

УКВ БЛОК ДЛЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

И. Айнбиндер

В новых сетевых радиовещательных приемниках 2, 1-го и высшего классов, наряду с обычными диапазонами — ДВ, СВ и КВ, для приема сигналов с амплитудной модуляцией (АМ) введен диапазон УКВ для приема передач станций, работающих с частотной модуляцией (ЧМ).

В этих приемниках имеются два канала усиления ПЧ, канал АМ ($f_{\text{пр АМ}} = 465 \text{ кГц}$) и канал ЧМ ($f_{\text{пр ЧМ}} = 8,4 \text{ МГц}$), причем в обоих каналах используются одни и те же лампы (рис. 1).

Одним из основных узлов приемника является так называемый УКВ блок, в котором происходит необходимое предварительное усиление сигнала

и телевизоров. Серьезное внимание при конструировании УКВ блока следует уделять таким качественным показателям, как стабильность частоты гетеродина, избирательность по зеркальному каналу, ослабление помех с частотой $f_{\text{пр ЧМ}}$, устойчивость параметров при смене ламп, отсутствие микрофонного эффекта и паразитных колебаний, надежность конструкции и др.

В усилителе ВЧ и преобразователе УКВ блока целесообразно применять триоды, отличающиеся, как известно, низким уровнем собственных шумов. Кроме того, ввиду большого входного сопротивления триода он слабо шунтирует сеточный контур, что особенно важно для получения хорошей избирательности по зеркальному каналу.

наиболее целесообразно применить лампу 6Н3П, которая отличается высокой крутизной, достаточно высоким входным сопротивлением, малыми межэлектродными емкостями и малым сопротивлением шума. В гетеродинном преобразователе при напряжении гетеродина 2,5—3 в эта лампа позволяет получить крутизну преобразования

$S_{\text{пр}} = 1,5 \frac{\text{ма}}{\text{в}}$, т. е. в 3—5 раза больше, чем можно получить со специальными многосеточными лампами.

Можно также применять двойные триоды 6Н1П, 6Н2П, но при этом параметры УКВ блока будут хуже.

Гетеродинный преобразователь (ГП). Подключение трех контуров (сигнального, гетеродинного и ПЧ) всего лишь к трем электродам лампы преобразователя, при одновременном сохранении независимости настроек и малом

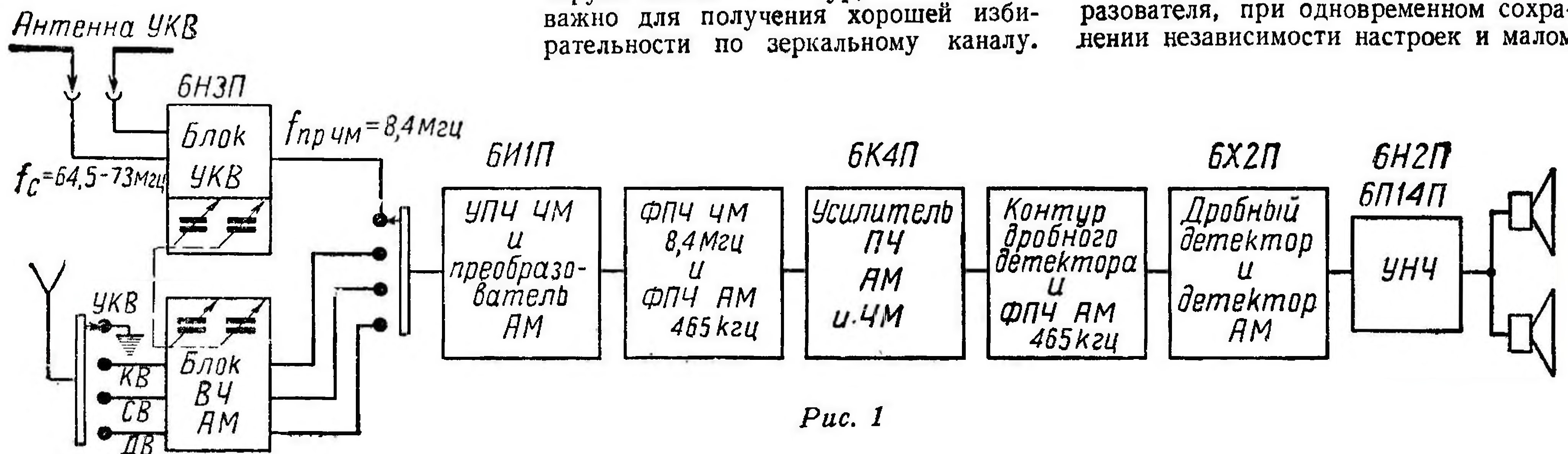


Рис. 1

и преобразование его в сигнал с промежуточной частотой ($f_{\text{пр ЧМ}}$).

В УКВ блоке приемников 1-го и 2-го классов для настройки контуров усилителя ВЧ и гетеродина применяются два конденсатора переменной емкости (КПЕ) $7 \div 19 \text{ пф}$, которые с двумя обычными КПЕ ($12 - 495 \text{ пф}$) образуют четырехсекционный блок конденсаторов (см. рис. 1 на первой странице вкладки). Для настройки контуров УКВ блока может быть применен и отдельный двухсекционный КПЕ или отдельный блок переменных индуктивностей.

Поскольку на УКВ диапазоне уровень внешних помех значительно ниже, чем на диапазонах ДВ, СВ и КВ, то оказывается целесообразным повышать чувствительность на этом диапазоне до значений, ограничиваемых уровнем собственных шумов приемника. Поэтому снижение собственных шумов является одной из важнейших задач при конструировании УКВ блоков.

Другой важной задачей является ослабление паразитного излучения гетеродина, которое создает помехи для близко расположенных приемников

В пользу применения триода в преобразователе говорит еще и то обстоятельство, что для нормальной работы преобразователя на триоде необходимо напряжение гетеродина, в несколько раз меньшее, чем для преобразователей на многосеточных лампах, а это облегчает борьбу с излучением гетеродина. Что же касается неустойчивого усиления триодов из-за большой проходной емкости C_{ac} и сильного шунтирования анодной нагрузки из-за малого R_L , то с этими недостатками удастся вести эффективную борьбу.

Для упрощения схемы и конструкции УКВ блока его можно выполнить на одной лампе — двойном триоде. Один из триодов работает в усилителе ВЧ, а второй выполняет две функции — преобразователя и гетеродина.

С усилителя ВЧ сигнал подается непосредственно на гетеродин, в анодной цепи которого и выделяется сигнал промежуточной частоты. Чтобы подчеркнуть особенность такого каскада, его называют гетеродинным преобразователем (ГП).

Из выпускаемых нашей промышленностью двойных триодов в УКВ блоке

паразитном излучении гетеродина, оказывается возможным благодаря применению схем сбалансированных ВЧ мостов.

На рис. 2, а показана упрощенная схема ГП, в котором мост образован элементами гетеродинного контура (катушка обратной связи L_{cb} и конденсаторы C_{ck} и C_6). В диагональ моста включен анодный контур усилителя ВЧ $L_a C_a$, настроенный на частоту сигнала. В схеме рис. 2, б мост образован элементами анодного контура усилителя ВЧ: C_1, C_2, C_2 и C_4 , а в диагональ моста включена катушка обратной связи L_{cb} . Если выполнено условие баланса мостов:

$$\frac{L' + M}{L'' + M} = \frac{C_{ck}}{C_6} \quad (\text{для рис. 2, а}) \quad (1)$$

и

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4} \quad (\text{для рис. 2, б}),$$

то анодный контур усилителя ВЧ и контуры гетеродина окажутся развязанными, т. е. между ними будет устранена связь: напряжение сигнала на катушке L_{cb} , так же как и напря-

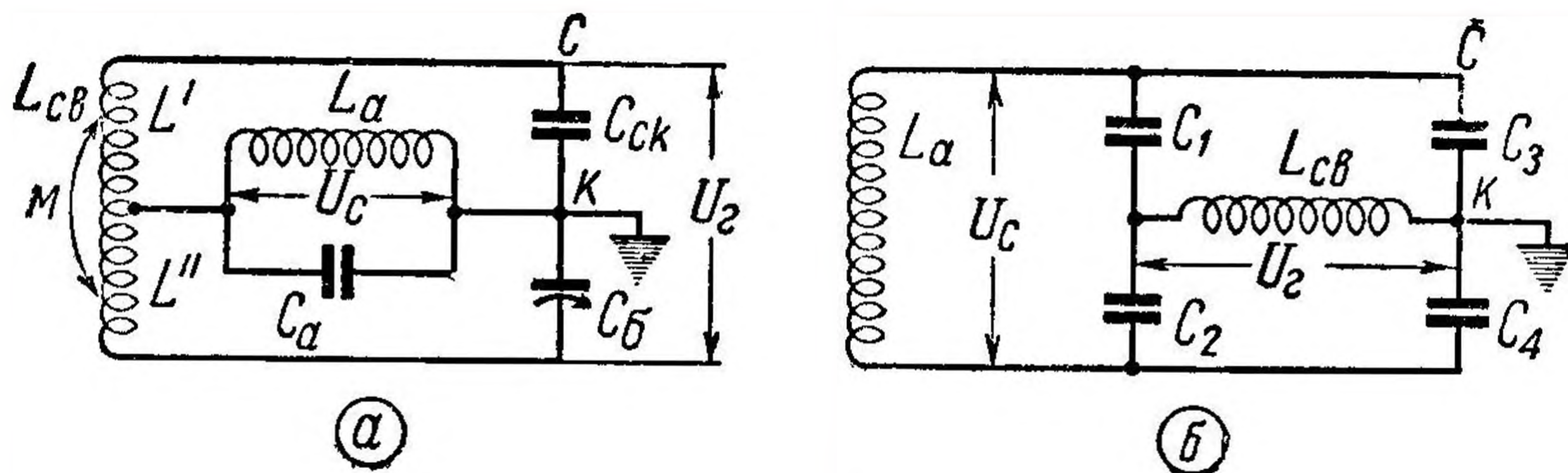


Рис. 2

жение гетеродина на контуре $L_a C_a$ будет равно нулю.

