

182

1. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

1.1. Общие сведения

1.1.1. Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки частотомера электронно-счетного универсального VM0401 в соответствии с ГОСТ 8.329-78.

Периодичность поверки - два года.

1.2. Операции и средства поверки

1.2.1. При проведении поверки должны производиться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство поверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
1.6.2	Определение метрологических параметров: - пределов измерения частоты и периода синусоидальных сигналов по входам А и С	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-122 ✓	Диапазон 1 Гц - 10 МГц; Уровень 25 мВ - 1 В.	да	да
		Генератор сигналов высокочастотный Г4-164 ✓	Диапазон 10 - 600 МГц; Уровень 50 мВ - 1 В.		
		Генератор сигналов высокочастотный Г4-154 ✓	Диапазон 1 - 1,6 ГГц; Уровень 50 мкВт - 20 мВт		
		Милливольтметр высокочастотный ВЗ-62 ✓	Диапазон 10 кГц - 1,5 ГГц; Измеряемый уровень 15 мВ - 10 В.		
		Источник временных сдвигов И1-8	Диапазон 100 нс - 100 мкс; Уровень 2 В.		
1.6.3	- пределов измерения длительности интервалов времени	Осциллограф двухканальный С1-97 ✓		да	да

Продолжение таблицы 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство проверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
1.6.4	-диапазона измеряемых длительностей импульсов	Осциллограф двухканальный С1-97	Диапазон 100 нс - 1 с; Уровень 0,05 мВ	да	да
1.6.5	- относительной погрешности дискретности	Генератор сигналов высокочастотный Г4-164	Уровень 50 мВ, Частота 100 МГц	да	да
1.6.6	- относительной погрешности запуска	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-122	Уровень 1 В, Частота 10 Гц и 10 кГц.	да	да
1.6.7	- погрешность установки внутреннего кварцевого генератора	Стандарт частоты и времени СЧВ-74	Частота 5 МГц, относительная погрешность $3 \cdot 10^{-10}$	да	да
1.6.8	- работы от внешнего опорного сигнала	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-64 Генератор сигналов высокочастотный Г4-164	Погрешность измерения частоты $10^{-9}/t_{сч}$ Уровень 1 В, Частота 100 МГц	да	да

Примечания :

1. При проведении проверки разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Средства измерения, используемые для проверки, должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ПР50.2.006-94.

1.2.2. При поверке используется специальная измерительная система, состоящая из ПЭВМ типа IBM PC и базового блока, в который входит источник питания, контроллер гнезда "0", модуль рубидиевого стандарта частоты и времени VM2201 и модуль поверяемого частотомера.

1.2.3. Порядок работы с модулем в составе системы приведен в первой части Руководства по эксплуатации. В дальнейшем при проведении поверки будут указываться включаемые режимы модуля без дополнительных объяснений и ссылок.

1.3 Требования к квалификации поверителей

1.3.1 Квалификация поверителей предполагает умение их работать на персональной ЭВМ типа IBM PC и хорошее знание образцовой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

1.4 Требования безопасности при поверке

1.4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в разделе 2 первой части настоящего руководства по эксплуатации.

1.5 Условия проведения поверки и подготовка к ней

1.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды (293 ± 5) К, (20 ± 5) град. С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа, (750 ± 30) мм рт. ст.;
- напряжение питающей сети переменного тока частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц и содержанием гармоник до 5 % должно быть $(220 \pm 4,4)$ В.

Примечание : Допускается проведение поверки в условиях, реально существующих в поверочной лаборатории и отличающихся от нормальных, если они не выходят за пределы рабочих условий, установленных на модуль частотомера и КИА.

1.5.2 Перед проведением операций поверки необходимо выполнить подготовительные работы, указанные в разделах 7 и 9.2 первой части руководства по эксплуатации и проверить комплектность модуля частотомера.

1.6 Проведение поверки

1.6.1. Поверка проводится в соответствии с перечнем операций, указанных в табл. 1.1.

1.6.2. Проверку измерения частоты и периода по входу А при синусоидальном входном сигнале проводят с помощью генераторов Г3-122, Г4-164.

