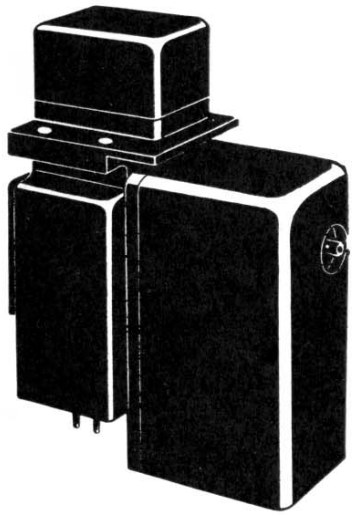
УСИЛИТЕЛИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Ф117

Техническое описание и инструкция по эксплуатации



В/О МАШПРИБОРИНТОРГ

СССР МОСКВА

Изменение к техническому описанию фотоэлектрического усилителя Ф117

В таблице на стр. 2

Модификация прибора	Сопротивление гальванометра $R_г$ (±25%), Ω	
	имеется	должно быть
Ф117/5, Ф117/10	5100	4900

Тип. з-да «Вибратор» Зак. 204. 31.03.72 г. Тир. 5000

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

I. НАЗНАЧЕНИЕ

Фотоэлектрические усилители типа Ф117 предназначены для усиления малых постоянных токов и напряжений.

Фотоэлектрические усилители Ф117/1—Ф117/15 рассчитаны для работы при температуре окружающего воздуха от +10 до +35° С, а усилители Ф117/20 от +5 до +50° С и относительной влажности до 80% (при +30° С).

Приборы Ф117/1—Ф117/15, выпускаемые в тропическом исполнении, предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от +10 до +45° С и относительной влажности до 95% и имеют обозначение Ф117Т.

II. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Фотоэлектрические усилители изготовляются шестнадцати модификаций, различающихся параметрами гальванометров, плавностью корректора, фоторезисторами.

Коэффициент усиления усилителей, определяемый как отношение выходного тока через сопротивление нагрузки 3000 Ω к входному, и коэффициент преобразования, определяемый как отношение выходного напряжения к входному току, при напряжениях на осветительной лампе 3,5 V и 2×50 V на дифференциальном фотосопротивлении соответствуют данным, приведенным в таблице.

Период свободных колебаний гальванометров не более 3—4 *сек.*

Степень успокоения гальванометров усилителей Ф117/11—Ф117/13, Ф117/15, Ф117/20 при разомкнутой внешней схеме $\beta_1 \geqslant 25$. Для гальванометров усилителей других модификаций $\beta_1 = 0$.

Корректор. При значениях коэффициента усиления, приведенных в таблице, один оборот оси корректора вызывает изменение тока на выходе усилителей Ф117/1—Ф117/5 примерно на 0,15 mA и усилителей Ф117/6—Ф117/10 и Ф117/12 примерно на 1 mA. В усилителях Ф117/11, Ф117/13, Ф117/15 и Ф117/20

www.jais.ru

при значениях коэффициента преобразования, приведенных в таблице, один оборот оси корректора должен вызывать изменение напряжения на выходе примерно на 17 V, а у усилителей Ф117/14 — на 2,5 V.

При коэффициенте усиления (преобразования), превышающем данные таблицы, изменение выходного тока (напряжения) на один оборот корректора пропорционально увеличивается.

Параметры гальванометров фотоэлектрических усилителей приведены в таблице.

Модификация прибора	Потокосцепление Φ (не менее), $Wb \cdot 10^{-2}$	Удельный противодействующий момент W (не более), $10^{-7} \frac{N \cdot m}{rad}$	Момент инерции подвижной части J, $10^{-7} \times kg \cdot m^2$	Сопротивление гальванометра $R_г$ ($\pm 25\%$), Ω	Коэффициент усиления $K_{ус} = \frac{I_{вых}}{I_{вх}}$ (не менее)	Коэффициент преобразования, $K_п = \frac{U_{вых}}{I_{вх}}$
Ф117/1, Ф117/6	0,5	0,85	0,12	12	$12 \cdot 10^3$	
Ф117/2, Ф117/7	1,3	1,15	0,14	64	$24 \cdot 10^3$	
Ф117/3, Ф117/8	2,2	1,15	0,13	140	$40 \cdot 10^3$	
Ф117/4, Ф117/9	4,3	1,15	0,12	620	$80 \cdot 10^3$	
Ф117/5, Ф117/10	8,6	0,55	0,09	5100	$340 \cdot 10^3$	
Ф117/11, Ф117/20	3,8	2,2	0,12	950		$570 \cdot 10^6$
Ф117/12	1,3	1,15	0,12	80	$22 \cdot 10^3$	
Ф117/13	3,8	3,2	0,12	950		$390 \cdot 10^6$
Ф117/14	2,2	1,6	0,13	140		$450 \cdot 10^6$
Ф117/15	3,8	2,2	0,12	950		$570 \cdot 10^6$

Максимальный фототок в нагрузке до 3000 Ω при указанном режиме питания в пределах ±2 mA. Максимальное напряжение на выходе усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20 не менее 34 V.