Практически не удастся получить идеальный баланс моста во всем рабочем диапазоне и поэтому на сигнальном контуре будет некоторое напряжение гетеродина, однако оно настолько мало, что не создает заметного паразитного излучения.

В то же время между сеткой (С) и катодом (К) ГП будет действовать как напряжение сигнала, так и напряжение гетеродина, благодаря чему и будет происходить преобразование частоты.

На рис. 3 показана практическая схема ГП. В диагональ моста, образованного катушкой обратной связи L_{cb} (аналогично рис. 2, а), включен

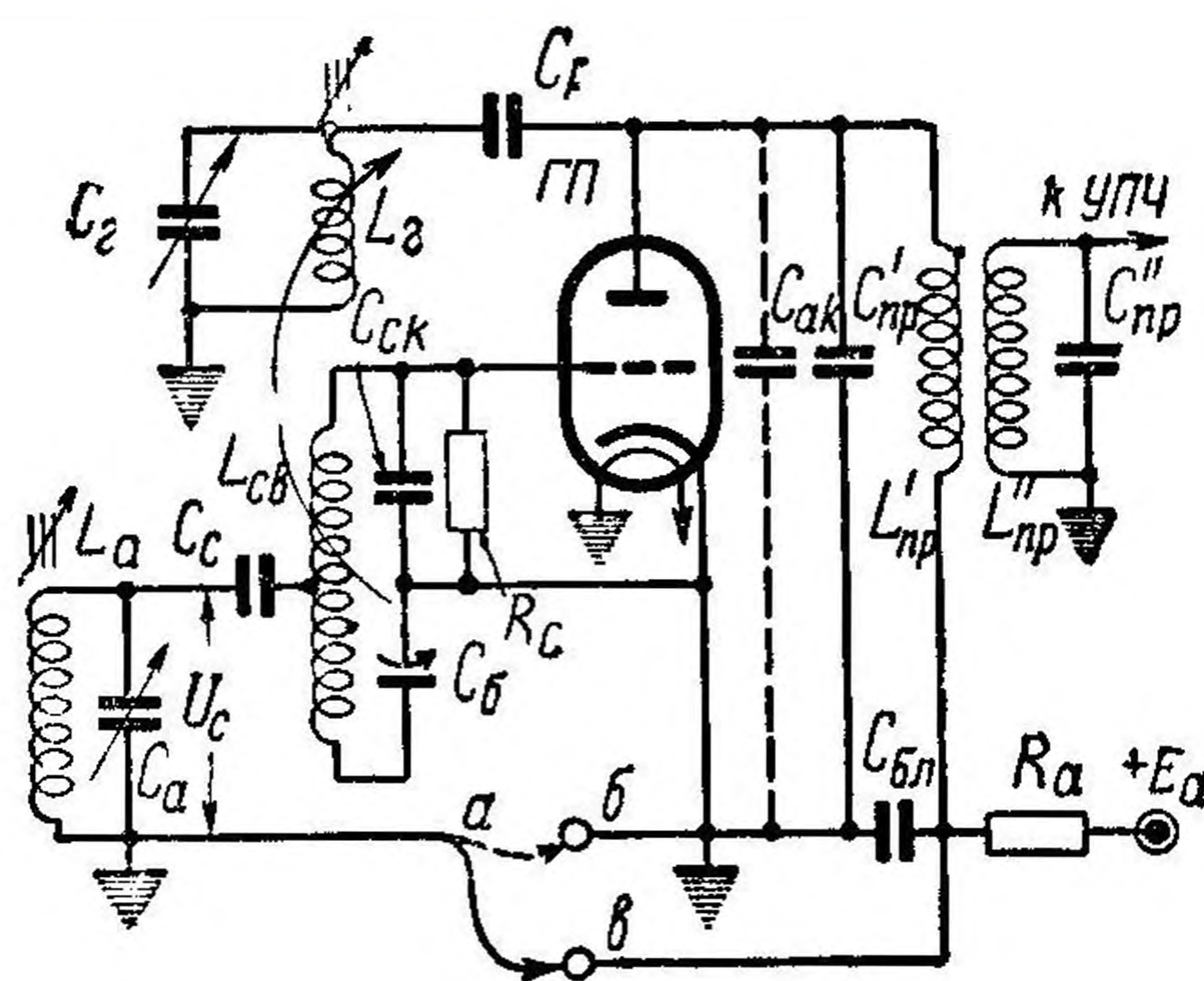


Рис. 3

анодный контур усилителя ВЧ $L_a C_a$. Одним из плеч моста является подстроечный конденсатор C_6 , с помощью которого добиваются точного баланса. В ряде случаев удается применить в качестве C_6 конденсатор постоянной емкости. Вследствие большой разности частот сигнала и гетеродина (f_c и f_r), с одной стороны, и промежуточной частоты $f_{пр.чм}$, с другой, развязка между цепями сигнала и гетеродина и цепями ПЧ осуществляется весьма просто: катушка $L'_{пр}$ первого контура фильтра ПЧ, имеющая относительно большую индуктивность, играет роль дросселя в схеме параллельного питания анода ГП.

Важную роль в работе гетеродина играет конденсатор $C'_{пр}$, который вме-

сте с разделительным конденсатором C_p образуют основную часть емкости первого контура ПЧ. Здесь следует иметь в виду, что для относительно низкой промежуточной частоты 8,4 Мгц гетеродинный контур $C_r L_r$ практически

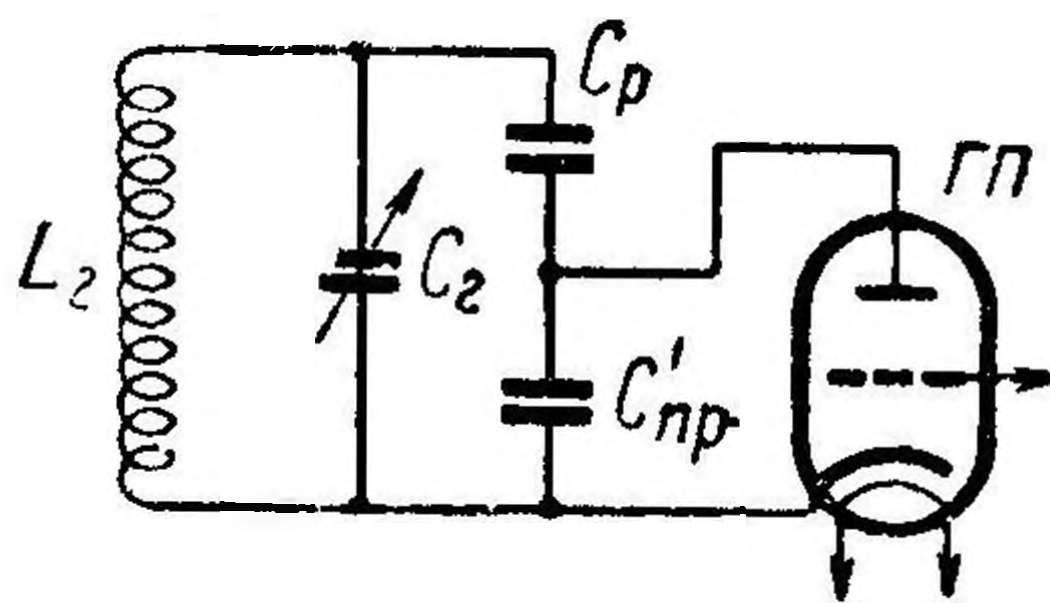


Рис. 4

не представляет сопротивления, а емкость блокировочного конденсатора C_6 можно не учитывать, так как она во много раз больше, чем $C'_{пр} + C_p$. Конденсатор $C'_{пр}$ входит также в контур гетеродина и совместно с разделительным конденсатором C_p образует делитель напряжения (рис. 4), благодаря которому получается слабая связь контура гетеродина с лампой ГП. Слабая связь контура с лампой позволяет до предела уменьшить колебательную мощность гетеродина, что значительно облегчает борьбу с паразитным излучением.

