

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Делитель	2.727.060	1	
Зажим	6.625.012 Сп	3	
Кабель № 1	4.850.377	1	
Кабель № 2	4.850.374	1	
Кабель № 3	4.850.378	2	
Кабель № 4	4.850.376	2	
Шнур сетевой	4.860.015	1	
Каркас	7.804.053	1	
Переход	2.236.023	1	
Переход коаксиальный Э2-28	2.754.563 Сп	1	
Провод соединительный	4.860.016	1	
Светофильтр	5.946.001	1	
Тройник СР-50-95ФВ	3.640.095	1	
Тубус	8.647.000	1	
Шуп	4.266.002	1	
Укладки:			
Чехол	4.166.045	1	
Ящик укладочный	4.161.105	1	

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОСЦИЛЛОГРАФА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

5.1. Принцип действия

Структурная схема осциллографа (рис. 2) содержит:

- осциллографический индикатор — ЭЛТ;
- канал вертикального отклонения, включающий:
 - входной аттенюатор;
 - предусилитель;
 - линию задержки;
 - выходной усилитель;
 - предусилитель синхронизации;
- канал горизонтального отклонения, включающий:
 - схему синхронизации;
 - блок развертки;
 - усилитель горизонтального отклонения;

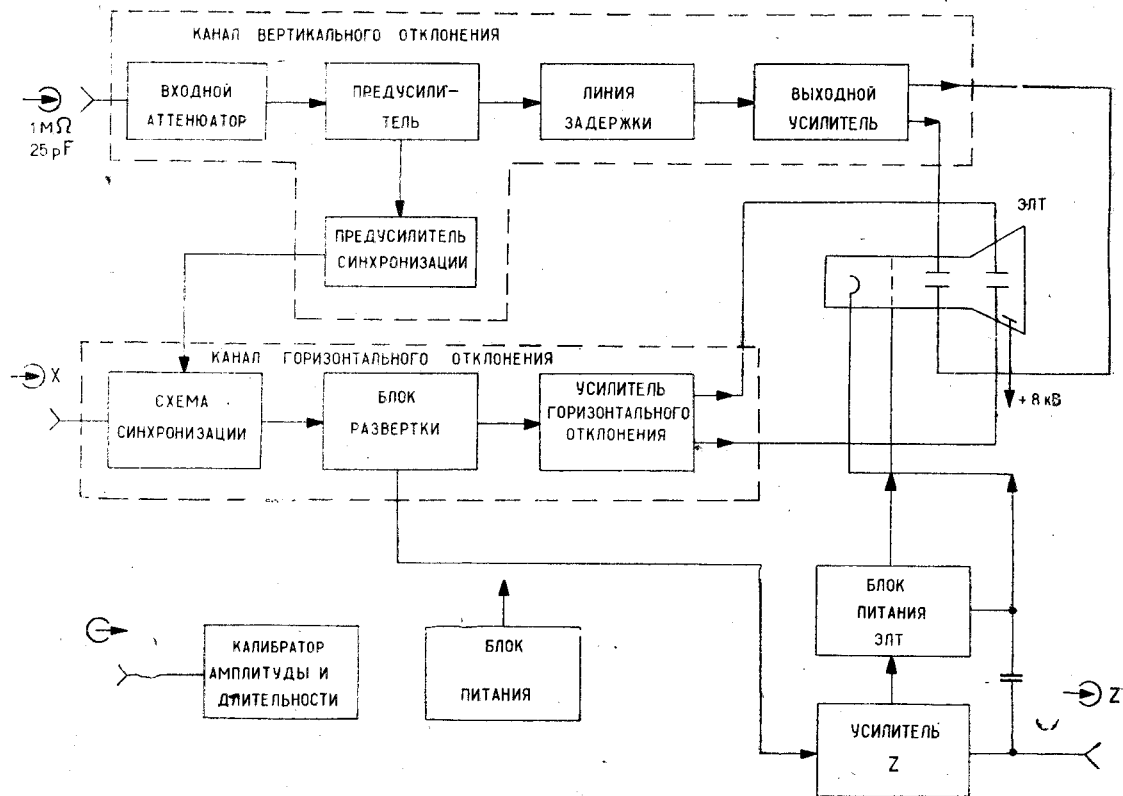


Рис. 2. Структурная схема осциллографа универсального С1-65А

- усилитель Z (усилитель подсвета);
- калибратор амплитуды и длительности;
- блок питания.

Электронно-лучевая трубка служит для визуального наблюдения формы исследуемых электрических сигналов.

Исследуемые сигналы подаются на вход $У$. При помощи входного аттенуатора выбирают значение сигнала, удобное для исследования на экране ЭЛТ. Исследуемый сигнал усиливается предусилителем вертикального отклонения.

В тракте усилителя вертикального отклонения включена симметричная линия задержки, которая задерживает исследуемый сигнал на время, компенсирующее задержку сигнала в схеме синхронизации, блоке развертки и схеме подсвета, что позволяет наблюдать фронты коротких импульсов.

Выходной усилитель вертикального отклонения усиливает исследуемый сигнал до значения, удобного для исследования на экране ЭЛТ. С выхода канала вертикального отклонения исследуемый сигнал подается на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Блок развертки вырабатывает пилообразное напряжение для осуществления временной развертки луча ЭЛТ. Пилообразное напряжение усиливается до необходимого размера усилителем горизонтального отклонения и поступает на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ. В схеме усилителя горизонтального отклонения предусмотрено умножение скорости развертки в 10 раз. Блок развертки может работать в ждущем и автоколебательном режимах и имеет однократный запуск.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ через усилитель горизонтального отклонения. При этом внешний сигнал подается на вход X .

С выхода усилителя Z (усилитель подсвета) снимаются импульсы для подсвета прямого хода развертки и гашения обратного хода. Эти импульсы через блок питания ЭЛТ управляют работой ЭЛТ.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на вход усилителя Z для получения яркостных меток времени.

Схема синхронизации служит для получения неподвижного изображения на экране ЭЛТ. В схеме синхронизации осуществляется выбор источника синхронизации (внутреннего, внешнего, от сети), вида связи с источником синхронизации (постоянной, переменной), полярности синхронизации.