Сигнал с выхода генераторов подают на вход А модуля, уровень сигнала устанавливают по шкалам органов установки выходного напряжения генераторов.

Коэффициент ослабления по входу А устанавливают равным 1 (положение аттенюатора 1:1). Измерение частоты и периода проводят в точках 1 и 10 Гц, 10 кГц, 10 МГц и 100 МГц при уровне входного сигнала 0,05 В, и в точках 100 кГц и 100 МГц при уровне входного сигнала 1 В.

Измерение в точках 1 и 10 Гц производят при "открытом" входе (коммутатор связи в положении " = "), при частотах более 10 МГц положение коммутатора связи любое.

Измерения при частотах 10 МГц и более производят при входном сопротивлении 50 Ом, при более низких частотах - 1 МОм.

Проверку измерения частоты и периода при коэффициенте ослабления 1 : 10 проводят с помощью генератора Г4-154 в точке 100 кГц при уровнях сигналов 1 и 10 В.

Проверку измерения частоты и периода по входу С проводят с помощью генераторов Г4-164, Г4-78 в точках 100, 600, 1000 и 1600 МГц при уровне сигнала 0,05 и 1 В (50 мкВт и 20 мВт).

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные величины соответствуют установленным значениям частоты (периода) с учетом погрешности их установки и нестабильности.

1.6.3. Проверку диапазона измеряемых интервалов времени и погрешность измерения проводят путем измерения временной задержки между импульсами, поступающими с выходов источника временных сдвигов И1-8, синхронизированного опорным сигналом частотой 10 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM2201, используемого в качестве источника внешнего опорного сигнала частотомера.

Параметры частотомера устанавливают в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Параметр модуля	Состояние
Режим	T_{a-v} /- при положительном импульсе - _ при отрицательном импульсе
Коэффициент усреднения	1
Связь с каналами А и В	= (по постоянному току)
Ослабление	1 (1:1)
Входное сопротивление	50 Ом
Уровень запуска А и В	0,5 амплитуды импульса

Амплитуды выходных импульсов прибора И1-8 устанавливают с помощью внешних аттенюаторов и осциллографа С1-97 равными 0,05 В. Измерения проводят при временных сдвигах 100 нс, 100 мкс, 100 мс при периодах следования 10 мкс, 1 мс, 900 мс соответственно.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не отличаются от установленных значений сдвига более, чем на 10 нс.

1.6.4. Проверку диапазона измеряемых длительностей импульсов проводят с помощью генератора Г5-89.

Параметры частотомера устанавливают в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Параметр модуля	Состояние
Режим	$t_m _ _$ - при имп. полож. Полярности $t_n _ _$ - при имп. отрицат. Полярности
Коэффициент усреднения	1
Связь с каналами А	= (по постоянному току)
Ослабление	1 (1:1)
Входное сопротивление	50 Ом
Уровень запуска А и В	0,5 амплитуды импульса

Амплитуду выходных импульсов генератора устанавливают равной 0,05В. Длительность импульса устанавливают равной 100 нс, 100 мкс, 100 мс при периоде следования 10 мкс, 1 мс, 900 мс соответственно.

Контроль длительности и амплитуды импульсов осуществляется с помощью осциллографа С1-97.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения соответствуют установленным значениям длительностей импульсов с учетом погрешности их установки.

1.6.5. Проверку погрешности, обусловленной несинхронностью входного и опорного сигналов в режиме измерения частоты проводят путем измерения по входу А частоты сигнала 100 МГц с выхода генератора Г4-164, синхронизированного сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля используется сигнал частоты 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Измерения проводят на частотах 10 Гц и 100 кГц при напряжении сигнала 1 В, время счета устанавливают равным 100 мкс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не выходят за пределы значений, приведенных в табл. 1.4.

Таблица 1.4.

Время счета, мс	Результаты измерения, МГц
10	$100 \pm 0,0002$
100	$100 \pm 0,00002$

1.6.4. Проверку диапазона измеряемых длительностей импульсов проводят с помощью генератора Г5-89.