Кроме выполнения перечисленных функций, конденсатор $C'_{пр}$ предотвращает появление в ГП паразитной генерации на сверхвысоких частотах и уменьшает излучение гармоник гетеродина. Для этих частот монтажные провода совместно с выходной емкостью лампы $C_{ак}$ образуют паразитный контур с большим резонансным сопротивлением Z_p и очень высокой резонансной частотой. Благодаря высокой крутизне применяемых ламп наличие этого контура может привести к самовозбуждению каскада. Кроме того, паразитный контур может оказаться настроенным на одну из гармоник гетеродина, что будет способствовать ее излучению.

Для предотвращения прерывистой генерации ГП элементы цепи автоматического смещения $R_c C_c$ должны быть выбраны достаточно малыми, чтобы постоянная времени $\tau = R_c C_c$ не превышала допустимого значения.

Для улучшения баланса моста по высокой частоте и для уменьшения шумов сеточной цепи сопротивление R_c следует выбирать большим: для сетевых триодов в пределах от 0,2 до 1 Мом. Окончательно величина R_c может быть установлена после того, как выбрана емкость конденсатора C_c (см. ниже).

Конденсатор C_c вместе с емкостью $C_{ас}$ образуют делитель напряжения промежуточной частоты (рис. 5). Часть этого напряжения $U_{пр(ос)}$ является напряжением отрицательной обратной связи, которая уменьшает динамическое внутреннее сопротивление лампы ГП ($R_{ид ГП}$).

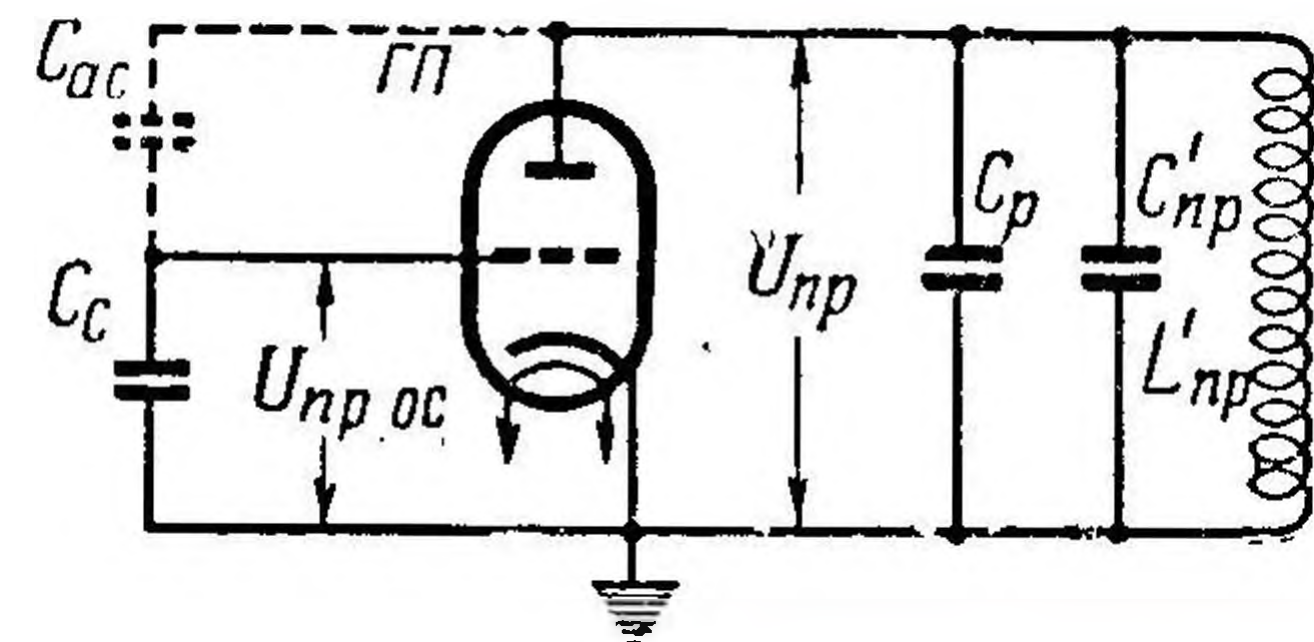


Рис. 5

Этот недостаток можно устранить, если „холодный“ конец сигнального контура (рис. 3) заземлить через блокировочный конденсатор $C_{бл}$ (точку а соединить с точкой в вместо обычного соединения с точкой б). При этом образуется мост по промежуточной частоте (рис. 6), в диагональ которого оказывается включенным участок сетка — катод лампы ГП. Баланс моста будет иметь место при некотором критическом значении $C_{бл}$:

$$C_{бл.кр} = \frac{C_c (C'_{пр} + C_p)}{C_{ас}}$$

Если $C_{бл} = C_{бл.кр}$, то отрицательная обратная связь через емкость $C_{ас}$ компенсируется положительной обратной связью через конденсатор $C_{бл}$ и суммарное напряжение обратной связи $U_{пр.ос}$ оказывается равным нулю.

Если выбрать $C_{бл} > C_{бл.кр}$, то ГП окажется охваченным отрицательной обратной связью по промежуточной частоте; если же $C_{бл}$ будет меньше

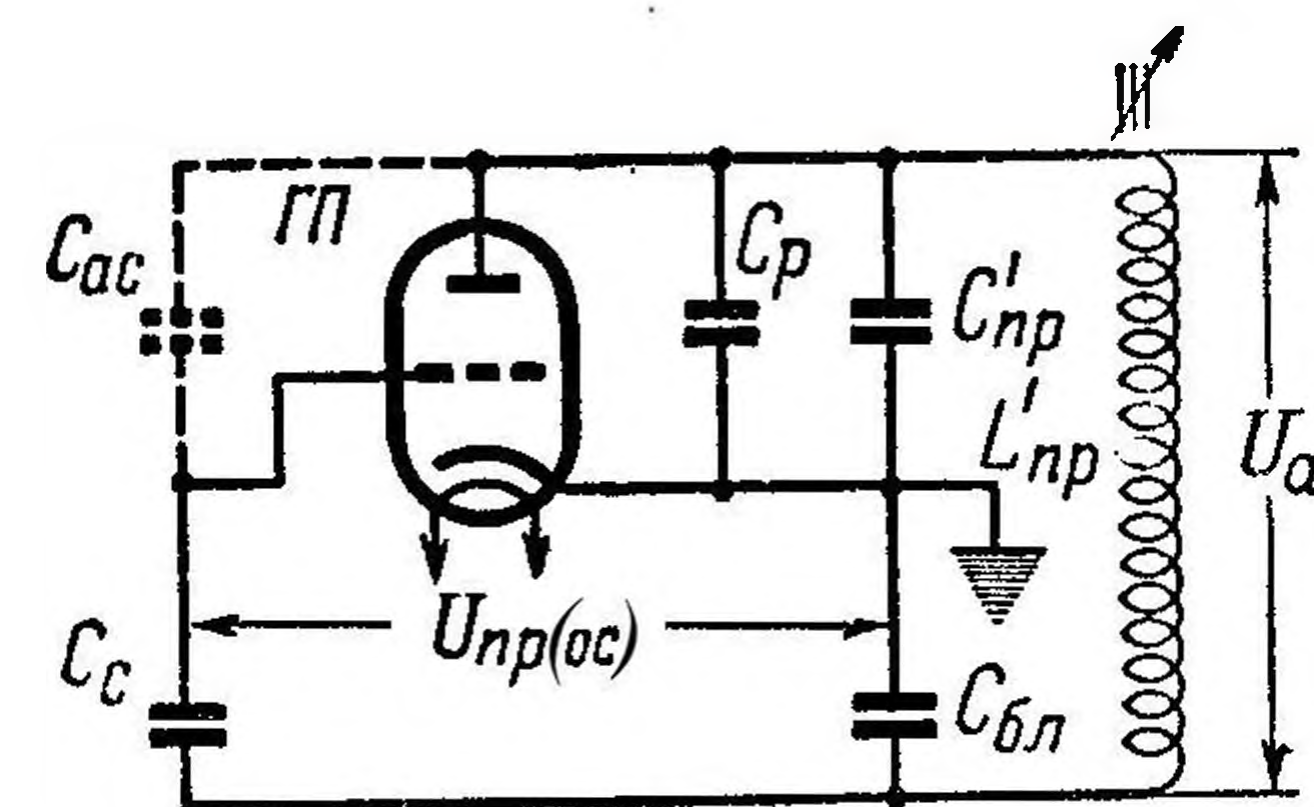


Рис. 6

$C_{бл.кр}$ то эта обратная связь будет положительной. От характера и глубины обратной связи (т. е. от величины $C_{бл}$) зависит динамическое внутреннее сопротивление лампы ГП ($R_{ид ГП}$), а вместе с ним и общее усиление УКВ блока. Последнее объясняется тем, что $R_{ид ГП}$ фактически шунтирует первый ФПЧ и тем самым определяет коэффициент усиления ГП. На графике рис. 7 показана зависимость величины

