

О ремонте генераторов ГЗ-118

А.Г. Зызюк, г. Луцк

Как известно, измерительное оборудование производства бывшего СССР широко используют не только по причине невозможности приобретения зарубежной измерительной техники (и высоких цен на нее), но еще и потому, что надежность и ремонтпригодность нашей измерительной техники впечатляет. Такая аппаратура способна работать многие годы, порой даже без серьезных ремонтов. А после замены дефектного элемента прибор способен отработать еще немало лет.

Однако ремонт измерительного оборудования имеет свою специфику, что отталкивает и многих специалистов-ремонтников, так что ремонт приборов становится проблемой. Процесс осложняется и тем, что в литературе практически отсутствуют описания функционирования измерительных приборов, не говоря уже об их ремонте. В лучшем случае удается раздобыть схему прибора. Даже в инструкциях по описанию приборов схемы нередко приводятся в таком "мутном" виде, что бывает непонятно (или невозможно) разобраться. Если прибор сложный схемотехнически (а заводские приборы именно этим характеризуются), то одной только схемы для успешного ремонта явно недостаточно, особенно если раньше подобное изделие ремонтировать не доводилось. В связи с чем автор решил поделиться некоторым опытом по ремонту генераторов ГЗ-118, надеясь, что эта информация пригодится многим нашим читателям.

Для успешного восстановления измерительного оборудования нужно иметь хорошее представление о его работе. Поэтому вкратце рассмотрим работу схемы генератора ГЗ-118. Основа генератора – задающий генератор (ЗГ). Это усилитель, охваченный одной цепью положительной обратной связи (ПОС) и двумя цепями отрицательной обратной связи (ООС). Неисправность практически любого элемента в этих цепях может привести либо к срыву колебаний ЗГ, либо к чрезмерному повышению неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Одна цепь ООС частотно-независимая, а вторая – содержит активный режекторный фильтр (АРФ) и наборы пассивных элементов, которые являются частото-задающими цепями.

Задающий генератор выполнен на дифференциальном усилителе (ДУ). Это транзисторы Т2, Т4, Т5, Т9–Т11 на плате 3.691. Здесь же находится и активный повторитель режекторного (частотозадающего) фильтра (АРФ). АРФ выполнен на транзисторах Т1, Т3, Т6–Т8, Т12, Т13. Частотоподающие элементы расположены в блоке 3.694 и в блоке коммутирующих резисторов. Схема АРФ совместно с эти-

ми наборами конденсаторов и резисторов формирует частотно-задающие цепи ЗГ.

На схеме многое выглядит обманчиво просто, на практике же поиск дефектов может отнимать массу времени. Часто ремонт не удается до тех пор, пока человек тщательно не изучит все узлы схемы. Неисправности, связанные с неравномерностью АЧХ (ЗГ) могут возникать не обязательно по причине дефектных элементов в блоке ЗГ (в схемах ЗГ или АРФ), но и в блоке 3.693 стабилизации выходного напряжения ЗГ. В состав схемы стабилизации выходного напряжения (ССВН) входит усилитель-ограничитель (УО) на ИМС-ОУ типа 544УД2, компаратор на ИМС типа 521СА3, управляющий включением реле Р1 (оно находится в схеме ЗГ), и пиковый детектор (ПД), собранный на дискретных элементах. Однако встречались неисправности и в выходном усилителе (ВУ) – блоке 3.692. Были и такие, что приводили и к завалу АЧХ. ВУ выполнен по высококачественной широкополосной схеме на ОУ 544УД2 и транзисторах Т19–Т24. Стабилизаторы напряжения (СН) двухполярного блока питания (БП) на напряжение 2х24 В представлены блоком 3.703.

Коротко о важнейших особенностях схемотехники отдельных узлов ГЗ-118. Особенностью схем промышленного оборудования является то, что замена дефектного элемента, как правило, не требует последующего подбора (замены) других элементов, если параметры вновь устанавливаемого элемента находятся в допустимых пределах. С этой целью схемотехника приборов разработчиками значительно усложняется, часто весьма существенно, но при этом достигается великоценная повторяемость конструкции. После ремонта достаточно произвести подстройку штатными регулировочными элементами схемы, чтобы прибор полностью восстановил свои параметры. Не правда ли, замечательное обстоятельство! Вот почему среди радиолюбителей так популярны многие промышленные схемы (удачных конструкций). Не исключением является и схемотехника блоков ГЗ-118.

Непосредственно ЗГ выполнен всего лишь на шести транзисторах (ДУ), остальные схемы намного сложнее. Как правило, именно на них приходится основная масса неисправностей ГЗ-118 (не забывая о блоке питания (БП) и ВУ), связанных с заменой радиодеталей. ДУ имеет редко встречающееся исполнение второго каскада (тоже ДУ) на транзисторах разной проводимости Т10 (2Т312Б) и Т11 (2Т313Б). Так реализован симметричный (балансный) вход и несимметричный (небалансный) выход этого каскада. Транзистор Т9 – ге-

нератор стабильного тока (ГСТ), стабилизирующий режим работы Т10 и Т11. Полевой транзистор (ПТ) Т2 входит в цепь делителя ПОС. Поэтому сопротивление (сток-исток), а значит, и глубина ПОС изменяется сигналом, поступающим из ПД платы 3.693.

