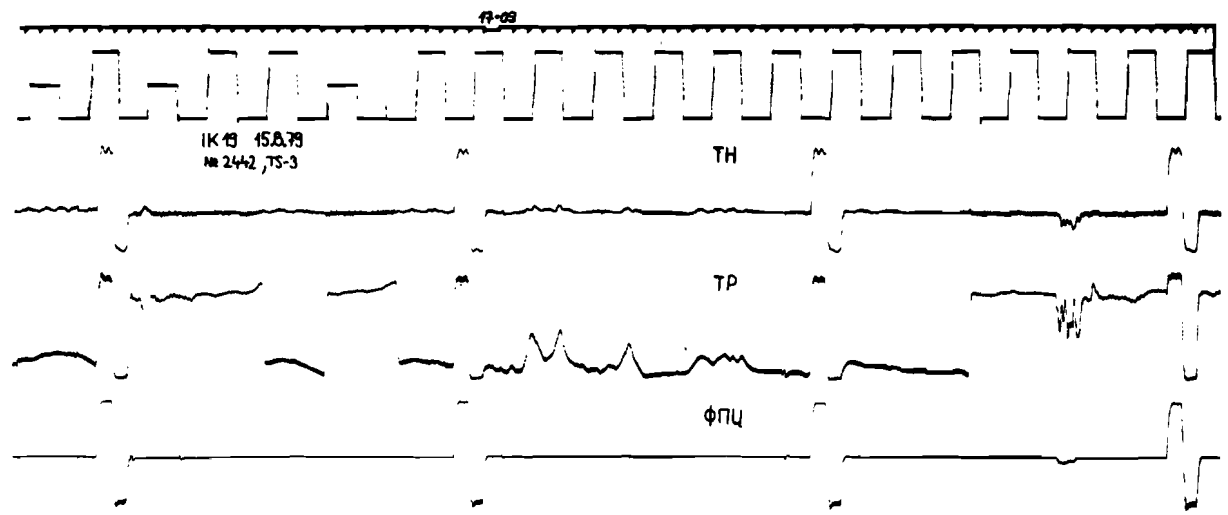
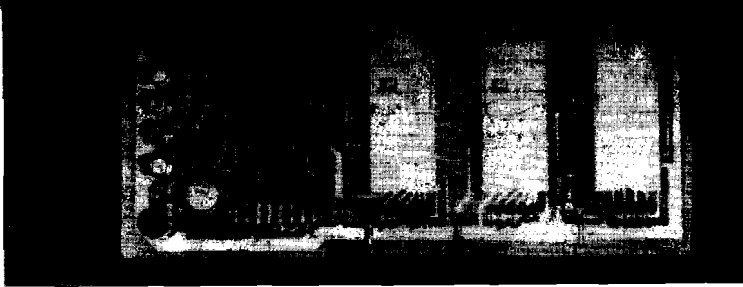


Рис. 5.



с. 5.