Мощность, рассеиваемая на фоторезисторе, не должна превышать 600 mW.

В усилителях Ф117/1—Ф117/12, Ф117/14 и Ф117/20 применяется фоторезистор типа ФС-К7б, а в усилителях Ф117/13 и Ф117/15 — фоторезистор типа ФС-К7а.

Питание усилителя осуществляется от источника постоянного или переменного тока напряжением 3,5 V±1% — для питания осветительной лампы и от источника постоянного тока напряжением 2×50 V±10% — для питания фоторезистора.

Постоянная времени фоторезисторов составляет примерно 0,01 *сек*.

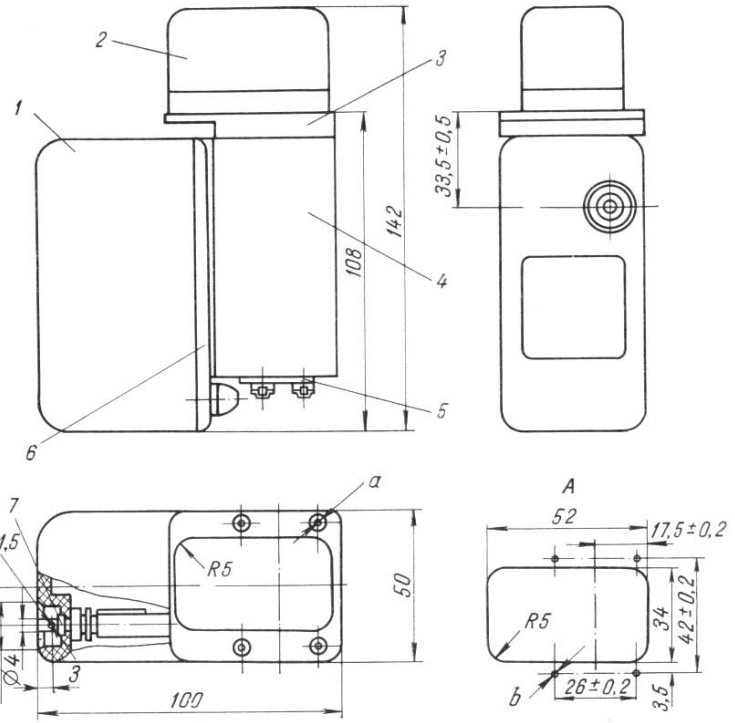


Рис. 1. Габаритные размеры фотоэлектрического усилителя типа Ф117
А — разметка для крепления; *а* — 4 отв. М3 кл. 2; *в* — 4 отв. Ø 3; *с* — М16×0,75 кл. 2

Выходное сопротивление в указанном выше режиме питания составляет примерно 5—7 kΩ для усилителей Ф117/1—Ф117/12, Ф117/14 и Ф117/20 и 50—70 kΩ — для усилителей Ф117/13, Ф117/15.

Испытательное напряжение между всеми токоведущими частями и втулками для крепления усилителя, соединенными с корректором, 2 kV. Испытательное напряжение между соединенными вместе контактами фоторезистора и осветительной лампы и соединенными вместе экранами 0,5 kV.

Габаритные размеры усилителя приведены на рис. 1.

Вес усилителя 0,85 *кг*.

III. КОНСТРУКЦИЯ

Прибор типа Ф117 — малогабаритный фотоэлектрический усилительный блок универсального применения.

Оптическая схема фотоусилителя приведена на рис. 2. Световой поток от осветительной лампы *1* проходит через конден-