Для проверки чувствительности канала вертикального отклонения и проверки калибровки длительности развертки служит калибратор амплитуды и длительности. С помощью калибратора осуществляется также компенсация выносного делителя.

5.2. Схема электрическая принципиальная

5.2.1. Блок питания

Блок питания обеспечивает питающими напряжениями схему осциллографа при включении его в сеть переменного тока 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц, 220 ± 11 В и $115 \pm 5,75$ В частотой $400 \begin{smallmatrix} +28 \\ -12 \end{smallmatrix}$ Гц.

Электрические данные блока питания сведены в табл. 2.

Таблица 2

Номинальное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Коэффициент стабилизации	Напряжение пульсации, В	Примечание
+10 ± 0,1	0,50000	1000	0,002	Источник под потенциалом минус 1,967 кВ
-10 ± 0,1	0,50000	1000	0,002	
+80 ± 1	0,18000	1000	0,008	
+150 ± 5	0,09000	2	3,500	
8000 $\begin{smallmatrix} +400 \\ -800 \end{smallmatrix}$	0,00008	20	30,000	
-1967 ± 100	0,00070	20	0,800	
2020 ± 140	0,00010	20	0,500	
~ 6,3 ± 0,63	0,35000	—	—	
~ 7,3 ± 0,73	0,25000	—	—	
± 26 ± 2,6	0,6	—	—	

Выпрямитель стабилизатора +10 В выполнен по двухполупериодной схеме со средней точкой на диодах ДЗ, Д4 (У8).

5.2.2. Блок питания ЭЛТ (высоковольтный преобразователь)

Высоковольтный преобразователь (У9) содержит источники постоянных стабилизированных напряжений минус 1,967; 2,02; 8,0 кВ. Питание преобразователя осуществляется напряжением минус 26 В.

Генератор высоковольтного преобразователя, собранный на транзисторе Т2 (У9), вырабатывает гармонический сигнал частотой 30 ± 5 кГц. Транзистор Т2 (У9) является активным элементом генератора. На входе высоковольтного преобразователя установлен стабилизатор напряжения. Функцию регулирования осуществляет составной транзистор Т1 (У9) и Т2 (У9—1). В эмиттере усилителя обратной связи, выполненном на транзисторе Т3 (У9—1), установлен источник опорного напряжения — стабилитрон Д2 (У9—1). Коллекторное напряжение транзистора Т3 (У9—1) стабилизировано с помощью полупроводникового стабилизатора (транзистор Т1 (У9—1), стабилитрон Д1 (У9—1), резистор R1 (У9—1)).

С целью стабилизации по току источник напряжения минус 1,967 кВ охвачен обратной связью R2 — R5 (У9—4), С4 (У9—4), R4 — R6 (У9—1).

Регулировка выходного напряжения канала минус 1,967 кВ осуществляется резистором R5 (У9—1).

Стабилизация напряжений +8,0 и $\pm 2,02$ кВ происходит только при изменении входного напряжения питания +26 В.

Регулировка напряжения канала $\pm 2,02$ кВ осуществляется потенциометром R (У9), ПОДСТРОЙКА ЯРКОСТИ.

Выпрямитель $\pm 2,02$ кВ выполнен на диоде Д (У9—2) по однополупериодной схеме. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсаторами С1, С2 (У9—2), а затем RC-фильтром — R2, R3, С3, С4 (У9—2).

Выпрямитель +8,0 кВ выполнен по однополупериодной схеме выпрямления с уятерением напряжения (диоды Д1—Д5 (У9—3) и конденсаторы С1—С5 (У9—3). RC-фильтр выпрямителя +8,0 кВ содержит R, С6, С7 (У9—3).

Выпрямитель минус 1,967 кВ выполнен на диоде Д (У9—4) по однополупериодной схеме. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсатором С1, а затем RC-фильтром R1, С2, С3 (У9—4).

5.2.3. Канал вертикального отклонения

Исследуемые сигналы, поступающие на гнездо Ш1, усиливаются и подаются на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ. Канал вертикального отклонения включает в себя входную цепь, входной attenuator, предусилитель вертикального отклонения (У1), линию задержки, выходной усилитель (У2) и предусилитель синхронизации (У1).

а) входная цепь (корпус)

Исследуемые сигналы подаются на входное гнездо Ш1. Когда переключатель входной связи В1 $\approx \perp \sim$ установлен в положение \approx (открытый вход, контакт 3), входной сигнал поступает непосредственно на вход усилителя У.

В положении \sim (закрытый вход, контакт 1) входной сигнал проходит через конденсатор С1. Этот конденсатор препятствует прохождению постоянной составляющей сигнала на вход усилителя.

В положении \perp (контакт 2) входная цепь усилителя У заземляется, а последовательно к конденсатору С1 подключается резистор R1. Это дает возможность получить потенциал земли без снятия входного сигнала с входного гнезда Ш1. Подключение резистора R1 позволяет предварительно заряжать конденсатор С1 в положении \perp , поэтому луч остается на экране при переключении в положение \sim в случае, если входной сигнал имеет высокий уровень постоянной составляющей. Цепочки С2, R2 и С3, R3 являются антипаразитными.

б) входной attenuator

Входные attenuators (корпус) с коэффициентами деления 1 : 10 и 1 : 100 представляют собой частотно-компенсированные делители напряжения. Для сигналов низких частот и постоянного тока — это активные делители напряжения, так как реактивное сопротивление конденсаторов на низких частотах настолько велико, что его влиянием можно пренебречь. Но на высоких частотах реактивное сопротивление конденсаторов уменьшается и attenuators становятся емкостными делителями напряжения. Кроме обеспечения постоянного затухания на всех частотах в пределах полосы пропускания, входные attenuators дают возможность получить одинаковое значение входного сопротивления 1 МОм и входной емкости 25 пФ во всех положениях переключателя В2 В/ДЕЛ.

Переменные конденсаторы С6 и С10 позволяют производить компенсацию аттенуаторов во всей полосе частот, а С4 и С8 обеспечивают установку постоянной входной емкости во всех положениях переключателя В2 В/ДЕЛ. Во избежание наводок входной аттенуатор помещен в металлический экран.