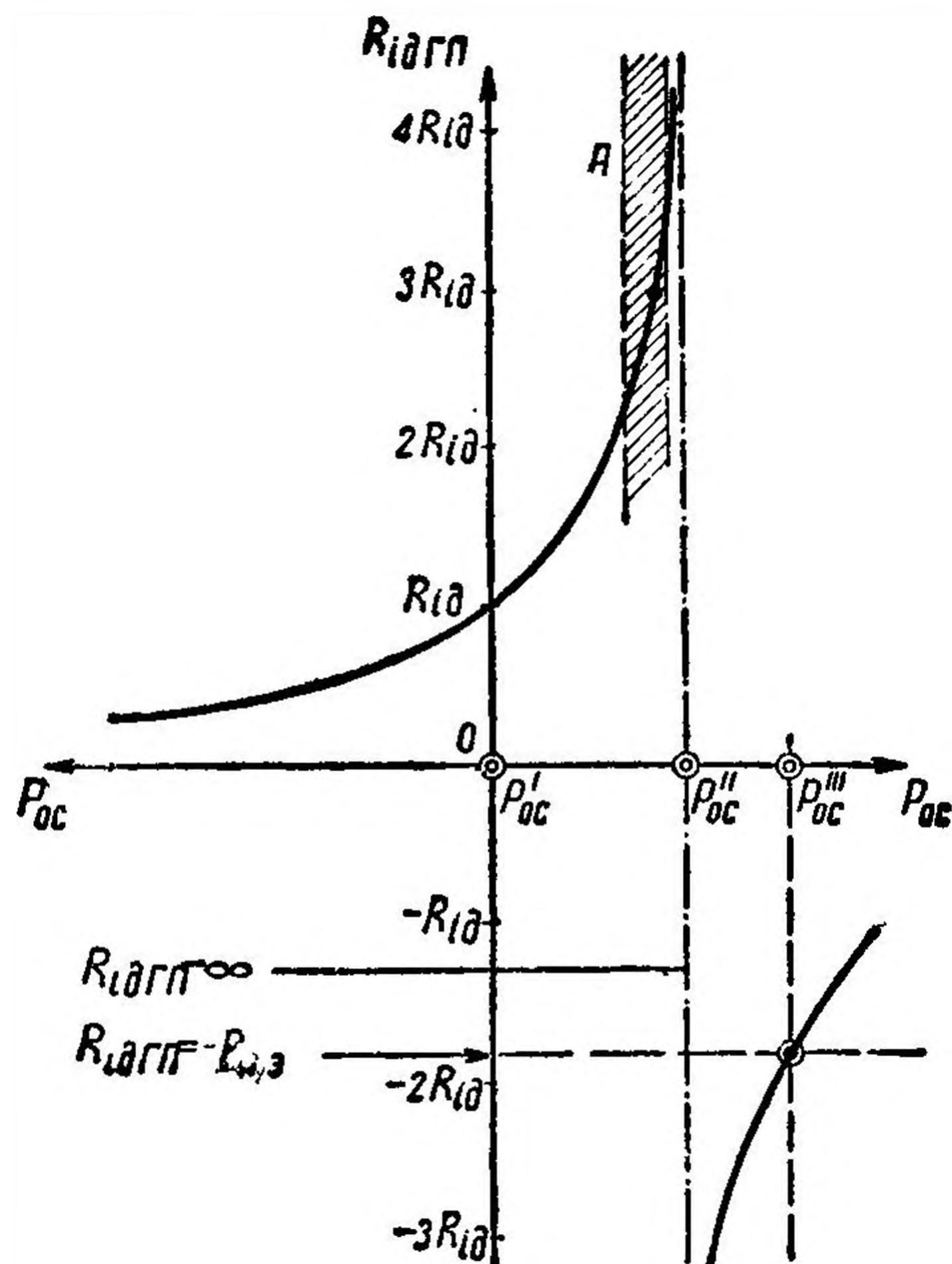


Рис. 7

$R_{ид ГП}$ от коэффициента обратной связи $P_{oc} = \frac{U_{пр.ос}}{U_{пр}}$. Эта зависимость характеризуется тремя особыми значениями коэффициента обратной связи, а именно:

1. Точка $P'_{oc} = 0$, соответствующая режиму нейтрализации моста ПЧ ($C_{бл} = C_{бл.кр}$). В этом случае $R_{ид ГП}$ равно $R_{ид}$ динамическому сопротивлению лампы в режиме генерации без обратной связи по промежуточной частоте.

2. Точка P''_{oc} , соответствующая такой положительной обратной связи, при которой внутреннее сопротивление лампы оказывается полностью скомпенсированным ($R_{ид ГП} = \infty$). Точка P''_{oc} находится на границе между положительными и отрицательными значениями динамического внутреннего сопротивления лампы.

3. Точка P'''_{oc} соответствует такой положительной обратной связи, при которой динамическое внутреннее сопротивление лампы (отрицательное)

равно входному сопротивлению ФПЧ ($R_{вз}$). Очевидно, что при дальнейшем увеличении P_{oc} преобразователь возбуждается на промежуточной частоте. На практике обратную связь устанавливают с таким расчетом, чтобы $R_{ид ГП}$ было высоким при достаточной устойчивости работы ГП. Это имеет место, если P_{oc} и $R_{ид ГП}$ соответствуют области А на рис. 7. Необходимую величину P_{oc} устанавливают путем подбора емкости конденсатора $C_{бл}$ при определенном C_c .

Выбор емкости конденсатора C_c ограничен тем, что этот конденсатор вместе с емкостью $C_{ск}$ образует делитель напряжения (рис. 8), уменьшающий коэффициент передачи сигнала из анодной цепи усилителя ВЧ на сетку ГП ($K_{увч-гп} = \frac{U'_c}{U_c}$). Поэтому емкость C_c определяют из условия:

$$C_c = (10 \div 20) C_{ск}$$

Как видно из рис. 8, для тока с частотой гетеродина i_r обе половины катушки связи $L'_{св}$ и $L''_{св}$ включены последовательно и „согласно“ и поэтому

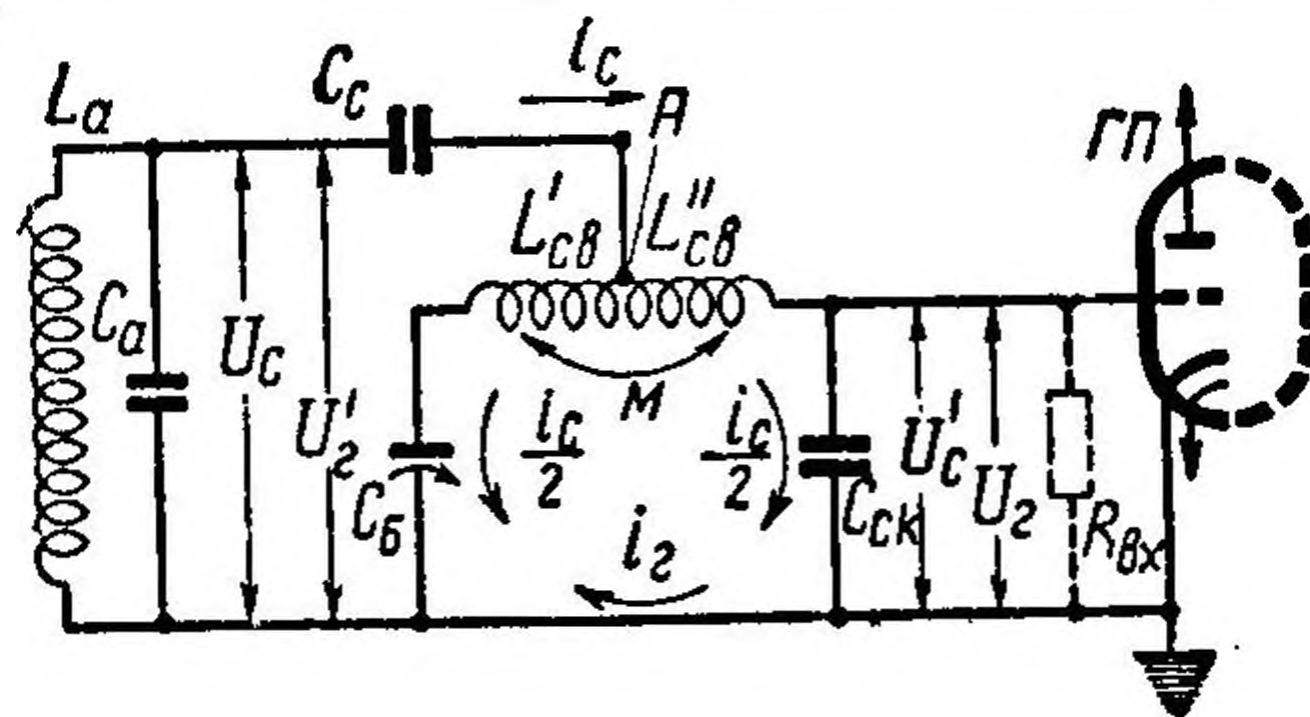


Рис. 8

общая индуктивность катушки связи $L_{св} = L'_{св} + L''_{св} + 2M$. В то же время для тока с частотой сигнала (i_c) $L'_{св}$ и $L''_{св}$ включены параллельно и „навстречу“ и индуктивность каждой ветви для тока i_c оказывается равной $L'_{св} - M$ (или $L''_{св} - M$). Исходя из этого, а также учитывая, что $C_{ск} = C_б$, можно определить величину $K_{увч-гп}$

$$K_{увч-гп} = \frac{1}{1 - 2\pi f_c \cdot C_{ск} (L' - M)}$$

Коэффициент $K_{увч-гп}$ определяет не только величину U , но и ряд других важных параметров ГП, как, например, входное сопротивление и общую входную емкость ГП, пересчитанные к зажимам анодного контура усилителя ВЧ. Анализ показывает, что наиболее рационально сделать $K_{увч-гп}$ равным 1. Для этого практически достаточно, чтобы коэффициент связи между $L'_{св}$ и $L''_{св}$ был равен 0,5—0,7. Это достигается выбором провода