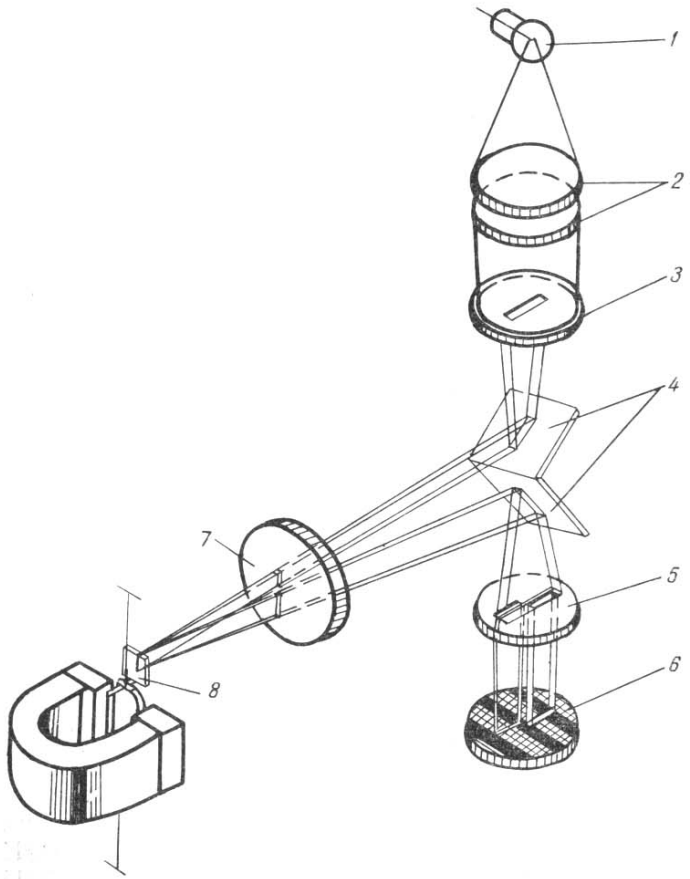


Рис. 2. Оптическая схема фотоэлектрического усилителя типа Ф117

сор *2*, диафрагму *3* и, отражаясь от зеркала *4*, через объектив *7* попадает на зеркало *8*, закрепленное на подвижной части гальванометра, от которого, проходя вновь через объектив *7* и отражаясь от зеркала *4*, через маску *5* попадает на дифференциальный фоторезистор *6*. При этом благодаря объективу *7*

на фоторезисторе *6* образуется ограниченное маской *5* изображение диафрагмы *3*. Для простоты и большей наглядности на рис. 2 изображены маска и диафрагма, рассчитанные на прохождение одного пучка света. Однако в действительности диафрагма имеет три, а маска — шесть параллельных щелей, что обеспечивает соответствующее увеличение коэффициента преобразования усилителя.

Работа прибора может быть пояснена следующим образом.

Пусть при отсутствии сигнала подвижная часть гальванометра установлена так, что дифференциальное устройство, об-

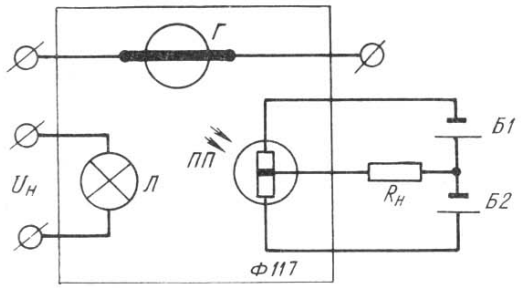


Рис. 3. Принципиальная схема фотоэлектрического усилителя типа Ф117

разуемое фоторезистором *ПП* (рис. 3) и внешними источниками напряжения *Б1* и *Б2*, сбалансировано и ток через нагрузку не проходит. При подаче тока в гальванометр его подвижная часть отклонится и перераспределит световой поток между секциями фоторезистора. Это вызовет разбаланс дифференциального устройства и появление тока в сопротивлении нагрузки $R_н$ или напряжения на выходе усилителя, которые могут служить мерой тока, протекающего через гальванометр.

Применение фотоусилителя по схеме рис. 3 производится сравнительно редко, так как при этом устройство слишком чувствительно к сотрясениям, к изменению режимов питания и довольно инерционно. Обычно с целью стабилизации режимов и увеличения быстродействия схема фотоусилителя охватывается отрицательной обратной связью, примеры которой приведены в следующем разделе.

Прибор состоит из металлического тубуса *4* (см. рис. 1), на котором закреплены кронштейн *3*, несущий прикрытый кожухом *2* осветитель, прижатый гайкой фоторезистор *5*, пластмассовый корпус *6* и крышка *1*, через которую выходит ось корректора *7*. Корпус обеспечивает пылезащищенность прибора и герметизацию фоторезистора. Кронштейн *3* снабжен резьбовыми отверстиями для закрепления прибора на горизонтальной

плате. Форма выреза в плате, расположение и размеры крепежных отверстий приведены также на рис. 1.

Для удобства регулировки положения подвижной части ось корректора целесообразно снабдить ручкой, которая должна быть доступна при работе с прибором. Для присоединения ручки к оси корректора она имеет отверстие в торце с резьбой М3 на глубину 3 *мм* и штифт. Размеры и расположение штифта также показаны на рис. 1. Если между ручкой и осью корректора по конструктивным соображениям должны быть использованы промежуточные детали (гибкий валик, шестерни и т. п.), то для их крепления к усилителю может быть использована резьба в гнезде, через которое выведена ось корректора.