Предусилитель вертикального отклонения (У1)

В предусилителе вертикального отклонения осуществляется регулировка усиления усилителя У, центровка и вертикальное перемещение изображения на экране ЭЛТ. Кроме того, с выхода одного из его каскадов снимается сигнал для внутреннего запуска схемы развертки.

Входной истоковый повторитель, собранный на полевом транзисторе Т14, обеспечивает большое входное сопротивление, малую входную емкость и небольшое выходное сопротивление.

Резистор R1 служит для ограничения тока затвора полевого транзистора Т14. Защита этого транзистора от перегрузок осуществляется с помощью диодов Д1 — Д4.

Транзистор Т1 обеспечивает малое сопротивление постоянному току и большое дифференциальное сопротивление нагрузки истокового повторителя. Потенциометр R4 БАЛАНС устанавливает нулевой потенциал на эмиттере транзистора Т2 при отсутствии сигнала. При нулевом потенциале на эмиттере Т2 положение линии развертки на экране ЭЛТ не будет изменяться при переключении переключателя В2 В/ДЕЛ.

Истоковый аттенуатор с коэффициентом деления 1:5 представляет собой соединение следующих элементов: R12, R13, R14, С13 (корпус), R11, R12, R75 и Д7 (У1). Он уменьшает в 5 раз сигнал на выходе истокового повторителя в положениях 0,1 (контакт 5); 1 (контакт 8) и 10 (контакт 11) переключателя В2-4 В/ДЕЛ. Затухание во входном истоковом аттенуаторе совместно с необходимым усилением усилителя с обратной связью определяет нужный коэффициент отклонения в этих положениях переключателя В2 В/ДЕЛ. Конденсаторы С6, С7 обеспечивают высокочастотную коррекцию. С помощью переменного резистора R11 устанавливается такой же базовый потенциал транзистора Т2 в положениях 0,1 (контакт 5); 1 (контакт 8) и 10 (контакт 11) переключателя В2-4 В/ДЕЛ., как и в других его положениях.

Усилитель с обратной связью на транзисторах Т2, Т3 и Т4 изменяет общее усиление предварительного усилителя при

переключении переключателя В2 V/ДЕЛ., обеспечивая необходимый коэффициент отклонения. Усиление этого каскада определяется выражением

$$K \approx \frac{R_{26} + R_{эт2}}{R_{эт2}} \cdot 0,9, \quad (1)$$

где $R_{эт2}$ — сопротивление в цепи эмиттера транзистора Т2.

В положении 0,005 (контакт 1), 0,01 (контакт 2), 0,02 (контакт 3), 0,05 (контакт 4), 0,2 (контакт 6), 0,5 (контакт 7), 2 (контакт 9) и 5 (контакт 10) переключателя В2 V/ДЕЛ. сигнал с истокового повторителя подается на базу транзистора Т2. В положении 0,005 переключателя В2-5 (контакт 1) к цепи эмиттера транзистора Т2 подсоединяется цепочка R16 (корпус), R22, C13, C14, C15, L4, L11. В этом положении коэффициент усиления усилителя с обратной связью равен примерно 9. Переменные конденсаторы C13, C15 и переменный резистор R22 обеспечивают высокочастотную коррекцию этой цепи.

В положении 0,01 (контакт 2) переключателя В2-5 V/ДЕЛ. к эмиттеру Т2 подключается цепочка R17 (корпус), R23, L5, C16, C17, C18. В этом случае усиление усилителя с обратной связью составит примерно 4,5. Цепочки, содержащие C16, C18, R23, обеспечивают высокочастотную коррекцию этой цепи.

В положении 0,02 (контакт 3), 0,1 (контакт 5), 0,2 (контакт 6), 1,0 (контакт 8), 2,0 (контакт 9), 10,0 (контакт 11) переключателя В2-5 V/ДЕЛ. к эмиттеру Т2 подключается резистор R18 (корпус). Усиление усилителя с обратной связью составит примерно 2,25. В положении 0,05 (контакт 4), 0,5 (контакт 7), 5,0 (контакт 10) переключателя В2-5 V/ДЕЛ. эмиттерная цепь отключена. Сопротивление $R_{эт2}$ в формуле (1) имеет бесконечное значение и усиление усилителя с обратной связью примерно равно 0,9. В этих положениях в цепь между коллектором и эмиттером Т2 подключается цепочка R27, C21, C22, что обеспечивает затухание высокой частоты. Это дает возможность получить оптимальную частотную характеристику коэффициента передачи.

В остальных положениях переключателя В2 V/ДЕЛ. входной сигнал ослабляется входным или истоковым аттенюатором или обоими вместе, а также усиливается усилителем с

ного сигнала обеспечивает постоянный сигнал на выходе усилителя с обратной связью. Вертикальное перемещение линии развертки осуществляется ручкой \updownarrow (переменным рези-

стором R15 (корпус). При вращении ручки \updownarrow изменяется напряжение базы транзистора T3, что в свою очередь приводит к изменению тока транзистора T3. При этом ток транзистора T2 не изменится: Следовательно, весь избыточный ток пройдет через резисторы R26, R32 и вызовет изменение постоянного напряжения на выходе усилителя с обратной связью, которое изменяет вертикальное положение линии развертки. Резистор R17 устанавливает нулевой потенциал на коллекторе транзистора T4. Стабилитрон Д9 обеспечивает неизменное напряжение эмиттера транзистора T4. Переменный резистор R28 обеспечивает оптимальную частотную характеристику, а индуктивность L8 — постоянное смещение транзистора T4.

Делитель напряжения R19, R20 ПЛАВНО и R21 (корпус) используется для плавной регулировки коэффициента отклонения вертикального усилителя. Резисторы этого делителя создают постоянную нагрузку для транзистора T4 при вращении ручки ПЛАВНО (резистор R20 (корпус)). При калиброванной чувствительности осциллографа движок резистора R20 перемещен до упора по часовой стрелке, т. е. R20 установлен на максимальное сопротивление. Следовательно, на базу транзистора T10 поступает максимальный сигнал. При перемещении ручки ПЛАВНО против часовой стрелки уменьшается сигнал, подаваемый на базу T10. При этом чувствительность осциллографа будет некалиброванной.

На транзисторах T10 и T11 собран фазоинверсный каскад с эмиттерной связью. Переменный резистор R23 (корпус) ∇ , изменяя сопротивление между эмиттерами, регулирует общее усиление усилителя вертикального отклонения. При помощи этого резистора производят калибровку усилителя Y.