(ПЭЛ 0,2—0,3), диаметра каркаса ($d \geq 6$ мм) и выполнением катушки $L_{св}$ в соответствии с рис. 9. Последнее позволяет также получить хорошую электрическую симметрию обеих половин катушки относительно точки А. Окончательная балансировка моста осуществляется с помощью конденсатора $C_б$. Если мост хорошо сбалансирован, то напряжение гетеродина на анодном контуре усилителя ВЧ (U'_r)

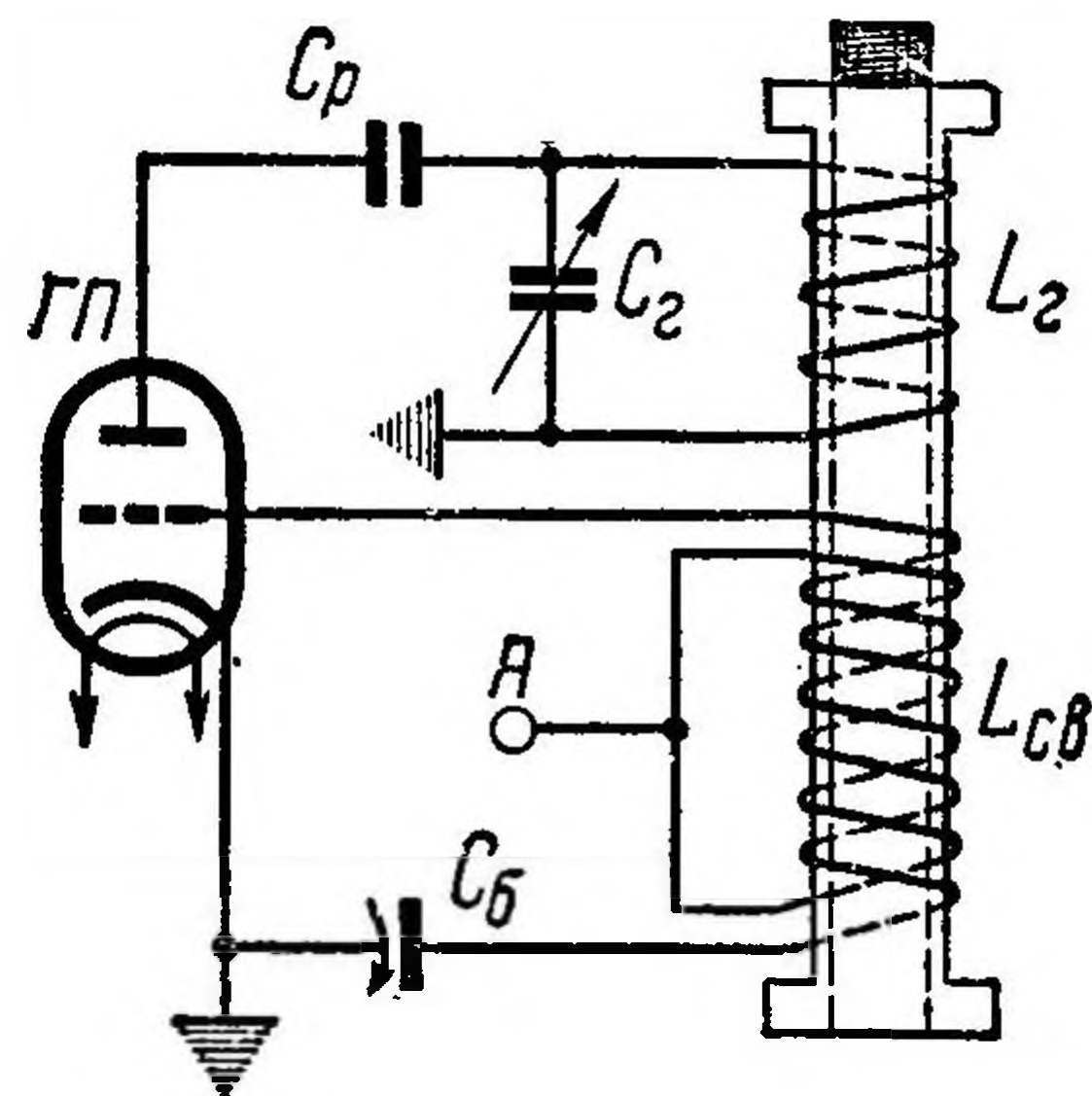


Рис. 9

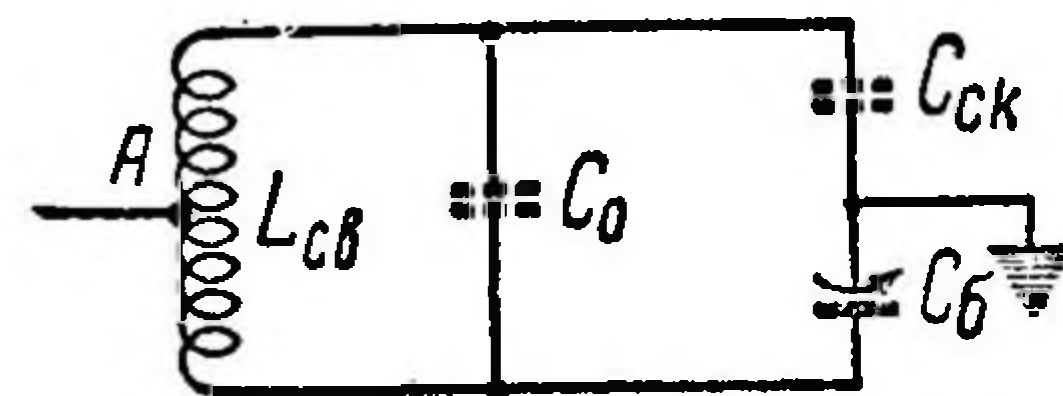


Рис. 10

не превышает 3—5% от напряжения гетеродина на сетке ГП (U'_r).

Все сказанное выше останется справедливым, если собственная резонансная частота сеточной цепи ГП $f_{с.о}$ будет не менее чем в 1,2 раза превышать максимальную частоту гетеродина $f_{г макс}$. Из этого условия определяется индуктивность катушки связи $L_{св}$ (рис. 10).

$$L_{св, мкГн} = \frac{1,75 \cdot 10^4}{f_{г макс, Мгц}^2 \left(\frac{C_{ск пф}}{2} + C_0 пф \right)}$$

Здесь C_0 — сумма емкости монтажа и собственной емкости катушки связи.

В заключение следует указать на возможность „затягивания“ частоты гетеродина при высоком уровне сигнала (U'_c) на сетке лампы ГП. В этом случае f_r становится равной f_c и преобразование частоты прекращается. Для борьбы с затягиванием частоты применяют специальные системы АРУ. С этой же целью следует отдавать предпочтение схеме гетеродина с контуром в цепи анода по сравнению со схемой с контуром в цепи сетки.