Приняты следующие меры для уменьшения уровня термоэ. д. с. в цепи гальванометра:

1) выводы гальванометра в месте их соединения с проводами наружной схемы закрыты резиновым колпачком;

2) пластмассовый корпус предохраняет гальванометр от резких изменений температуры окружающего воздуха;

3) помещенный внутри пластмассового корпуса медный тепловыравнивающий экран поддерживает одинаковую температуру всего измерительного механизма гальванометра.

Конструкция усилителя позволяет легко заменять фоторезистор и осветительную лампу при выходе их из строя.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Предохранять усилитель типа Ф117 при работе от механических сотрясений.

2. При измерении напряжений и токов от источников, находящихся под значительным потенциалом относительно земли, необходимо производить экранировку схемы на „землю“ от токов утечки.

3. Монтаж цепи гальванометра должен быть выполнен с соблюдением мер предосторожности против внесения термоэ. д. с.

4. Усилитель должен быть по возможности удален от нагревающихся деталей и элементов.

5. Фотоэлектрические усилители типа Ф117 могут быть использованы в самых различных измерительных и регулирующих схемах. В частности, с их помощью могут быть получены микровольтметры и микроамперметры постоянного тока высокой чувствительности и точности, отличающиеся крайне малым потреблением мощности из цепи измерения и высоким быстродействием. При этом на выходе усилителей могут быть включены приборы с большим потреблением мощности, например самописцы.

В тех случаях, когда получаемая от фотоусилителя мощность оказывается недостаточной, целесообразно применять дополнительные усилители мощности, например электронные лампы, электромашинные усилители и т. п. В этом случае обратная связь также должна охватывать дополнительный усилитель, т. е. выходной ток (или его часть) должен протекать через компенсационное сопротивление.

II. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

На рис. 4 показано включение усилителя в компенсационную схему для измерения напряжения.

При подключении измеряемого напряжения к зажимам U_x оно сравнивается с падением напряжения на компенсационном сопротивлении $R_к$, создаваемым током фоторезистора *ПП*.

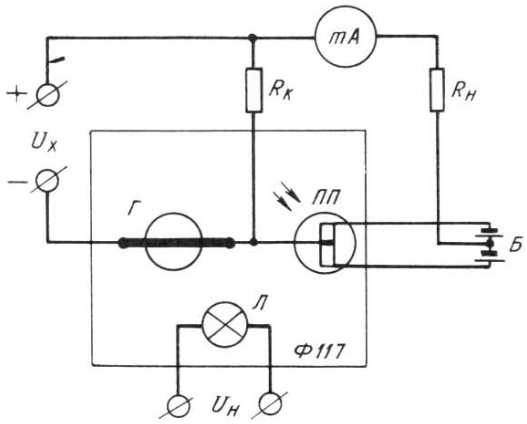


Рис. 4. Включение фотоэлектрического усилителя типа Ф117 в компенсационную схему для измерения напряжения

Примечание. Левый контакт гальванометра соответствует зарубке на выводной колодке.

Если эти напряжения не равны, то по рамке гальванометра *Г* пройдет ток и подвижная часть гальванометра придет в движение. Легкое зеркало, укрепленное на подвижной части, поворачиваясь, изменит распределение света между фоторезисторами *ПП*, а следовательно, и величину тока в нагрузке $R_н$, последовательно с которой включено компенсационное сопротивление $R_к$.

Движение рамки прекратится, когда падение напряжения на компенсационном сопротивлении $R_к$ уравновесит измеряемое

напряжение. Так как сопротивление $R_к$ неизменно, то сила компенсационного тока устанавливается пропорциональной измеряемому напряжению.

Благодаря компенсационной схеме результаты измерений в широких пределах не зависят от нестабильности фоторезисторов, колебаний яркости осветительной лампы *Л* и от изменений питающего напряжения *Б*, так как все эти изменения компенсируются соответствующим поворотом подвижной части гальванометра.

Соотношение между измеряемым напряжением $U_х$ и током I на выходе усилителя определяется равенством

$$I = \frac{U_х}{R_к}(1 - \gamma_е), \qquad (1)$$

где $\gamma_е$ — погрешность некомпенсации, которая вычисляется по формуле

$$\gamma_е = \frac{1}{1+\eta_е K_{ус}}. \qquad (2)$$

Чтобы выразить погрешность некомпенсации в процентах, следует значение $\gamma_е$, вычисленное по формуле (2), умножить на 100.

Коэффициент обратной связи $\eta_е$ вычисляется по формуле

$$\eta_е = \frac{R_к}{R_г + R_к + R_х}, \qquad (3)$$

где $R_х$ — сопротивление цепи измеряемого напряжения.