С выхода фазоинверсного каскада двухтактный сигнал поступает на предоконечный каскад, нагруженный на линию задержки. Этот каскад выполнен на транзисторах T12, T13 с параллельной обратной связью по напряжению, которую обеспечивают резисторы R64 — R66, R69. Шунтированием об-

ратной связи цепочками R67, R68, C39; R72, C41; R73, C43 осуществляется высокочастотная коррекция.


С выхода этого каскада сигнал поступает через линию задержки на выходной усилитель.

в) линия задержки

Линия задержки обеспечивает запаздывание сигнала усилителя вертикального отклонения приблизительно на 140 нс относительно начала развертки. Это позволяет блоку развертки запускаться до поступления сигнала на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ осциллографа, что дает возможность исследовать фронт сигнала при внутреннем запуске.

г) выходной усилитель (У2)

Каскады с общей базой на транзисторах T1, T2 обеспечивают малый входной импеданс, который согласован с линией задержки. Основная часть нагрузочного сопротивления создается цепочками R1, C5**; R2, C6**. Симметричный каскад на транзисторах T3, T4 усиливает исследуемый сигнал, поступающий с выхода транзисторов T1, T2. Цепочками R9*, C9; R10*, C10; R16, C13**, C14; C11** и C12, R11, R24 осуществляется высокочастотная коррекция этого каскада. Переменный резистор R7 служит для центровки линии развертки при установке нулевых потенциалов на эмиттере транзистора T2 (У1) и коллекторе транзистора T4 (КТ2) (У1), при

этом ручка  R15 (корпус) должна находиться в среднем положении. С целью получения максимальной ширины полосы пропускания оконечный каскад выходного усилителя на транзисторах T5, T6, T7, T8 и T1, T2 (корпус) выполнен по каскодной схеме. При помощи конденсаторов C17, C18, C19, C20 осуществляется высокочастотная коррекция каскада. Нагрузочные сопротивления R1, R2, R4, R5 транзисторов T1, T2 (корпус) и конденсатор развязки C расположены на плате У3.

Напряжение с выхода транзисторов T1, T2 (корпус) подается на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

д) предусилитель синхронизации (У1)

Предусилитель синхронизации предназначен для усиления внутренних сигналов синхронизации до уровня, необходимого для управления работой блока развертки, а также для со-

гласования выходного уровня сигнала канала вертикального отклонения с нулевым входным уровнем схемы синхронизации. На входной каскад предусилителя синхронизации, собранного на транзисторе Т6, сигнал подается с эмиттерного повторителя усилителя вертикального отклонения (транзистор Т5). С помощью резистора R29 на выходе предусилителя синхронизации устанавливается нулевой потенциал.

Сигнал, поступающий на вход предусилителя синхронизации, усиливается транзисторами Т6 и Т7. Диод Д11 в цепи эмиттера транзистора Т6 служит для температурной компенсации усилителя. Усиленный сигнал с коллектора транзистора Т7 поступает на базу транзистора Т8 и через диод Д12 и емкость С30 на базу транзистора Т9. Этот стабилитрон обеспечивает согласование каскадов по постоянному уровню. Уровень напряжения на базе транзистора Т9 приблизительно равен минус 0,3 В, и падение напряжения на промежутке база-эмиттер приводит к тому, что выходной сигнал сохраняет нулевой уровень постоянной составляющей входного сигнала. Резистор R46, включенный между эмиттером транзистора Т9 и базой транзистора Т7, обеспечивает стабилизирующую обратную связь.

Транзисторы Т8 и Т9 включены по схеме эмиттерных повторителей. Такое включение транзисторов обеспечивает одинаковую передачу отрицательных и положительных импульсов. Транзистор Т8 типа п-р-п передает положительные сигналы, транзистор Т9 типа р-п-р передает отрицательные сигналы.

Общий коэффициент усиления предусилителя синхронизации около 10. Усиленный сигнал внутренней синхронизации подается на переключатель выбора вида синхронизации В3 (контакт 1).

5.2.4. Канал горизонтального отклонения

а) схема синхронизации (У4)

Схема синхронизации состоит из входного истокового повторителя на транзисторах Т27, Т28, компаратора полярности (Т1, Т2), мультивибратора на туннельном диоде Д11, усилителя импульса синхронизации Т3, Т4, Т30, ждущего мультивибратора Т5 — Т7.

Источник синхронизации выбирается при помощи переключателя В3. Синхронизирующий сигнал можно получить от одного из трех источников: внутреннего, внешнего или от сети.

Кроме того, сигнал от внешнего источника может быть ослаблен в 10 раз.

Внутренний синхронизирующий сигнал поступает через переключатель ВЗ-а (контакт 2) на вход синхронизации с выхода предусилителя синхронизации. Вход последнего подключен к схеме усилителя вертикального отклонения.

Внешние синхронизирующие сигналы, подаваемые на разъем внешнего входа схемы синхронизации, могут использоваться для синхронизации в положениях 1:1 и 1:10 переключателя ВЗ-б (контакты 9, 10).

В положении переключателя ВЗ-а (контакт 3) СЕТЬ на входной истоковый повторитель схемы синхронизации поступает сигнал с частотой сети и амплитудой 1 В.

В положении тумблера В4 ~ (контакты 1, 3) синхросигналы поступают на истоковый повторитель (Т27, Т28) через разделительную емкость С15 (корпус). В положении тумблера В4 (контакты 1, 2) ≈ обеспечивается прохождение постоянной и переменной составляющей сигналов от постоянного тока до 50 МГц.

Входной истоковый повторитель на транзисторах Т27, Т28 обеспечивает высокое входное сопротивление и согласует источник синхронизации со схемой компаратора полярности или входом усилителя горизонтального отклонения.

В зависимости от положения переключателя В6-2а $x_1, x_{0,1}$ → X меняется нагрузка на выходе истокового повторителя. В положениях $x_1, x_{0,1}$ переключателя В6-2а (контакты 1, 2) сигнал не проходит через диод Д6, так как на его отрицательном электроде удерживается более положительный потенциал относительно положительного электрода, что приводит к запиранию диода Д6 и отпиранию диода Д5. Источник минус 10 В подсоединен к отрицательному электроду диода Д5 через резистор R11, который является нагрузкой истокового повторителя Т27, Т28. Сигнал источника синхронизации в этом случае поступает на схему компаратора полярности.