Усилитель ВЧ и входная цепь. Из трех распространенных схем усилителя ВЧ на триоде (рис. 11) схема с заземленным катодом (рис. 11, а) характеризуется высоким входным сопротивлением, что позволяет получить

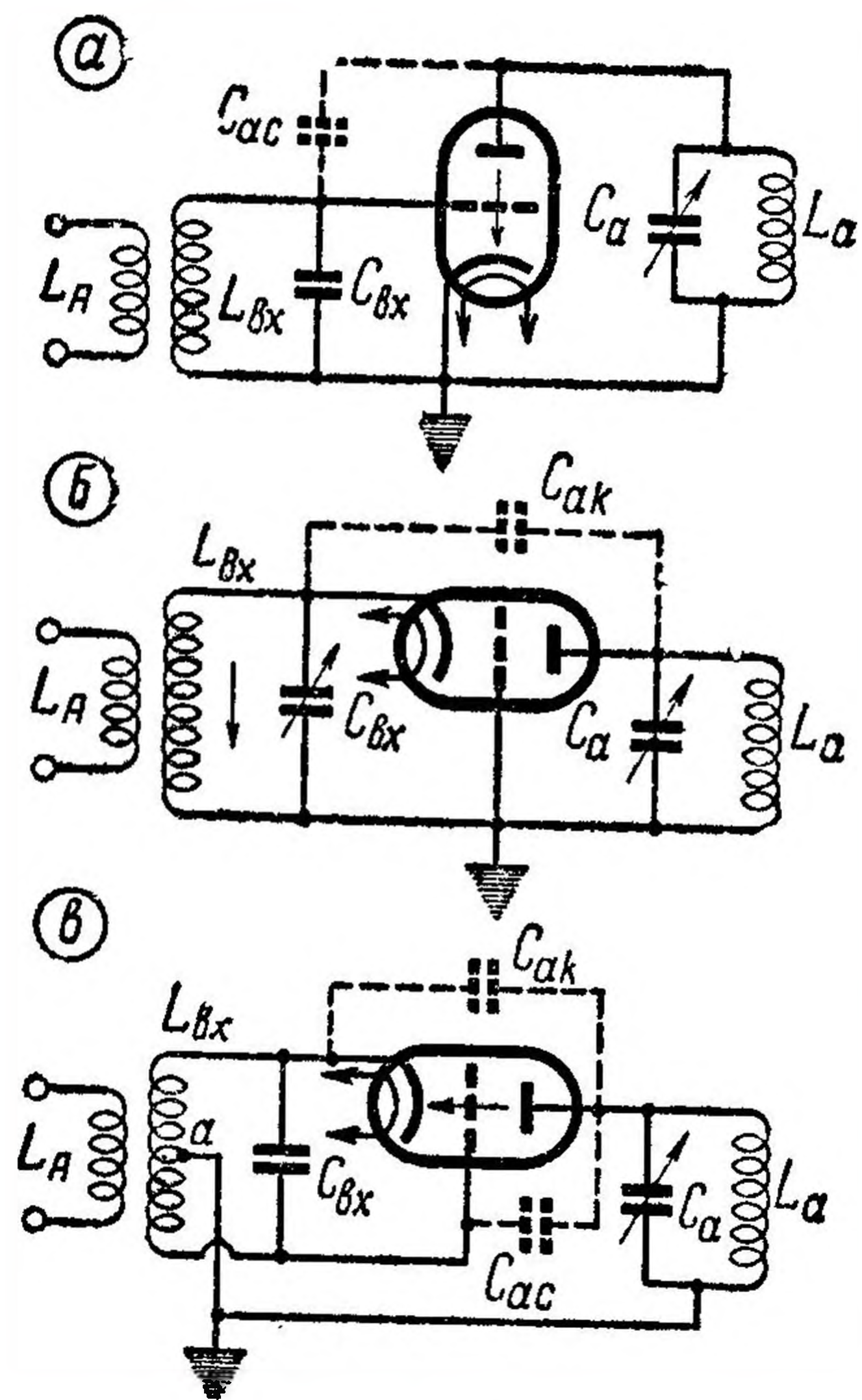


Рис. 11

большой коэффициент передачи входной цепи. Однако из-за большой проходной емкости C_{ac} усилитель ВЧ на триоде с заземленным катодом работает неустойчиво и не может быть применен в диапазонном УКВ приемнике. Применение усилителя по схеме с заземленной сеткой (рис. 10, б), отличающегося большой устойчивостью, также нежелательно из-за низкого входного сопротивления такого усилителя, а следовательно, малого коэффициента передачи входной цепи.

В описываемом УКВ блоке применен усилитель с заземленной промежуточной точкой a , сочетающий в себе достоинства двух рассмотренных выше схем. Точка a заземления входного контура подбирается с таким расчетом, чтобы получить устойчивое усиление при достаточном входном сопротивлении.

Входной контур $L_{вх}C_{вх}$ настроен на среднюю частоту диапазона — 70 МГц. Во входной цепи выбрана схема индуктивной связи с антенной, позволяющая соединить антенну с приемником коаксиальным кабелем или симметричным двухпроводным фидером.

Практическая схема и параметры УКВ блока. На рис. 12 изображена принципиальная схема УКВ блока,

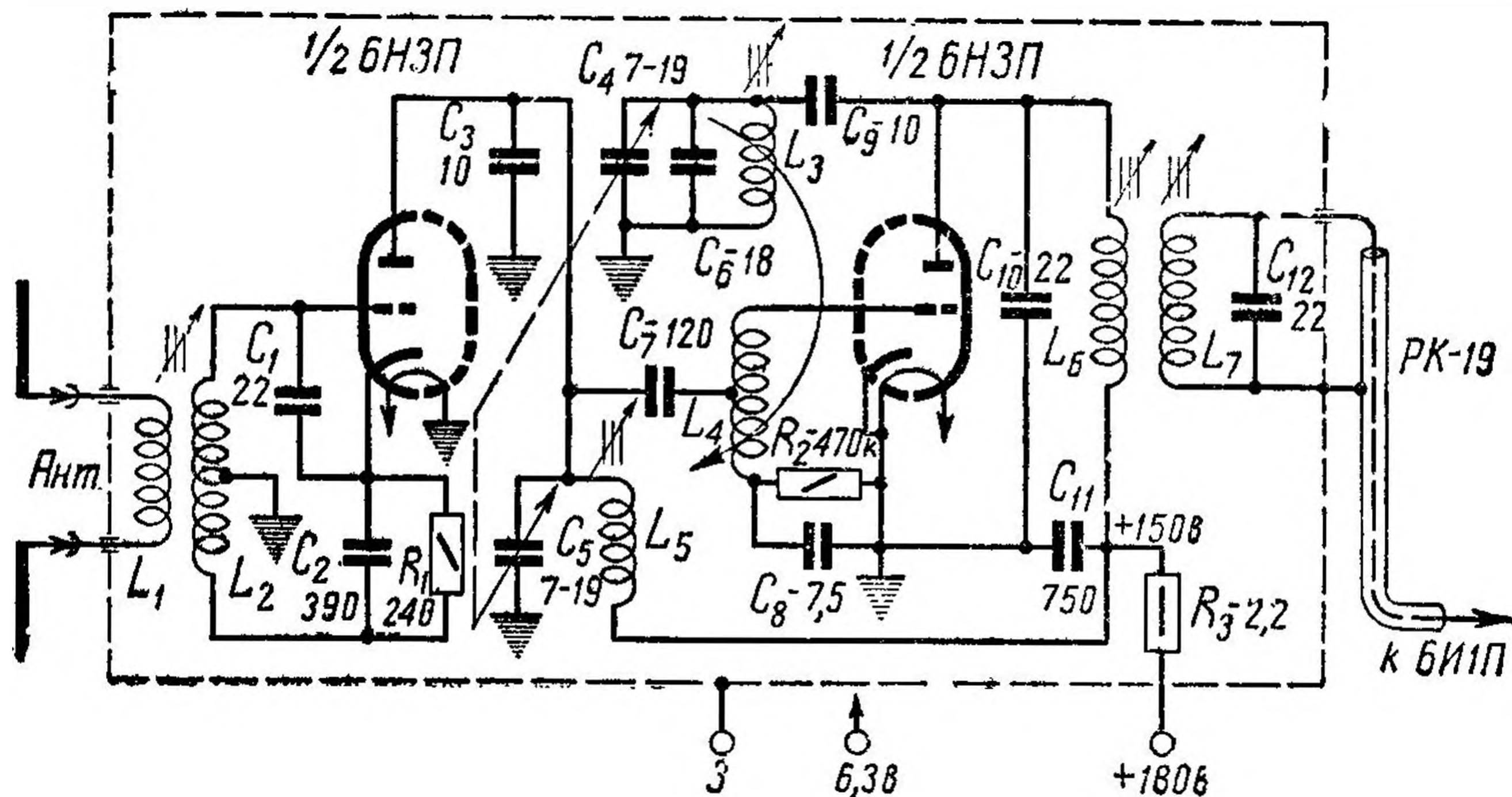


Рис. 12

который с небольшими изменениями в настоящее время применяется в унифицированных приемниках 1-го и 2-го класса. Этот УКВ блок имеет следующие параметры: диапазон частот 64–73,5 МГц, промежуточная частота 8,4 МГц, диапазон гетеродина 72,4–81,9 МГц, усиление блока (при $R_A = 75 \text{ ом}$) 300, в том числе усилитель ВЧ-15 и ГП-20, ослабление по зеркальному каналу 15 раз, ослабление помехи с частотой $f_{прчм} = 500$ раз, напряжение с частотой f_T на зажимах антенны не более 5 мВ, чувствительность приемника с УКВ блоком 2 мкВ.

Конструкция и монтаж*. Приведенные выше качественные показатели могут быть получены лишь в случае удачной конструкции и рационального монтажа УКВ блока.

Так, например, можно отметить сильную зависимость уровня паразитного излучения гетеродина от взаимного расположения и экранировки деталей, выбора точек заземления катушек и конденсаторов и т. п., проводимости внутренней поверхности шасси и экрана и надежности контакта между ними и ряд других факторов.