Обычно выполняется условие $\gamma_е \ll 1$, и равенство (1) приближенно принимает вид

$$I = \frac{U_х}{R_к}. \qquad (4)$$

Входное сопротивление $R_{вх}$ усилителя может быть вычислено по формуле

$$R_{вх} = R_г + R_к(1 + K_{ус}). \qquad (5)$$

Пренебрегая инерционностью схемы (фоторезистора), динамические свойства гальванометра в компенсационной схеме можно определить из следующих формул:

а) период свободных колебаний

$$T_к = \frac{T_0}{\sqrt{1 + K_{ус}\gamma_е}}, \qquad (6)$$

где T_0 — период свободных колебаний гальванометра вне компенсационной схемы (без обратной связи),

б) степень успокоения

$$\beta_к = \frac{\beta_0}{\sqrt{1 + K_{ус}\gamma_е}}. \qquad (7)$$

Период свободных колебаний гальванометра вне компенсационной схемы $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{W}}$ может быть определен либо расчетом (по данным таблицы), либо экспериментально.

Степень успокоения гальванометра вне компенсационной схемы определяется расчетом

$$\beta_0 = \frac{\psi^2}{2(R_г + R_к + R_х)\cdot\sqrt{JW}} + \beta_1 \qquad (8)$$

величины J, W, $R_г$, $K_{ус}$, Ψ, β_1 и их размерности приведены в разделе II технического описания.

При расчетах следует учесть, что целесообразно иметь $\beta_к$ не менее 0,8. При $\beta_к < 0{,}5$ фотокомпенсационный усилитель может оказаться неустойчивым.

Время успокоения компенсатора при $\beta_к > 0{,}5$ и $T_к > 0{,}3$ *сек* может быть приблизительно оценено по формуле:

$$t_у = 1{,}2\beta_к T_к. \qquad (9)$$

III. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА

На рис. 5 показано включение усилителя в компенсационную схему для измерения тока. При подключении к зажимам измеряемого тока $i_х$ часть его, проходящая через гальвано-

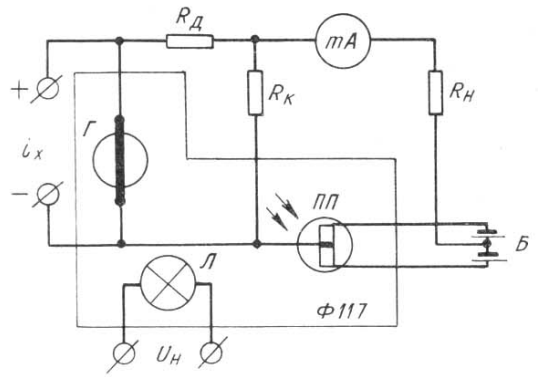


Рис. 5. Включение фотоэлектрического усилителя типа Ф117 в компенсационную схему для измерения тока

Примечание. Нижний контакт гальванометра соответствует зарубке на выводной колодке.

метр $Г$, сравнивается с частью тока фоторезистора $ПП$, ответвляющегося с сопротивления $R_к$ через добавочное сопротивление $R_д$.

Если сравниваемые токи не равны, то через рамку гальванометра пойдет ток и подвижная часть гальванометра придет в движение. Движение подвижной части прекратится, когда сравниваемые токи будут равны. При этом измеряемый ток i_x будет пропорционален току I фоторезистора. Соотношение между ними определяется формулой

$$I = \frac{i_x (R_к + R_д)}{R_к} (1 - \gamma_i), \tag{10}$$

где γ_i — погрешность некомпенсации, вычисляемая по формуле

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \eta_i K_{ус}}, \tag{11}$$

где η_i — коэффициент обратной связи

$$\eta_i = \frac{R_к}{R_к + R_д + R_г + \frac{R_г}{R_x}(R_к + R_д)}, \tag{12}$$

где R_x — сопротивление цепи измеряемого тока.

Обычно $\gamma_i \ll 1$ и равенство (10) принимает вид

$$I = \frac{i_x (R_к + R_д)}{R_к}. \tag{13}$$

Так как сопротивления $R_к$ и $R_д$ неизменны, то ток I может быть мерой измеряемого тока i_x.