В положении переключателя В6-2а (контакт 3) → X истоковый повторитель используется в качестве входного каскада для подачи внешнего сигнала на пластины X ЭЛТ.

В этом случае диод Д5 закрыт, а Д6 открыт и сигнал с выхода истокового повторителя не проходит через закрытый диод Д5 на компаратор полярности. Источник минус 10 В подсоединен к отрицательному электроду Д6 через резистор R9. В этом случае нагрузочным сопротивлением истокового повторителя является резистор R9. Сигнал с выхода истокового повторителя поступает на вход усилителя горизонтального отклонения через резистор R6.

Компаратор полярности на транзисторах Т1 и Т2 обеспечивает выбор полярности синхросигнала, которым производится запуск развертки.

При помощи переменного резистора R16 на базе транзистора Т2 устанавливается постоянный потенциал такого же значения, как и на базе транзистора Т1 (при этом ручка УРОВЕНЬ (резистор R27) должна быть установлена в среднее положение). Изменением потенциала на базе транзистора Т2 (при помощи переменного сопротивления R27 (корпус УРОВЕНЬ)) можно выбрать точку на сигнале, с которой начинается запуск генератора развертки.

Когда ручка УРОВЕНЬ (R27 корпус) перемещается в направлении +, положительный потенциал на базе транзистора Т2 возрастает. Это вызывает увеличение тока через R12 и повышение потенциала эмиттеров Т1 и Т2. Поскольку синхронизирующий сигнал должен открыть транзистор Т1, а положительный потенциал на эмиттере увеличился, то Т1 открывается при большем положительном потенциале запускающего сигнала.

Полярность входного сигнала, синхронизирующего развертку, устанавливается тумблером В5 ±. Когда переключатель В5 установлен в положении «+» (контакты 1, 2), коллектор транзистора Т2 подсоединяется к источнику +10 В через диод Д8 и резистор R17. Диод Д10 закрыт. Коллекторный ток транзистора Т1 проходит через Д9, R13, Д11, L1, R20, R17. Когда на базу транзистора Т1 поступает сигнал положительной полярности, ток через транзистор Т1 увеличивается, при этом с коллектора транзистора Т1 снимается сигнал отрицательной полярности.

Если переключатель полярности В5 установить в положение «-» (контакты 1, 3), то коллектор транзистора Т1 подсоединяется к источнику +10 В через диод Д7 и резистор R17. Диод Д9 закрыт. Коллекторная нагрузка подключается

к транзистору Т2. В этом случае каскад на транзисторе Т1 является эмиттерным повторителем, а усилитель на транзисторе Т2 работает по схеме с общей базой, и сигнал запуска, снимаемый с коллектора Т2, имеет полярность входного сигнала.

Сигнал отрицательной полярности компаратора полярности управляет работой мультивибратора на туннельном диоде Д11.

б) формирование синхроимпульса

Сигнал отрицательной полярности поступает на мультивибратор синхронизации на туннельном диоде Д11. Так как ток на индуктивности L1 мгновенно измениться не может, он протекает через туннельный диод Д11. Увеличение тока, протекающего через туннельный диод, приводит к переключению его в высоковольтное состояние. При этом вырабатывается импульс отрицательной полярности с крутым фронтом. При уменьшении тока туннельный диод перебрасывается в исходное низковольтное состояние. Отрицательный импульс с крутым фронтом, полученный при переключении мультивибратора на туннельном диоде Д11, поступает на базу транзистора Т3. Транзистор Т3 усиливает и инвертирует импульс. Диод Д12 ограничивает амплитуду сигнала на коллекторе транзистора Т3. Трансформатор Тр снова инвертирует импульс, который воздействует на блок развертки через цепочку R24, С11.

в) автоколебательный режим синхронизации

Отрицательный импульс с эмиттера транзистора Т3 подается на схему автосинхронизации через R26 и эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе Т30. Импульс с эмиттера транзистора Т30 поступает на базу Т4 в то же самое время, что и импульс с коллекторной цепи транзистора Т3 поступает на схему блока развертки. Выходной импульс на коллекторе транзистора Т4 дифференцируется и его положительный перепад поступает через диод Д13 на ждущий мультивибратор.

При отсутствии запускающего сигнала транзистор Т7 открыт, при этом на его базе напряжение составляет минус 0,3 В. На базе транзистора Т5 удерживается потенциал минус 0,7 В за счет падения напряжения на диоде Д13. Так как транзисторы Т5 и Т7 имеют общее эмиттерное сопротивление R36, то открытый транзистор определяет эмиттерное

напряжение. Эмиттерное напряжение, установленное транзистором Т7, является положительным и вполне достаточным для того, чтобы предотвратить отпирание транзистора Т5. Схема остается в этом состоянии до тех пор, пока запускающий сигнал не поступит с коллектора транзистора Т4. Положительный импульс с коллектора транзистора Т4 поступает на базу транзистора Т5 и открывает его, в результате чего транзисторы Т5 и Т7 переключаются в противоположное состояние. Транзистор Т5 полностью определяет эмиттерный ток, а транзистор Т7 закрыт до тех пор, пока не восстановится мультивибратор. При отсутствии запускающего сигнала транзистор Т6 закрывается напряжением $+80 В$ через диод Д14 и открытый диод Д15. Когда транзистор Т5 переключается, напряжение на его коллекторе падает до минус $0,3 В$, которое закрывает диоды Д14 и Д15. При этом транзистор Т6 открывается и напряжение на его коллекторе повышается до плюс $10 В$, вырабатывая выходной импульс для автоколебательного режима синхронизации.