В центре горизонтальной части шасси УКВ блока крепится ламповая панель. Вокруг ламповой панели и в непосредственной близости к ее соответствующим лепесткам расположены все пять катушек блока.

Горизонтальная часть шасси экранирует входной контур от контура гетеродина, что весьма важно для уменьшения паразитного излучения, обусловленного прямым воздействием колебаний гетеродина на антенную цепь. Для еще большего ослабления прямой связи между этими контурами последние располагаются друг по отношению к другу взаимно перпендикулярно и на максимально возможном расстоянии.

Для устранения паразитной обрат-

ной связи в усилителе ВЧ, которая может привести к его самовозбуждению, катушки L_1 , L_2 и L_5 также располагаются под углом 90° и с разных сторон горизонтальной части шасси. Таким же путем ослабляют паразитную обратную связь по промежуточной частоте между катушками L_4 и L_6 .

Расстояние между катушками L_3 и L_5 выбрано достаточно большим и поэтому напряжение гетеродина на анодном контуре усилителя ВЧ, обусловленное прямой паразитной связью между катушками, оказывается намного меньше, чем напряжение, возникающее на L_5 при допустимой разбалансировке моста ВЧ.

Особое внимание следует обратить на монтаж деталей. Выводы конденсаторов C_{22} , C_{10} и C_3 следует сокращать до минимума и припаивать непосредственно к соответствующим лепесткам ламповой панели. Детали входной цепи следует располагать компактно. То же самое можно рекомендовать и в отношении деталей цепей гетеродина.

Лепесток катодного вывода лампы ГП, так же как и 5-й лепесток ламповой панели (внутренний экран), следует припаять непосредственно к шасси. К точке заземления 5-го лепестка следует подключать заземляемые детали цепей гетеродина.

Весь монтаж высокочастотных цепей следует по возможности вести кратчайшими путями, используя для этого достаточно жесткий провод.

От редакции. УКВ блок, устанавливаемый в настоящее время в унифицированных приемниках, имеет слишком большое «пролезание» напряжения гетеродина в антенну, что вызывает помехи приему телевидения. Заводы, выпускающие радиоприемники с УКВ блоком, должны принять меры к ослаблению этих помех.

Напряжение на входе УКВ блока от гетеродина должно быть не выше 5 мВ.

* См. 1-ю стр. вкладки.

КОНСТРУКЦИЯ УКВ БЛОКА

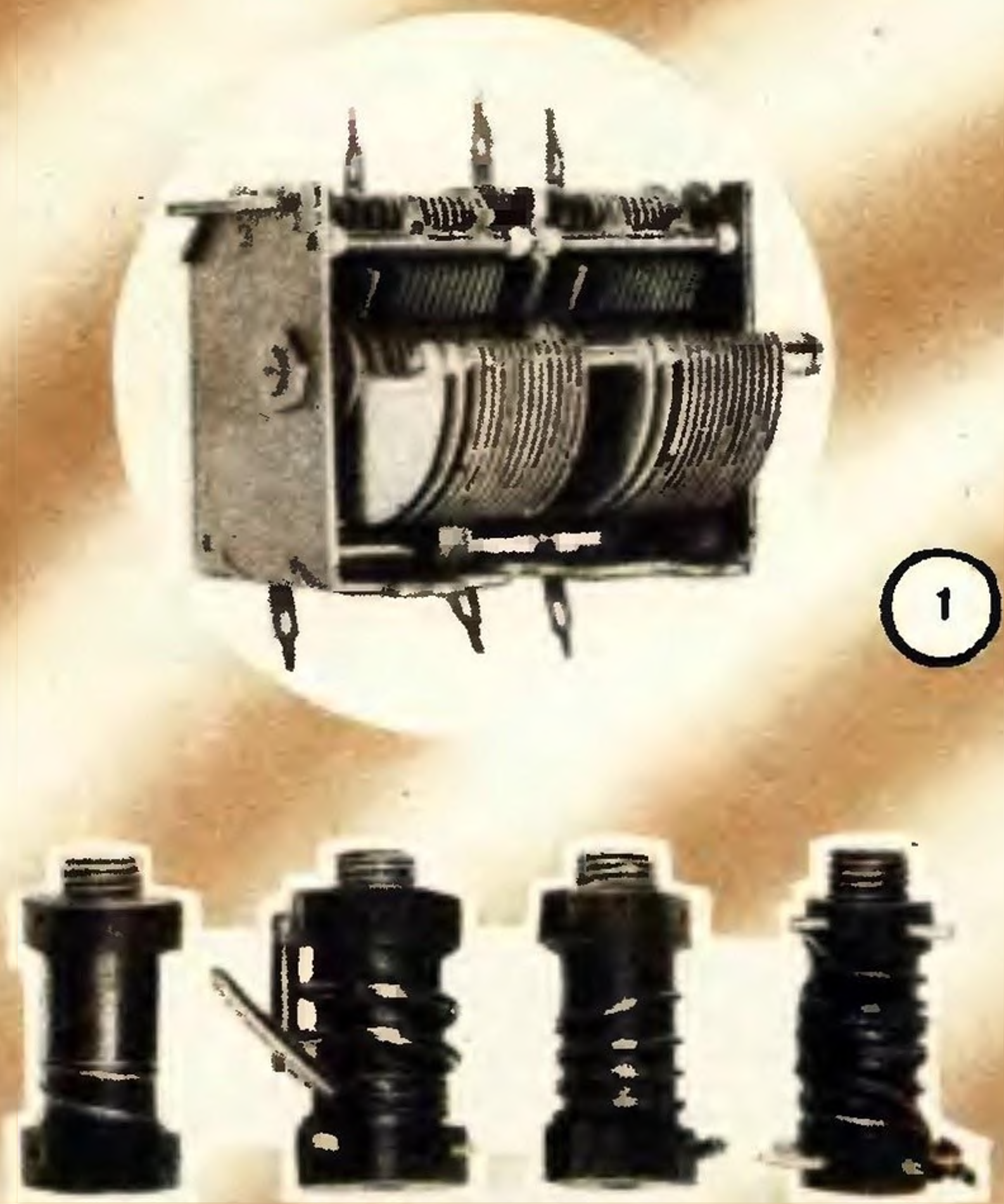
(К статье „УКВ блок для радиовещательных приемников“)

Конструктивной основой УКВ блока является шасси, выполненное из двух взаимно перпендикулярных пластинок (см. рис. 3). На шасси закреплены все детали блока, в том числе ламповая панель и контурные катушки (см. рис. 5). На шасси расположена также трехконтактная колодка, через которую к УКВ блоку подводятся питающие напряжения. Для того чтобы ослабить паразитное излучение гетеродина через цепи питания, эта колодка отделена от других деталей горизонтальной частью шасси, которая играет роль экрана.

Весь УКВ блок закреплен на конденсаторе переменной емкости и закрыт экраном из алюминия. Расположение УКВ блока непосредственно на КПЕ позволяет до минимума сократить соединительные провода и этим самым снизить паразитное излучение гетеродина.

Все катушки выполнены на полистироловых каркасах диаметром 8 мм и снабжены сердечниками из карбонильного железа. Катушки расположены таким образом, чтобы ослабить нежелательную связь между цепями гетеродина усилителя ВЧ и антенны.

Данные всех контурных катушек приведены в таблице.