Внутреннее сопротивление усилителя тока может быть определено по формуле

$$R_{вн} \approx \frac{R_г (R_к + R_д)}{K_{ус} R_к}. \tag{14}$$

Пренебрегая инерционностью схемы (фоторезистора), динамические свойства гальванометра в токовой компенсационной схеме можно определить из следующих формул:

а) период свободных колебаний

$$T_к = \frac{T_0}{\sqrt{1 + K_{ус}\eta_i}}, \tag{15}$$

б) степень успокоения

$$\beta_к = \frac{\beta_0}{\sqrt{1 + K_{ус}\eta_i}}, \tag{16}$$

где β_0 вычисляется по формуле

$$\beta_0 = \beta_1 + \frac{\Psi^2}{\left[R_г + \frac{1}{\frac{1}{R_к + R_д} + \frac{1}{R_x}}\right] \cdot \sqrt{JW}}. \tag{17}$$

Величины J, W, $R_г$, $K_{ус}$, Ψ, β_1 и их размерности приведены в разделе II технического описания.

Здесь также целесообразно иметь $\beta_к$ не менее 0,8. При $\beta_к < 0{,}5$ усилитель может оказаться неустойчивым.

Зная величины $\beta_к$ и $T_к$ и используя известные для электроизмерительных приборов зависимости, можно определить время и характер успокоения гальванометра.

Стабильность работы усилителей в зависимости от стабильности источников питания характеризуется следующим образом.

Одновременное изменение напряжения питания осветительной лампы и фоторезистора на $+10\%$ или -10% от номинального значения вызывает изменение коэффициента усиления и максимального значения фототока на $+20\%$ или -30% соответственно.

Изменение только напряжения питания фоторезистора на $\pm 10\%$ вызывает изменение коэффициента усиления и максимального значения фототока на $\pm 10\%$. Изменение только напряжения питания осветительной лампы на $\pm 10\%$ вызывает изменение коэффициента усиления и максимального значения фототока на $+10\%$ и -20%.

Влияние изменения коэффициента усиления на параметры усилителя может быть оценено по формулам (2), (6), (7), (11), (15) и (16).

Для гальванометрических усилителей имеет значение характер нестабильности источников питания.

Медленные изменения напряжения источников питания мало влияют на работу усилителя, так как гальванометр успевает поворотом подвижной части перераспределить свет на фоторезисторе и тем самым „отработать“ эти изменения.

По другому реагирует гальванометрический усилитель на быстрые скачкообразные изменения напряжения питания. Гальванометр мгновенно не успевает „отработать“ изменение напряжения, и на выходном приборе наблюдается толчок стрелки, после чего она устанавливается в прежнее положение. Если скачки питающего напряжения случаются часто, то для питания усилителя рекомендуется применять стабилизированное напряжение. Усилитель обычно начинает „чувствовать“ скачки напряжения, если они превышают 1—2% номинального питающего напряжения.

Следует заметить, что погрешности некомпенсации γ_e и γ_i могут быть учтены соответствующим изменением компенсационных сопротивлений или устранены введением местных положительных обратных связей *.

IV. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СХЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Прежде чем приступить к расчету усилителей тока или напряжения, необходимо выбрать модификацию прибора (см. таблицу). При этом сопротивление гальванометра по возможности должно быть близким к выходному сопротивлению измеряемой цепи.

Расчет усилителя следует начинать с приближенного определения сопротивления $R_к$ (4) в случае усиления напряжения и сопротивлений $R_к$ и $R_д$ (13) в случае усиления тока. При этом необходимо выбрать ток I на выходе усилителя из следующих соображений: как видно из формулы (5), входное сопротивление усилителя напряжения тем больше, чем больше $R_к$. Ток I при этом согласно формуле (4) должен быть соответственно меньше (для данного предела измерения).

Одновременно, чем больше сопротивление $R_к$, тем меньше $\beta_к$, т. е. меньше запас устойчивости системы. Поэтому следует выбирать такое значение тока I, при котором сопротивление $R_к$ обеспечивает $\beta_к \geqslant 0{,}5$.

Установить это можно ориентировочным расчетом.

Значение тока I (предел измерения выходного прибора) можно выбирать в интервале от 50 μA до 1,5 mA, где нижний предел определяется шумами фоторезистора, а верхний — линейностью характеристики выходного тока.

Может оказаться возможным применение выходного прибора с большими или меньшими пределами измерения (от 10 μA до 2 mA). Однако эту возможность для каждого усилителя следует проверить практически.

При пользовании усилителями надо иметь в виду, что зависимость между входными и выходными токами усилителя остается линейной при перемене полярности входного тока. Поэтому в качестве выходного прибора можно применить приборы с двухсторонними шкалами. Так, например, можно применить приборы с пределами измерения 50—0—50 μA, 1—0—1 mA и др.