Параметры частотомера устанавливают в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Параметр модуля	Состояние
Режим	$t_m _ _$ - при имп. полож. Полярности $t_n _ _$ - при имп. отрицат. Полярности
Коэффициент усреднения	1
Связь с каналами А	= (по постоянному току)
Ослабление	1 (1:1)
Входное сопротивление	50 Ом
Уровень запуска А и В	0,5 амплитуды импульса

Амплитуду выходных импульсов генератора устанавливают равной 0,05В. Длительность импульса устанавливают равной 100 нс, 100 мкс, 100 мс при периоде следования 10 мкс, 1 мс, 900 мс соответственно.

Контроль длительности и амплитуды импульсов осуществляется с помощью осциллографа С1-97.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения соответствуют установленным значениям длительностей импульсов с учетом погрешности их установки.

1.6.5. Проверку погрешности, обусловленной несинхронностью входного и опорного сигналов в режиме измерения частоты проводят путем измерения по входу А частоты сигнала 100 МГц с выхода генератора Г4-164, синхронизированного сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля используется сигнал частоты 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Измерения проводят на частотах 10 Гц и 100 кГц при напряжении сигнала 1 В, время счета устанавливают равным 100 мкс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не выходят за пределы значений, приведенных в табл. 1.4.

Таблица 1.4.

Время счета, мс	Результаты измерения, МГц
10	$100 \pm 0,0002$
100	$100 \pm 0,00002$

1.6.6. Проверку погрешности запуска канала А проводят путем измерения частоты сигнала генератора ГЗ-122, синхронизированного опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля используется сигнала частоты 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Измерения проводят на частотах 10 Гц и 100 кГц при напряжении сигнала 1 В, время счета частотомера устанавливается равным 100 мкс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не выходят за пределы значений, приведенных в табл. 1.5.

Таблица 1.5.

Измеряемая частота	Результаты измерения
10 Гц	$10 \pm 0,01$ Гц
100 кГц	100 ± 01 кГц

1.6.7. Проверку пределов коррекции частоты внутреннего кварцевого генератора проводят путем измерения частоты выходного сигнала генератора (Выход 10 МГц) при крайних положениях корректора с помощью частотомера ЧЗ-77, синхронизированного внешним опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода стандарта частоты и времени VM 2201.

Проводят не менее 10 измерений при крайних положениях корректора и определяют среднее значение частоты по формуле:

$$f_{\text{ср1,2}} = \text{сумма } f_i / n, \quad (1)$$

где: f_i - показания частотомера при i -м измерении, Гц; n - число измерений.

$$\text{Пределы коррекции определяют по формуле: } f_{\text{кор}} = (f_{\text{ср1,2}} - f_n) / f_n, \quad (2)$$

где: $f_{\text{ср1,2}}$ - средние значения частоты генератора при крайних положениях корректора, Гц;
 f_n - номинальное значение частоты генератора, $f_n = 1 \cdot 10^7$ Гц.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если пределы коррекции не менее $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

После определения пределов коррекции корректор устанавливают в положение, соответствующее номинальному значению частоты генератора с погрешностью не более $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

1.6.8. Проверку работы модуля частотомера от внешнего источника опорного сигнала проводят в режиме измерения частоты 100 МГц сигнала с выхода генератора Г4-164, синхронизированного опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала проверяемого модуля используется сигнал частотой 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренное значение частоты равняется $100 \text{ МГц} \pm 1 \text{ ед.счета}$.

2. Оформление результатов поверки

2.1.1. Положительные результаты поверки оформляют в порядке, установленном метрологической службой, осуществляющей поверку, в соответствии с ГОСТ 8.042-83.

2.1.2. Модули, не прошедшие поверку (т.е. имеющие отрицательные результаты поверки), запрещаются к выпуску в обращение и применению.

2. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ.

Схема электрическая функциональная модуля частотомера универсального, приведенная на Рис. 2.1, содержит следующие узлы:

устройство входное	ЯНТИ.468173.021
делитель частоты	ЯНТИ.434843.022
счетный блок	ЯНТИ.467411.001

При измерении частоты и периода непрерывных синусоидальных или импульсных сигналов в диапазоне до 100 МГц измеряемый сигнал поступает на вход А, а в диапазоне 100-1600 МГц - на вход С.