Когда транзистор Т5 закрывается, конденсатор С13 начинает заряжаться от источника $+80 В$ по цепи: R30, С13, открытый переход база-эмиттер Т7, R36, источник минус $10 В$. Транзистор Т7 открывается, когда напряжение на конденсаторе С13 достигнет $+10 В$, диод Д14 откроется и зафиксирует напряжение в этой точке. Ток через транзистор Т5 уменьшается и транзистор Т7 снова откроется. При этом транзистор Т6 закроется, ограничивая выходной импульс. Время восстановления мультивибратора равно $80 мс$, если подан только один запускающий импульс. Если частота следования запускающего сигнала выше $20 Гц$, транзистор Т5 остается открытым, удерживая уровень выходного напряжения на коллекторе транзистора Т6 при $+10 В$. Напряжение будет удерживаться на этом уровне до тех пор, пока периодический запускающий импульс поступает на базу транзистора Т5.

г) блок развертки (У4)

Блок развертки одновременно вырабатывает три выходных импульса и может управляться двумя входными сигналами.

Выходными сигналами являются:

отрицательный пилообразный импульс, подаваемый на усилитель горизонтального отклонения при внутренней развертке;

отрицательный импульс подсвета, подаваемый на усилитель для подсвета ЭЛТ;

отрицательное пилообразное напряжение, поступающее на гнездо Гн1, V

(\odot V — обозначение на передней панели).

Входными сигналами являются:

отрицательные запускающие импульсы, поступающие со схемы синхронизации;

положительные импульсы, поступающие со схемы мульти-вibratorа.

Переключатель В7 Z.Z. ∇ обеспечивает три режима работы развертки. В положении Z. развертка возникает только тогда, когда поступает запускающий импульс со схемы синхронизации. Принцип работы в положении Z. почти такой же, как и в положении Z., за исключением того, что при отсутствии запускающего импульса синхронизации возникает не-синхронизированная развертка. В положении ∇ принцип работы аналогичен работе в положении Z., за исключением того, что развертка не имеет обратного хода. Принцип работы схемы развертки описан в режиме внутренней синхронизации.

д) запуск развертки

Запускающий импульс со схемы синхронизации поступает на блок развертки через диод Д20. Этот отрицательный импульс переключает диод Д21 в высоковольтное состояние. В этом положении он остается до переброса триггера восстановления развертки в конце прямого хода развертки. Отрицательный сигнал открывает транзистор Т15 и на его коллекторе возникает положительный сигнал. Этот сигнал подается на разъединяющий диод Д35 и вход дифференциального усилителя выходного сигнала на транзисторах Т17 и Т18.

Положительный импульс с коллектора транзистора Т15 поступает на вход дифференциального усилителя Т17, Т18. С коллектора транзистора Т17 снимается отрицательный импульс, который подается на вход усилителя Z и служит для

подсвета ЭЛТ во время прямого хода развертки. Этот импульс также разряжает один из блокировочных конденсаторов С18 — С21, С17, С50 в начале каждого цикла развертки.

Разъединительный диод Д35 открывается через резисторы R67 — R69 (У4), а также через времязадающие резисторы R36 — R44 и R34 (корпус).

Импульс с коллектора транзистора Т15 закрывает диод Д35 и прерывает ток. Начинается прямой ход развертки.

е) интегратор Миллера

Когда ток, протекающий через диод Д35, прерывается, времязадающий конденсатор начинает заряжаться через времязадающие резисторы и резистор R34 (корпус), при помощи которого осуществляется калибровка. Один из времязадающих конденсаторов С22 — С33 и времязадающий резистор выбираются переключателем В8 ВРЕМЯ/ДЕЛ. при изменении скорости развертки. Переменным резистором R49 ПЛАВ-НО производится плавная регулировка скорости развертки путем изменения заряда времязадающего конденсатора. Положительно возрастающее напряжение с времязадающего конденсатора, который заряжается через времязадающий резистор от источника +80 В, подается на затвор полевого транзистора Т33 истокового повторителя. Положительный потенциал с выхода истокового повторителя воздействует на базу транзистора Т20, создавая на его коллекторе выходной сигнал развертки отрицательной полярности. Выходной сигнал развертки подается на отрицательно заряженную пластину времязадающего конденсатора. Эта обратная связь обеспечивает заряд времязадающей емкости от одного и того же положительного напряжения, удерживая постоянную скорость заряда и обеспечивая линейность пилообразного выходного напряжения. Отрицательное пилообразное напряжение будет расти до тех пор, пока не сработает триггер восстановления развертки. Выходной сигнал с коллектора транзистора Т20 поступает на вход усилителя горизонтального отклонения и на эмиттерный повторитель восстановления развертки.

ж) эмиттерный повторитель восстановления развертки

Отрицательное пилообразное напряжение с коллектора транзистора Т20 подается на вход эмиттерного повторителя Т19 схемы восстановления развертки. Диод Д33 обеспечивает защиту транзистора Т19 при перегрузке. Отрицательный

сигнал с эмиттера транзистора Т19 подается на триггер восстановления развертки, а также через диоды Д31 и Д26 на эмиттер транзистора Т16.

з) усилитель начала развертки

Отрицательное пилообразное напряжение, поданное на диод Д31 с эмиттера транзистора Т19, запирает транзистор Т16. Транзистор Т16 остается закрытым до тех пор, пока не завершится обратный ход развертки. Когда напряжение на эмиттере транзистора Т19 возвратится к начальному уровню постоянной составляющей, диод Д31 и транзистор Т16 открываются. Постоянная составляющая напряжения с коллектора транзистора Т16 подается на отсекающий диод Д35 через диод Д30 для удержания постоянного напряжения на катоде диода Д35 и удержания нужной точки запуска развертки.

и) триггер восстановления развертки

Отрицательное напряжение с эмиттера транзистора Т19 поступает на диод Д24. В момент прямого хода развертки этот диод закрыт. Когда потенциал на катоде диода Д24 станет отрицательным, диод откроется на уровне сигнала, определяемом регулировкой переменного резистора R64. Отрицательный сигнал поступает на базу транзистора Т14 и открывает его, при этом транзистор Т13 закрывается. Напряжение на коллекторе транзистора Т14 становится положительным и переключает диод Д21 в состояние низкого напряжения. Начинается обратный ход развертки. Стробимпульс развертки оканчивается и диод Д35 открывается. Времязадающая емкость быстро разрядится, возвращая потенциал затвора полевого транзистора Т33 к первоначальному уровню. Положительный сигнал обратного хода с эмиттерного повторителя Т19 закрывает диод Д24. Когда потенциал эмиттера транзистора Т19 достигнет первоначального уровня, транзистор Т16 открывается и устанавливается начальный уровень развертки.