IK 19 15.8.79
№ 2442, 75-3

TH

TP

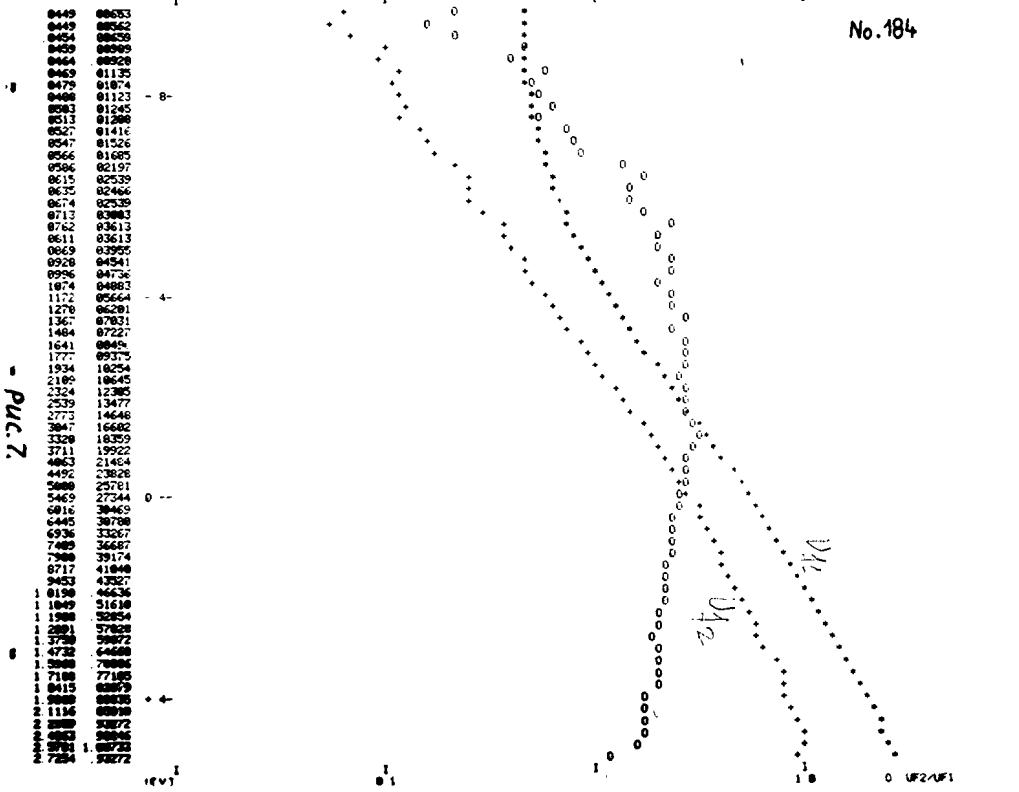
ФПЦ

UP1	AP1	UP2	A2	Ta	UL	TP	PP1	TH	FW	TU	15V
0334	0011	0327	0002	0062	0150	0346	0468	0196	0468	0229	0510 0707 0707
0310	0011	0325	0002	0063	0150	0345	0468	0201	0468	0229	0510 0000 5502
0276	0011	0266	0002	0063	0150	0345	0468	0201	0468	0229	0510 4200 0000
0246	0011	0240	0001	0063	0150	0370	0468	0201	0464	0229	0510 5505 4400
0231	0011	0234	0001	0040	0075	0403	0464	0140	0464	0229	0510 0000 5310
0205	0011	0216	0001	0034	0075	0553	0464	0126	0464	0229	0510 4400 0000
0204	0011	0317	0002	0044	0075	0393	0464	0154	0464	0229	0510 5513 4475
0356	0012	0201	0001	0044	0075	0379	0487	0154	0464	0229	0510 0000 3314
0343	0012	0321	0002	0047	0150	0199	0464	0164	0464	0229	0510 4475 0000
0320	0012	0275	0002	0062	0150	0328	0464	0196	0464	0229	0510 5521 7000
0306	0012	0254	0002	0063	0150	0370	0464	0201	0468	0229	0510 0000 5524
0245	0012	0231	0001	0075	0225	0496	0464	0229	0468	0229	0510 4876 0000
0252	0012	0232	0001	0063	0150	0370	0464	0201	0464	0229	0510 5827 7150
0235	0012	0222	0001	0063	0150	0379	0464	0201	0464	0229	0510 0000 5832
0221	0012	0206	0001	0063	0150	0345	0464	0201	0468	0229	0510 4710 0000
0221	0012	0211	0001	0062	0150	0351	0464	0201	0468	0229	0510 5838 4364
0211	0012	0342	0002	0062	0150	0379	0464	0201	0468	0229	0510 0000 5840
0203	0012	0309	0002	0063	0150	0342	0464	0201	0468	0229	0510 4300 0000
0380	0013	0210	0001	0062	0150	0318	0464	0196	0464	0229	0510 5843 4300
0343	0013	0214	0002	0060	0150	0304	0464	0192	0464	0229	0510 0000 5846
0301	0013	0242	0002	0062	0150	0323	0464	0196	0464	0229	0510 4123 0000
0340	0013	0234	0002	0062	0150	0342	0464	0196	0464	0229	0510 0001 7100

Рис. 6.

12 3 1979 9 16 50 TE= 3356 K ME= 102E+12 45 75 0 1700 7580 1A 19 KM-3,RS
10⁻³ 10⁻² 10⁻¹ 1 10
*+ UF1,UF2 10 1

No. 184



- PUCT.

0449	00653
0449	00762
0454	00800
0459	00800
0464	00820
0469	01135
0475	01874
0480	01123
0503	01245
0513	01200
0527	01416
0547	01526
0566	01685
0586	02197
0615	02539
0635	02466
0674	02539
0713	03043
0762	03613
0611	03613
0669	03995
0920	04541
0996	04736
1074	04883
1172	05664
1270	06291
1367	07031
1484	07227
1641	08456
1777	09375
1934	10254
2105	10645
2324	12385
2539	13477
2773	14646
3047	16602
3368	18359
3711	19922
4063	21464
4492	23828
5000	25781
5469	27244
6016	30469
6445	30708
6936	33207
7489	36687
7988	39174
8717	41840
9453	43827
10190	46636
11049	51610
11908	50254
12801	57820
13720	58872
14732	64660
15808	70006
17100	77185
18415	82079
19880	88035
21410	89000
22910	93872
24480	98006
26110	100722
27840	98872