Длительность импульса, его фронт и спад измеряются по входу А

При измерении интервалов времени на вход А подается старт-сигнал, а на вход В - стоп-сигнал.

Для разьема «Выход 10 МГц» и «Вход 10 МГц» предназначены соответственно для контроля сигнала внутреннего кварцевого генератора и для подключения внешнего опорного сигнала.

2.1. Устройство входное ЯНТИ.468173.021.

Входное устройство включает в себя два идентичных усилителя-формирователя каналов А и В, каждый из которых содержит коммутаторы вида связи с источником входного сигнала (по постоянному или переменному току, т.е. открытый или закрытый вход), входного импеданса (50 Ом или 1 МОм) и коэффициента ослабления (1:1 или 1:10).

Коммутаторы управляются программно, в качестве исполнительных элементов применяются электромагнитные реле К1, К2, К3 и К4, К5, К6.

Защита каналов от перегрузки обеспечивается с помощью ограничителей VD1...VD6 и VD7...VD12, которые обеспечивают двустороннее ограничение сигнала на уровне $\pm 3,1$ В.

Высокоомный входной импеданс каналов обеспечивается благодаря применению предварительных усилителей на полевых транзисторах VT1 и VT2 и биполярных буферов D3 и D8 со схемой автоматической регулировки усиления, обеспечивающей коэффициенты передачи порядка 1.

В качестве формирующих устройств используются компараторы напряжения D4, D5 и D9, D10 типа 597CA1A. На вторые входы компараторов подается постоянное напряжение, равное установленным уровням запуска каналов, которое формируется с помощью цифроаналоговых преобразователей (ЦАП), расположенных в счетном блоке модуля. Выходные сигналы компараторов с уровнями ЭСЛ, нормированные по длительности фронта и спада, поступают для дальнейшей обработки по установленному алгоритму в счетный блок.

С целью ослабления взаимовлияния каналов питание предварительных усилителей осуществляется через отдельные стабилизаторы напряжения ± 15 В (D...и D...).