Транзистор Т14 остается открытым в течение времени блокировки, достаточного для переброса всех схем в исходное состояние до начала нового цикла развертки. Время блокировки определяется значением заряда блокирующего конденсатора С17 — С21, С50, который заряжается через резисторы R30, R31 В7-26 (корпус) до +80 В. Когда положительное напряжение на базе транзистора Т14 возрастает до опреде-

ленного уровня вследствие заряда блокирующего конденсатора транзистор Т14 закрывается, а транзистор Т13 открывается. Отрицательный перепад напряжения с коллектора транзистора Т14 поступает на туннельный диод Д21, подготавливая его для приема следующего запускающего импульса.

Время блокировки изменяется на разных скоростях развертки изменением значений блокировочных емкостей при помощи переключателя В8 ВРЕМЯ/ДЕЛ. Чтобы получить требуемую блокировку, блокировочная емкость разряжается отрицательным импульсом с коллектора транзистора Т17 через диод Д25 и резистор R65 в начале каждого цикла развертки.

На быстрой развертке ручка синхронизации ВЧ (резистор R31 (корпус) позволяет регулировать время блокировки в пределах 10% для получения устойчивого изображения при больших скоростях развертки.


к) автоколебательный режим запуска развертки

Принцип работы блока развертки в положении Z. переключателя В7 аналогичен работе в режиме Z., когда подан запускающий импульс. Однако в режиме Z. при отсутствии запускающего импульса вырабатывается пилообразное напряжение развертки, и на экране осциллографа видна контрольная линия.

По окончании обратного хода и блокировки транзистор Т13 открывается, а транзистор Т14 закрывается. Через резисторы R61, R59 и туннельный диод Д21 протекает ток. Этот ток недостаточен для запуска туннельного диода в ждущем режиме. В положении Z. переключателя В7 напряжение минус 10 В подается на отрицательные электроды диодов Д18, Д19 через резистор R52. Когда подан положительный импульс с автоматического мультивибратора, ток протекает через R53 и диод Д18. При отсутствии импульса ток протекает через диод Д19 и суммируется с током, протекающим через резистор R59. Этот ток достаточен для запуска туннельного диода Д21 сразу же после окончания периода блокировки.

л) режим однократного запуска

Принцип работы блока развертки в режиме однократного запуска аналогичен работе в других режимах. Однако после возникновения одной развертки триггер восстановления развертки не восстанавливается. Все последующие запускающие

импульсы блокируются до тех пор, пока не будет нажата кнопка Кн (корпус) ГОТОВ. В режиме  переключателя В7-26 ток восстановления не связан со схемой блокировки. На базе транзистора Т14 имеется меньшее положительное напряжение, что позволяет каскаду работать как двухстабильный триггер.

Цикл развертки возникает следующим образом. Когда развертка достигает уровня, установленного резистором R64, транзистор Т14 открывается и возвращает диод Д21 в низковольтное состояние. Так как ток восстановления отключен и на базе транзистора Т14 имеется отрицательное напряжение, достаточное для его отпирания, он остается в открытом состоянии и возвращает диод Д21 в низковольтное состояние. Это условие сохраняется до тех пор, пока схема не восстановится нажатием кнопки Кн ГОТОВ.

м) схема подготовки к однократному запуску блока развертки

Схема подготовки к однократному запуску включает кнопку Кн (корпус) на передней панели с надписью ГОТОВ с вмонтированной индикаторной лампой и трех усилителей на транзисторах Т10 — Т12 на плате У4. Назначение схемы состоит в том, чтобы в положении переключателя В7 (контакт 3) и нажатии кнопки Кн (корпус) ГОТОВ выдать отрицательный импульс для открывания транзистора Т13 триггера восстановления развертки.

Принцип действия схемы заключается в следующем: при нажатии кнопки Кн (корпус) ГОТОВ в цепи базы открытого транзистора Т10 образуется делитель из резисторов R42 и R40. Падение напряжения на резисторе R40 закрывает транзистор Т10, и на его коллекторе образуется положительный импульс напряжения. Положительный импульс, пройдя через интегрирующую цепочку R45, С21 и R46, С22, воздействует на эмиттер транзистора Т11 и открывает его. Ток открытого транзистора Т11 создает падение напряжения на резисторе R47, достаточное для открывания транзистора Т12. При открывании транзистора Т12 на его коллекторе образуется отрицательный импульс напряжения, который через цепочку R51, С23 воздействует на базу транзистора Т13 триггера восстановления. Транзистор Т13 открывается, а транзистор Т14 закрывается. Схема блока развертки подготовлена к однократному запуску. При открытом транзисторе Т13 откры-

вается транзистор Т8 и загорается индикаторная лампа Л1 в кнопке Кн (корпус) ГОТОВ.

н) усилитель горизонтального отклонения

Усилитель горизонтального отклонения состоит из входного усилителя на транзисторах Т21, Т22, фазоинвертора (Т23, Т24), ограничивающей схемы (Д36 — Д39) и выходного усилителя (Т25, Т26) (Т3 — Т6) (корпус).

Вид входного сигнала для усилителя горизонтального отклонения выбирается положением переключателя В6 х1;

х0,1; \rightarrow Х. В положениях переключателя В6-2в х1 (контакт 1); х0,1 (контакт 2) отрицательное пилообразное напряжение поступает на базу транзистора Т21 с блока развертки. В положении переключателя В6-1а \rightarrow Х (контакт 3)

внешний сигнал для усилителя горизонтального отклонения поступает с выхода входного истокового повторителя (Т27, Т28) схемы синхронизации на базу транзистора Т22. Ручки

\blacksquare \blacksquare (R32, R33) обеспечивают горизонтальное перемещение луча, которое осуществляется путем изменения постоянного тока транзистора Т21.

Фазоинвертор на транзисторах Т23 и Т24 преобразует несимметричный входной сигнал в симметричный. Усиление этого каскада обратно пропорционально сопротивлению между эмиттерами транзисторов Т23 и Т24. В положениях переключателя В6-1а х0,1 (контакт 3) и \rightarrow Х (контакт 4) калиброванное усиление увеличивается в 10 раз вследствие подключения между эмиттерами транзисторов Т23, Т24 цепочки R111, R112. С помощью переменных резисторов R107, R112 регулируют общее усиление усилителя горизонтального отклонения при обычных (х1) и растянутых (х0,1) развертках.