После приближенного расчета $R_к$ и $R_д$ можно определить их значение более точно. Для этого требуется вычислить значения γ_e, γ_i. После этого для компенсатора напряжения по формуле (1) можно подсчитать уточненное значение $R_к$. Для компенсатора тока уточненное значение $R_к$ или $R_д$ вычисляется по формуле

$$R_д = R_к\left[\frac{I}{i_x}(1+\gamma_i) - 1\right]. \qquad (18)$$

Однако и при уточненном значении $R_к$ и $R_д$ при изменении сопротивления R_x и из-за нестабильности коэффициента усиления усилителя будет иметь место некоторая погрешность.

Если сопротивление R_x в процессе работы изменяется существенно, в ряде случаев бывает предпочтительнее применение местных положительных обратных связей.

Динамические свойства гальванометров в компенсационной схеме, т. е. период свободных колебаний $T_к$ и степень успокоения $\beta_к$, можно вычислить по формулам (6), (7) или (15), (16) по приближенным значениям $R_к$ и $R_д$.

Далее по значениям $T_к$ и $\beta_к$ и по формуле (9) рассчитывается время успокоения усилителя. Время успокоения выходного прибора будет определяться совместно как временем успокоения усилителя, так и временем успокоения самого выходного прибора.

V. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ И РАБОТА С НИМ

1. Усилитель предназначен для монтажа только на горизонтальной плоскости. Рабочее положение усилителя вертикальное. Установочные размеры и разметка платы для крепления усилителя показаны на рис. 1.

2. Монтаж цепи гальванометра должен быть выполнен нелуженым медным проводом, не содержащим промежуточных паек. Усилитель должен быть по возможности удален от нагретых элементов. Соблюдение этих условий необходимо для исключения термо э. д. с., особенно в случае, если предел измерения по напряжению меньше 0,5 mV на всю шкалу выходного прибора.

3. При измерении напряжений и токов от источников, находящихся под значительным потенциалом относительно земли, необходимо производить экранировку схемы на „землю“ от токов утечки. В качестве экранов могут быть использованы тубус и экран осветителя, которые имеют токоподводящие лепестки.

4. До измерений необходимо:

а) включить усилитель в компенсационную схему (см. рис. 4 или 5);

б) поставить корректором стрелку выходного прибора на нулевую отметку шкалы;

---

* „Автоматика и телемеханика“, 17, № 8, 728—745, 1956, „Измерительная техника“, № 9, 31—34, 1961.

в) подать напряжения на фоторезистор и осветительную лампу, причем напряжение должно быть подведено на фоторезистор с учетом полярности.

Полярность включения гальванометра также должна быть соблюдена. В случае неправильной полярности включения гальванометра или фоторезистора стрелка выходного прибора выйдет за пределы шкалы и встанет на упор;

г) разомкнуть цепь измерения;

д) установить нулевое положение гальванометра, для чего, вращая ручку корректора, установить стрелку выходного прибора на нулевую отметку шкалы.

При пользовании прибором следует иметь в виду, что входное сопротивление усилителя зависит от точности нулевого положения гальванометра.

5. Подключить измеряемую цепь и произвести измерение.

6. По окончании работы отключить цепь измерения и напряжения от осветительной лампы и фоторезистора.

VI. СМЕНА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛАМПЫ

Для смены осветительной лампы следует:

а) снять предохранительный кожух *2* (см. рис. 1);

б) ослабить стопорный винт, нажать на баллон лампы, повернуть ее против часовой стрелки и вынуть из патрона;

в) вставить новую лампу, действуя в обратном порядке.

Примененная в усилителе лампа типа СЦ-75А благодаря фокусирующему цоколю имеет фиксированное положение нити и после смены не нуждается в дополнительной юстировке.

VII. ПРОВЕРКА ФОТОУСИЛИТЕЛЕЙ

Схема проверки представлена на рис. 6.

На схеме обозначено:

R1, *R3* — магазины сопротивлений на 100 000 Ω класса 0,1;

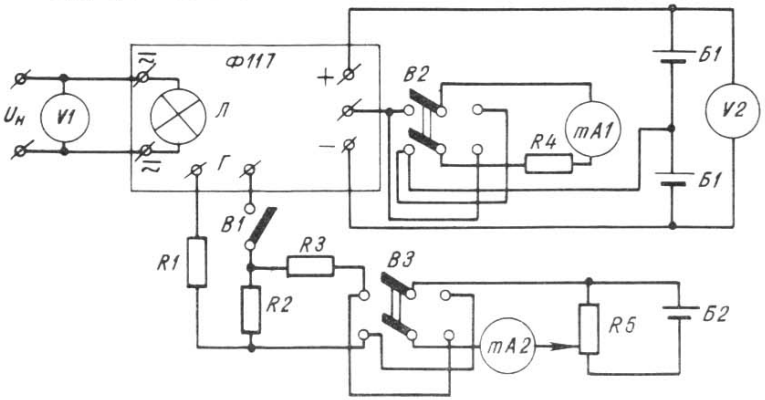


Рис. 6. Схема для проверки фотоусилителей

R2 — катушка электрического сопротивления, измерительная, не более 1 Ω;