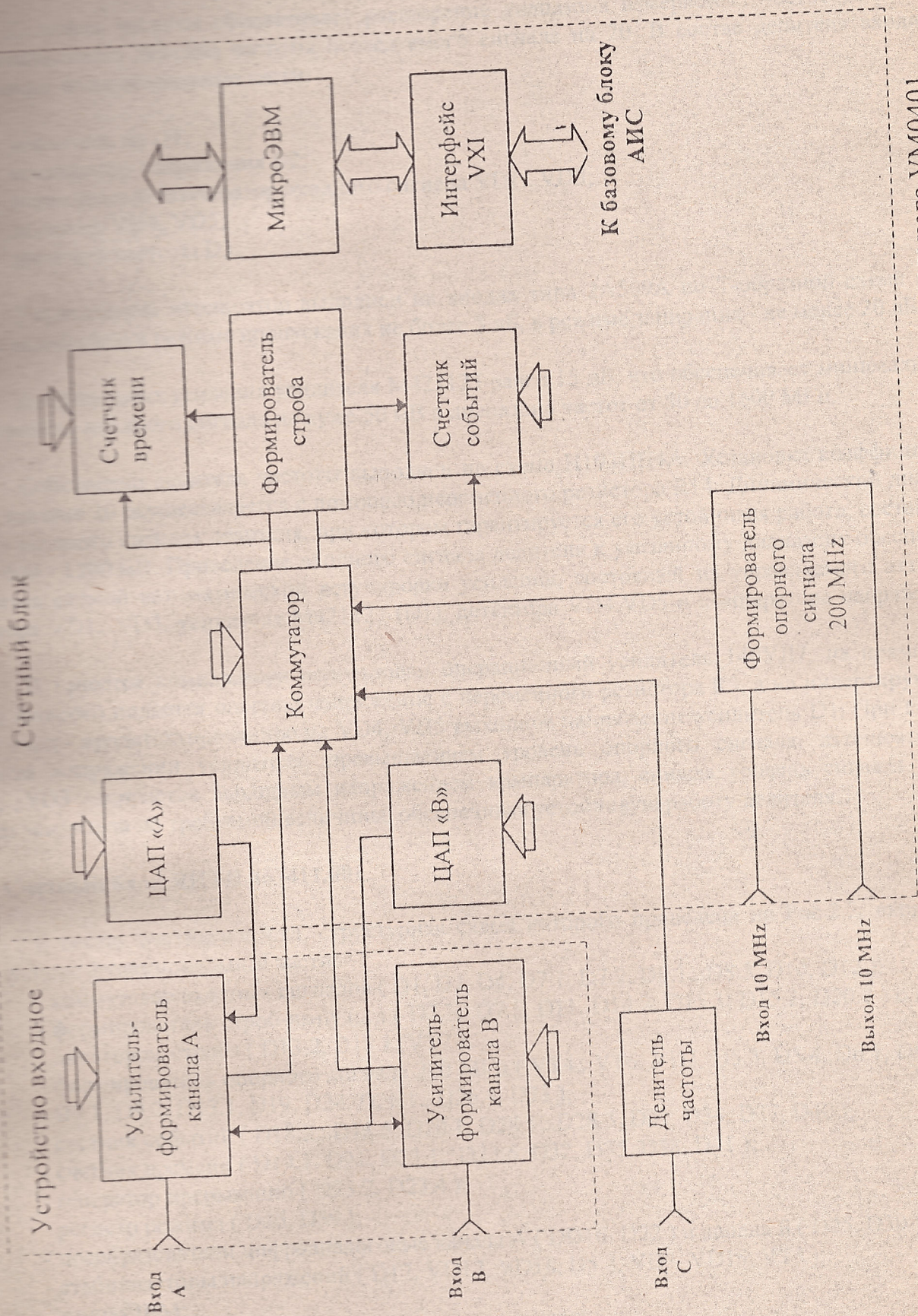


Рисунок 2.1. Структурная схема частотомера электронно-счетного универсального VM0401

2.2. Делитель частоты ЯНТИ.434843.022.

Делитель частоты обеспечивает расширение диапазона измеряемых частот за счет десятикратного деления частоты исследуемого сигнала на 20. В состав делителя входят следующие функциональные части:

усилитель на D1;
компаратор напряжения D2;
управляемый аттенуатор входного сигнала VD1...VD3;
детектор VD4, VD5;
делитель частоты D3.

Управляемый аттенуатор выполнен на диодах типа 2A509A по Т-образной схеме и имеет ослабление в режиме пропускания не более 3 дБ, в режиме запираания - не менее 20 дБ.

Коэффициент усиления усилителя M421123 равен 15 дБ, что обеспечивает минимальный уровень входного сигнала не хуже 50 мВ в диапазоне частот от 50 до 1600 МГц.

Собственно делитель частоты выполнен на схеме H193ПЦ4А. Установка коэффициента деления 20 осуществляется с помощью переменного резистора R14. Динамический диапазон входного сигнала делителя, при котором гарантируется его устойчивая работа, составляет 600 - 1200 мВ. Приведение входного сигнала делителя к указанному диапазону обеспечивается схемой автоматической регулировки усиления, состоящей из управляемого аттенуатора VD1...VD3, усилителя M421123 (D1), детектора VD4, VD5 и компаратора напряжения.

В качестве компаратора использован операционный усилитель 140УД7, на прямой вход которого подается опорное напряжение с переменного резистора R3, а на инвертирующий вход - продетектированное на VD4, VD5 выходное напряжение усилителя D1. При выходном напряжении усилителя, превышающем уровень опорного сигнала, аттенуатор VD1...VD3 запирается выходным напряжением компаратора, снижая уровень сигнала на входе усилителя до требуемой величины, обеспечивая устойчивую работу делителя.

2.3. Счетный блок ЯНТИ.467411.001.