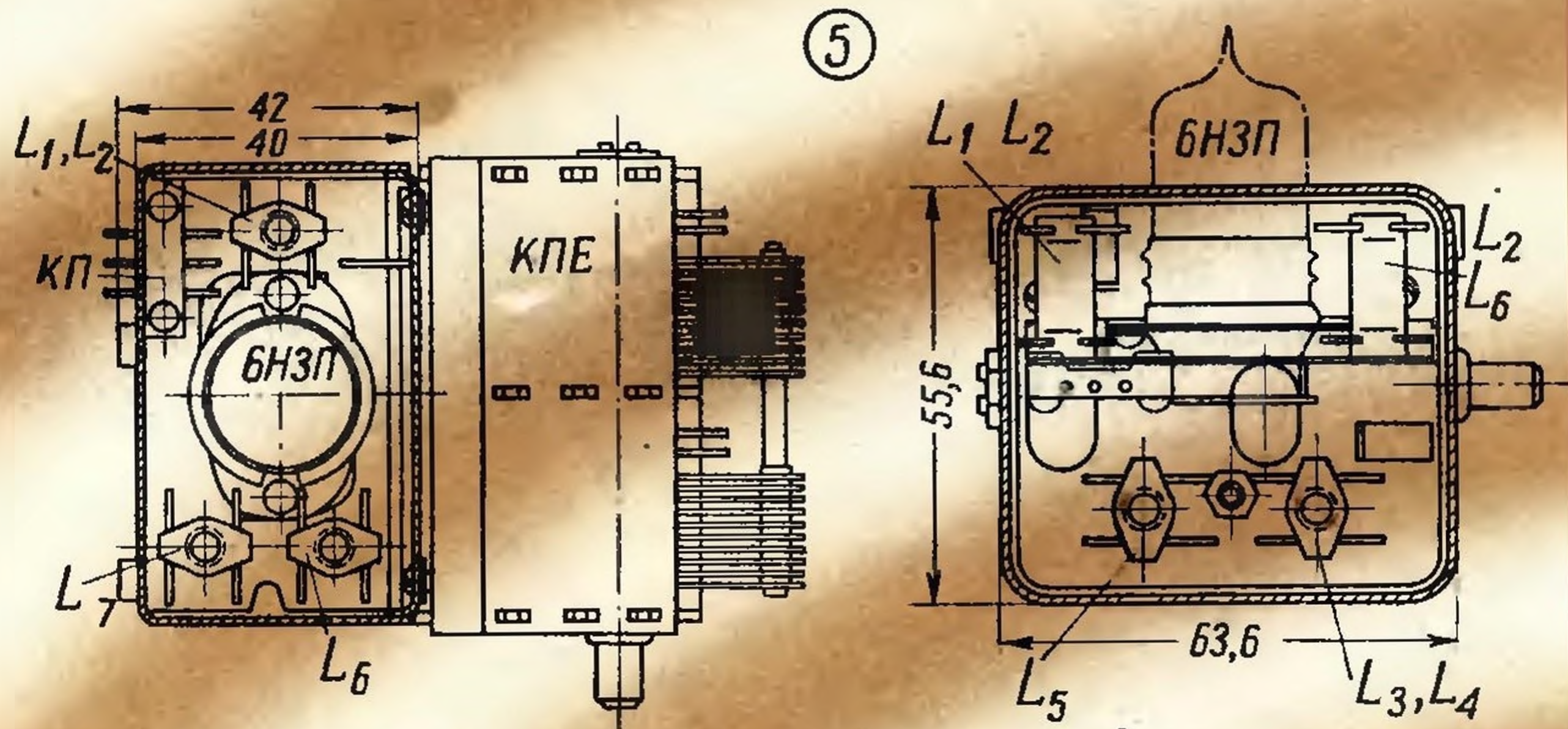
1



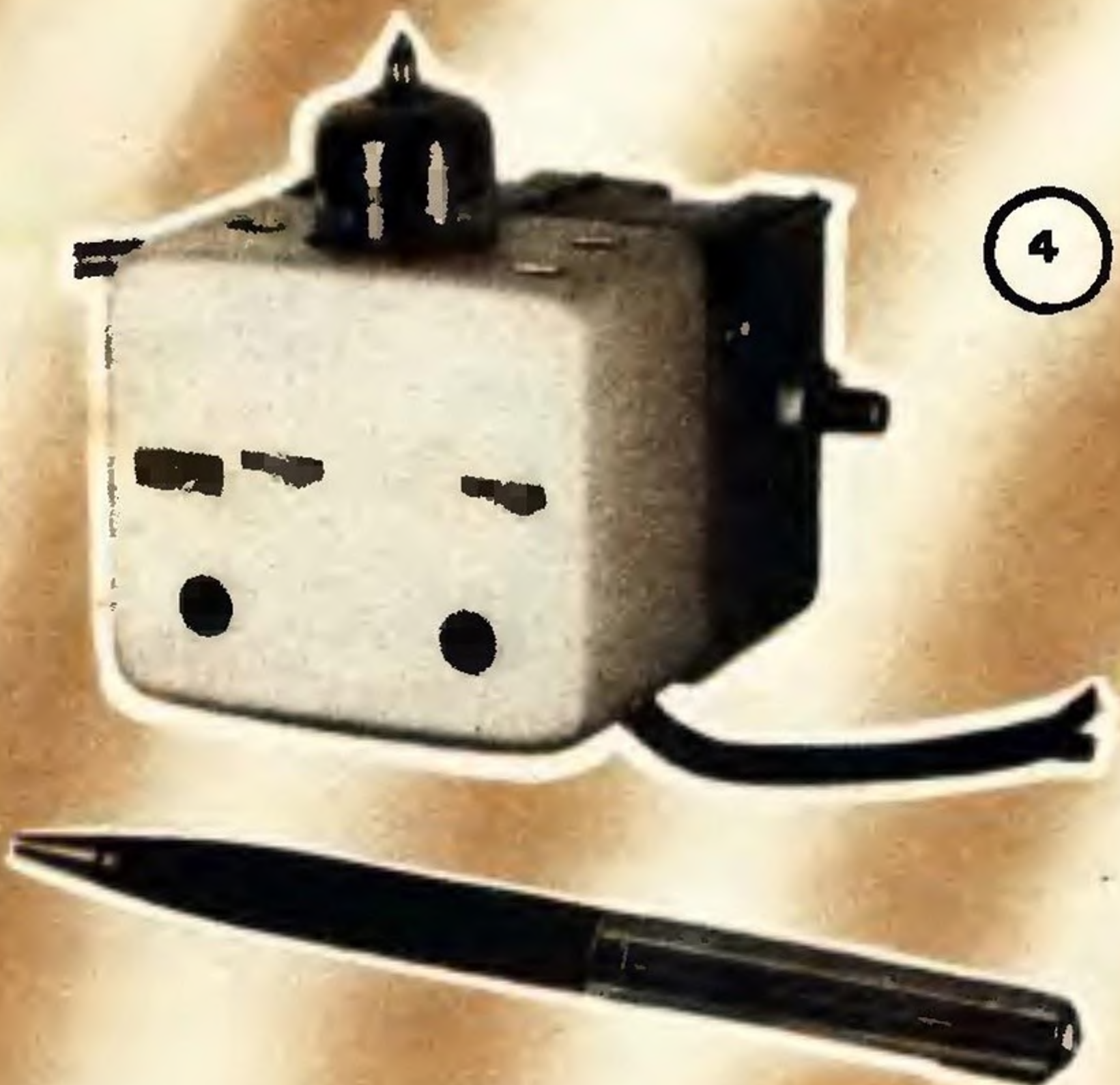
2



3



5



4

Обозначения на схеме	Индуктивность мкГн	Количество витков	Марка провода	Длина намотки (мм)	Сердечник	Обозначение выводов	Место подключения выводов	Эскиз
L ₁	0,17	35	ПЭЛШО 0,51	Между L ₂	Сердечники СЦР-1 из карбонильного железа с резьбой М-6	1 и 3	1 - к оплетке РК-19 3 - к внутр. жиле РК-19	
L ₂	0,19	55	ПЭЛ-1 0,8	9		2,4 и 5	2 - к R ₁ 4 - на сетку УВЧ 5 - к шасси блока	
L ₃	0,09	2,5	ПЭЛ-1 0,8	7		1 и 3	1 - к C ₉ 3 - к шасси блока	
L ₄	0,55	6	ПЭЛШО 0,51	4		2,4 и 5	2 - к C ₈ 4 - к C ₇ 5 - на сетку ГП	
L ₅	0,12	35	ПЭЛ-1 0,8	7		2 и 4	2 - к C ₁₁ 4 - к R ₃	
L ₆	9	32	ПЭЛ-1 0,2	8		1 и 2	1 - к аноду ГП 2 - к R ₃	
L ₇	9	32	ПЭЛ-1 0,2	8		1 и 2	1 - на оплетку РК-19 2 - на внутр. жилу РК-19	

ПЕЧАТНЫЙ УКВ БЛОК

(К статье „УКВ блок для радиовещательных приемников“)

Одним из прогрессивных технологических приемов, позволяющих резко снизить трудоемкость при производстве радиоаппаратуры, является изготовление ряда деталей соединительных цепей и отдельных узлов аппаратуры печатным способом.

Особо большие преимущества дает изготовление печатным способом УКВ блока для радиовещательных приемников (см. статью на стр. 34). Это связано с тем, что в УКВ блоке печатным способом выполняются не только соединительные провода, но и ряд контурных катушек. Таким образом удается получить практически абсолютную идентичность УКВ контуров. Это не только значительно упрощает изготовление катушек, но и облегчает налаживание УКВ блока.

Заготовкой для печатного УКВ блока служит пластинка из фольгированного гетинакса (толщина гетинакса 1,5 мм, толщина фольги 50 микрон). На пластинку со стороны фольги с помощью обычного плоскочечатного офсетного станка наносят кислотоупорной краской рисунок—соединительные цепи и имеющие вид спиралей катушки L_1 , L_2 , L_3 , L_4 и L_5 (см. стр. 37). Затем пластинку погружают в хлористое железо, где растворяется вся фольга, не покрытая кислотоупорной краской. После этого смывают краску и получают основу блока—нанесенные на гетинакс соединительные цепи и контурные катушки (рис. 1). Следующим этапом является вырубка отверстий для установки конденсаторов, сопротивлений, катушек L_6 и L_7 и других деталей. Все отверстия (рис. 2) пробиваются одновременно под одним прессом.

После установки деталей (рис. 3) и подготовки к пайке гетинаксовую пластинку погружают в ванну с припоем и таким образом производится одновременная пайка всех соединений (пайка погружением—см. рис. 4).

Изготовленный УКВ блок заключают в плоский стальной экран и закрепляют на блоке конденсаторов переменной емкости.

Применение печатного монтажа открывает возможности полной автоматизации производства УКВ блоков.