R4 — сопротивление нагрузки, дополняющее сопротивление прибора mA_1 до 3000 Ω при проверке усилителей Ф117/1—Ф117/10 и Ф117/12. При проверке усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20 величина сопротивления *R4* составляет 50 МΩ; при проверке термо э. д. с. усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20 — 10 МΩ;

R5 — реостат 100—1000 Ω;

V1 — вольтметр класса 0,5—1,0 на 7,5 V;

V2 — вольтметр класса 0,5—1,0 на 150 V;

mA1 — миллиамперметр класса 0,5—1,0 на 0,15—15 mA при проверке усилителей Ф117/1—Ф117/10 и Ф117/12 или микроамперметр класса 1 на 1 μA при проверке усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20;

mA2 — миллиамперметр класса 0,5—1,0 на 0,15—15 mA;

B1, *B2*, *B3* — лабораторные переключатели;

Б1 — батареи или выпрямители на 50 V 10 mA;

Б2 — аккумулятор 1,5—4,5 V;

Г — контакты гальванометра на выводной колодке;

$U_н$ — источник напряжения 3,5 V.

Сила тока, протекающего через рамку гальванометра усилителя, вычисляется по формуле

$$I_г = \frac{I \cdot R2}{R_г + R1 + R2},$$

где I — сила тока, измеренная миллампермером *mA2*;

$R_г$ — сопротивление гальванометра.

Сила тока на выходе $I_{вых}$ определяется по миллиамперметру *mA1*.

Коэффициент усиления равен

$$K_{ус} = \frac{I_{вых}}{I_г}.$$

Коэффициент преобразования усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20 равен

$$K_п = \frac{U_{вых}}{I_г},$$

где $U_{вых} = I_{вых} \cdot R4$ — напряжение, измеренное на выходе усилителей.

При проверке уравновешенности наклонять усилитель на 1° от горизонтального положения. Ток выходного прибора при этом не должен изменяться более, чем на 1,1 mA, а напряжение на выходе усилителей Ф117/11, Ф117/13—Ф117/15 и Ф117/20 не должно изменяться больше, чем на 17 V при номинальных коэффициентах усиления и преобразования.

VIII. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении усилителя в схему стрелка выходного прибора остается неподвижной	Нет напряжения на осветительной лампе или на фоторезисторе	Подать напряжение на фоторезистор и осветительную лампу
	Обрыв электрической цепи	Проверить электрическую схему и устранить обрыв
	Перегорела осветительная лампа	Заменить лампу
Коэффициент усиления или максимальное значение тока меньше номинального	Уменьшение световой отдачи осветительной лампы вследствие окончания срока ее службы	Заменить осветительную лампу
	Загрязнение поверхностей конденсора	Очистить и промыть наружную линзу конденсора. Линза доступна для очистки после того, как лампа вынута из патрона
	Вышел из строя фоторезистор	Заменить фоторезистор
При включении усилителя в схему стрелка выходного прибора хаотично колеблется и дрожит	Плохие контакты во внешних цепях усилителя	Устранить плохие контакты
	Нестабильность напряжения питания осветительной лампы и фоторезистора	Обеспечить питание лампы и фоторезистора стабильным напряжением
	Периодические автоколебания (мало расчетное значение степени успокоения $\beta_к$)	Пересчитать $\beta_к$ (см. расчет в разделе IV)
При включении усилителя стрелка выходного прибора забрасывается за пределы шкалы и лежит на упоре	Неправильная полярность включения гальванометра или фоторезистора	Переменить полярность включения гальванометра или фоторезистора
При отключении тока от гальванометра стрелка выходного прибора к нулевой отметке не возвращается; прибор как бы „затирает"	Загрязнение и механические помехи движению подвижной части гальванометра	Прибор отремонтировать в заводских условиях
При доведении током до упора подвижная часть гальванометра прилипает к упору, и при отключении тока не возвращается в исходное положение	Загрязнение упоров или усов	Промыть эфиром упоры или усы (выполняется в ремонтных мастерских)

Усилители должны храниться в сухих и чистых помещениях. В воздухе не должно быть вредных примесей, вызывающих коррозию.

IX. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

1. Фотоэлектрический усилитель типа Ф117 — 1 шт.
2. Лампа типа СЦ-75А (4 V 4 W), запасная — 1 шт.
3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации — 1 экз.
4. Паспорт — 1 экз.

Внешторгиздат. ЛО-3518
ЦЛТ 4 Главполиграфпрома. Зак. 114