В состав счетного блока, структурная схема которого приведена на Рис.2.2, входят следующие функциональные части:

- коммутатор входных сигналов (D1, D2, D4, D7.1, D7.2, D8.1...D8.3, D10, D12);
- формирователь строб-импульса (D7.3...D7.5, D11, D14.2, D15.1, D15.2, D20.2) с индикатором строба (D13.2, D18.1, VT7);
- формирователь опорного сигнала 200 МГц (VT4...VT6, VD3, D5.3, D5.4, D6.1, D6.2, D9.1, D9.2, D13.1, D19, D24, D26.1...D26.4, D33);
- счетчик событий (D18.2...D18.5, D20.1, D28.1...D28.3, D31, D34, D37, D40);
- счетчик времени (D14.1, D21, D23.1...D23.6, D32, D35, D38, D41);
- генератор прерываний (D23.2, D23.4);
- регистр режима (D36, D39);
- преобразователи цифроаналоговые канала А (DD16, D22) и канала Б (D25, D30);
- стабилизаторы напряжений (D17, VD17, VD18, D5.2, VD3, VD15, VT3);
- микроЭВМ;
- интерфейс связи с контроллером модульной АИС.

Коммутатор входных сигналов содержит собственно коммутатор и часть схемы определения логического напряжения входного сигнала (D1.2, D2.1 и D4.1). Управление коммутатором осуществляется сигналами с регистра D36. На коммутатор поступают сигналы:

- F_{a1} и F_{a2} - с выходов компаратора канала А,
- F_b - с выхода компаратора канала В,
- $F_c/20$ - с делителя частоты,
- $F_{20} = 10 \text{ МГц}$ - с формирователя опорного сигнала 200 МГц.

В зависимости от установленного режима работы сигналы с коммутатора поступают на формирователь строб-импульса и на счетчики событий и времени. Возможны следующие режимы работы счетного блока:

- измерение частоты или периода по входу А (F_a или T_a);
- измерение уровня (двойной размах) сигнала по входу А (U_{app});
- измерение длительности импульса по входу А (t_{ia});
- измерение интервала времени между сигналами, поступающими на входы А и В (t_{a-b});
- измерение длительности фронта или среза импульсного сигнала по входу А (t_{0-1} или t_{1-0});
- измерение частоты сигнала по входу С (F_c);
- режим самоконтроля.

В режиме измерения частоты и периода по входу А (F_a и T_a) основные исполнительные элементы блока устанавливаются в следующие состояния:

- триггер D11.1/11 - лог.0 (сброс по входу R),
- триггер D11.2/8 - лог.0,
- триггер D20.2/4 - лог.0,
- триггер D14.2/8 - лог.1 (установлен по входу S),
- первый элемент "И" микросхемы D12 заперт по входу D12 / 13,
- третий элемент "И" D12 заперт по входу D12 / 20.

Цикл измерения начинается сигналом СБРОС, формируемым регистром режима D36, который через D8.4 устанавливает блок в исходное состояние.

Сигнал F_{a1} поступает через D1.1 на схему D2.3 выбора рабочего фронта сигнала, которая управляется сигналом с регистра D36 и в зависимости от режима измерения выдает прямой или инвертируемый сигнал F_a . С D2.3/9 через D7.1 и D7.2 сигнал поступает на коммутаторы D12/12 и D10/23.

Элемент D12/12 заперт сигналом с D8.3/8 и сигнал F_a через открытый коммутатор D10 поступает на входы D12/15 и D12/22. С выхода D12/11 сигнал F_a опрокидывает триггер D11.2 и через открытый элемент D7.5 поступает на счетчик событий.

Триггер D20.2 под действием лог.0 с выхода D11.1/11 сохраняет исходное состояние.

Сигнал с триггера D11.2/9 одновременно с открытием селектора D7.5 подготавливает по входу D триггер D14.2 к срабатыванию, и первая после срабатывания триггера D11.2 метка опорной частоты 200 МГц с D5.4/3 опрокидывает триггер D14.2, через открывшийся селектор D15.2 метки опорного сигнала 200 МГц поступают на счетчик времени.

По завершении процесса счета (т.е. по истечении установленного времени счета) сигнал с таймера D40/17 опрокидывает триггер D11.1, подготавливающий к срабатыванию по входам D триггеры D11.2 и D20.2. Первый после этого рабочий перепад сигнала F_{a1} опрокидывает триггеры, запирая селектор D7.5 и подготавливая к срабатыванию триггер D14.2. Первая после этого метка опорного сигнала 200 МГц с D5.4/3 опрокидывает триггер D14.2 и запирает селектор D15.2, заканчивая цикл измерения.