Выход фазоинвертора соединяется с оконечным усилителем, собранным на транзисторах Т25, Т26 (У4), а также Т3—Т6 (корпус). Каждое плечо усилителя можно рассматривать как однотактный усилитель с обратной связью, усиливающий сигнал до величины, достаточной для горизонтального отклонения луча по экрану ЭЛТ.

С помощью конденсаторов С44, С45 регулируют переходную характеристику каскада для получения высокой линейности на быстрых развертках. Переменный резистор R115 регулирует входной ток оконечного усилителя для получения неподвижного изображения в центре экрана при растяжке в том случае, когда на коллекторах фазоинвертора равные потенциалы. Размер сигнала выходного усилителя ограничивается последовательно диодами Д36, Д39. Последовательно включенные диоды предотвращают насыщение выходного усилителя. Когда выходное напряжение фазоинверсного каскада падает ниже 5 В, последовательно включенный диод закроется и откроется один из параллельно включенных диодов Д37, Д38. Входной ток закорачивается, в результате чего ограничивается верхний предел напряжения транзисторов.

5.2.5. Усилитель Z (У5)

При помощи усилителя Z осуществляется управление яркостью и подсветом луча электронно-лучевой трубки Л2 (корпус). Различные сигналы, поступающие на вход усилителя, преобразуются в импульсы, с помощью которых увеличивается или уменьшается яркость луча, полностью гасится изображение сигнала или отдельные его участки. Входные сигналы поступают на эмиттер транзистора Т1.

Транзисторы Т2, Т3 усиливают сигнал. Емкость С4 обеспечивает высокочастотную коррекцию усилителя Z. Выходной сигнал снимается с эмиттерного повторителя Т4. Диод Д5 осуществляет защиту усилителя в случае короткого замыкания высоковольтного источника. Диод Д4 служит для защиты транзистора Т4.

На усилитель Z сигналы поступают от следующих источников:

- а) от потенциометра R51 (корпус) * ;
- б) от блока развертки — для подсвечивания изображения во время прямого хода развертки;
- в) от внешнего источника, подключенного к внешнему входу.

Переменный резистор R51 (корпус) * , подсоединенный между источником напряжения +10 В и корпусом, изменяет ток через транзистор Т1. При вращении ручки * против

часовой стрелки ток через транзистор Т1 будет уменьшаться. Выходной сигнал и напряжение на модуляторе ЭЛТ будет более отрицательным, и яркость изображения будет меньшей. При уменьшении тока положительное напряжение на коллекторе транзистора Т1 возрастает и диод Д1 закрывается, а ди-

од Д2 открывается. При вращении ручки * по часовой стрелке ток через транзистор Т1 возрастает. При этом напряжение на модуляторе становится более положительным и яркость изображения возрастает.

Стабилитрон Д3, подсоединенный к источнику напряжения +80 В, фиксирует коллекторное напряжение транзистора Т4 на уровне +95 В при максимальной яркости. Это напряжение подается также на переменный резистор R74 □

Подсвечивание изображения развертки происходит аналогичным образом. Во время обратного хода развертки изображение ЭЛТ не подсвечивается вследствие того, что через транзистор Т1 протекает минимальный ток.

Сигнал, поступивший на гнездо Гн2 (→ Z), подается на катод ЭЛТ и усилитель Z. Низкочастотные сигналы на катод ЭЛТ не проходят, так как блокируются конденсатором С1. Они проходят на усилитель Z, уменьшая яркость, если они положительны, и увеличивая ее, если они отрицательны. Высокочастотные сигналы подаются непосредственно на катод ЭЛТ, вызывая тот же эффект, что и низкочастотные сигналы, поступающие на усилитель Z. Этим обеспечивается почти постоянная яркостная модуляция в диапазоне частот от 20 Гц до 35 МГц.

5.2.6. Калибратор (У6)

Калибратор состоит из генератора на микросхеме, усилителя на транзисторе Т1, эмиттерного повторителя Т2 и выходного делителя R52—R62 (корпус).

Частота генератора определяется резисторами R1—R5 и конденсатором С1. Точность и стабильность частоты этой схемы обеспечивается большим коэффициентом усиления микросхемы МС (20000—80000) и его стабильностью. Генерация осуществляется за счет обратной связи с выхода микросхемы на вход через резистор R1.

Выходной сигнал прямоугольной формы через резистор R5 подается на усилительный каскад, выполненный на транзисторе T1. Усилитель на транзисторе T1 работает в режиме переключения. При поступлении на вход усилителя отрицательного импульса, T1 будет закрыт, и коллекторное напряжение возрастает до напряжения источника питания +80 В. Когда на вход подается положительный импульс, напряжение на коллекторе T1 падает до нуля.

Прямоугольные импульсы с коллектора транзистора T1 поступают на эмиттерный повторитель T2, в эмиттере которого установлен делитель на резисторах R52 — R62 (корпус). Выходной делитель обеспечивает 11 калиброванных значений напряжения (50; 20; 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,2; 0,05; 0,02 В).

В положении «—» переключателя В9 эмиттер транзистора T1 отсоединяется от «земли», ток через транзистор T1 прерывается, и на его коллекторе устанавливается постоянное напряжение источника +80 В. С делителя в цепи эмиттера транзистора T2 снимаются калиброванные значения напряжений.

5.3. Конструкция

Конструктивно осциллограф выполнен в неразъемном унифицированном каркасе с легкоъемными крышками. Каркас осциллографа состоит из литых панелей (передней и задней), соединенных двумя профильными боковыми стяжками. Дополнительную жесткость каркасу придают поперечные и продольные стенки.

На передней панели осциллографа расположены:

экран ЭЛТ с обрамлением;

органы управления и присоединения, снабженные соответствующими надписями.

На задней стенке-радиаторе расположены мощные транзисторы блока питания, гнезда $\rightarrow Z \perp$, сетевой разъем, предохранители и тумблер выбора напряжения питающей сети.

Электромонтаж осциллографа выполнен на печатных платах, за исключением крупногабаритных элементов, расположенных на шасси, средней и продольных стенках.