Переменное напряжение между стоком и стоком не должно превышать 0,1В. Увеличение этого напряжения приводит к значительному росту коэффициента гармоник (Кг) ЗГ. Делитель напряжения R8R9R85R105 и канал ПТ Т2 образуют регулируемую цепь ПОС. Пока управляющее переменное напряжение на затворе ПТ Т2 около 1 В, переменное напряжение между стоком и истоком Т2 примерно 0,1 В. Когда управляющее напряжение превысит 3 В, в цепь ПОС включается резистор R101. Это осуществляется с помощью реле Р1 при размыкании его контактов (2-3). Работой реле управляет компаратор У3 на плате 3.693. Так устраняется резкое увеличение переменного напряжения между стоком и истоком ПТ Т2 и предотвращается рост Кг в ЗГ. Уменьшению Кг способствуют и элементы R3, R6.

Среди замечательных особенностей схем прибора отметим практически повсеместное шунтирование электролитических конденсаторов (ЭК) неэлектролитическими высокочастотными. Схемотехнике прибора уже не один десяток лет, а радиолюбители стали использовать такой метод намного позже. Увеличение эквивалентного последовательного сопротивления (ЭПС) присуще всем типам ЭК, какими бы качественными они не были.

Несмотря на то, что в измерительном оборудовании применяли только высококачественные комплектующие, десятки лет эксплуатации не проходят бесследно. Первыми сдают позиции полупроводниковые приборы и ЭК (коммутационные элементы сейчас рассматривать не будем). Большинство ЭК и стабилитронов (по цепям питания) зашунтированы штатными конденсаторами 0,047 мкФ. Такой емкости для устранения ЭПС явно недостаточно на частотах до 200 кГц. В связи с чем емкости этих конденсаторов следует увеличить хотя бы до 0,47 мкФ (К10-17).

Дело в том, что у длительно работавшего (многие годы) прибора, в меньшей или большей степени, ЭПС ЭК возрастает и отрицательно проявляется на работе прибора. Комплексное сопротивление конденсатора емкостью 0,047 мкФ слишком велико, чтобы снизить ЭПС ЭК на частотах 30...200 кГц. Поэтому ряд ЭК шунтировали конденсаторами емкостью 0,47...1,0 мкФ (К10-17).

Таким простым способом удалось восстановить (уменьшить) неравномерность АЧХ у двух генераторов ГЗ-118, находив-

шихся в ремонте. Вышеуказанные конденсаторы припаивали параллельно штатным: С4, С7 (3Г), С1, С3, С8, С10, С12 (АРФ), С18, С22, С24, С30, С33, С35, С47 (плата 3.693) и С57, С63, С64, С66 и С67. Припаивание к штатным конденсаторам отнимает времени намного меньше, чем замена, поэтому и выбирали такой способ. Ремонт же измерительного оборудования – дело хлопотное, поэтому немногие решаются этим заниматься. Замена всех ЭК новыми и самыми наилучшими не исключает проблем с ЭПС. Замена одного или нескольких из обнаруженных дефектных тоже малоутешительна, если в конструкции остались десятки подобных кандидатов на увеличение ЭПС. Так что предлагаемый способ уменьшения можно рекомендовать для многих других случаев, где требуются ЭК с малым и стабильным ЭПС. В практике ремонта и конструирования такой метод многократно подтвердил свою эффективность.

Когда имеется в наличии хороший измеритель ЭПС, способный не просто индизировать наличие ЭПС ("ориентируясь на местности" в диапазоне 1,0...20 Ом), а измерять малые величины ЭПС (от 0,1 и до 1,0 Ом), тогда и потенциального кандидата на увеличение ЭПС найти несложно. У исправного ЭК нормального качества (20...50 мкФ) ЭПС не может быть больше 2,0 Ом. Точнее, все ЭК (20...50 мкФ, применительно к ГЗ-118) с ЭПС более 1 Ом следует заменять. С помощью такого измерителя ЭПС можно работать наверняка, заменяя лишь наихудшие ЭК. Вот чем особо ценен измеритель ЭПС, способный измерять минимальные величины ЭПС. Кроме того, из новых ЭК можно будет выбирать наилучшие и устанавливать их в самые ответственные места, т.е. там, где наибольший ток и частота (блокирующие цепи питания, например). Как видим, старый подход в ремонте любой техники себя изживает, так как ремонт с помощью одной отвертки и тестера подобен минеру, не имеющему миноискателя. Примечательно то, что в большинстве случаев ЭПС ЭК можно выявлять и без выпойки ЭК из схемы. Если нет прибора, то проще применить шунтирование, чем мучиться с выпайванием и проверкой.

Ремонт генератора осложняется дополнительными связями между его блоками. УО собран на ИМС 544УД2 (У1). Вместе с переменным напряжением с выхода генератора (ВУ) сюда (контрольная точка 6 на плате 3.693) поступает регулируемое опорное напряжение отрицательной полярности (контр. точка 7). Для исключения положительного сигнала на выходе ОУ использован диод Д12, который включен в цепь ООС ИМС. У исправного прибора на выходе этого ОУ присутствуют импульсы отрицательной полярности в виде отсеченных вершин синусоиды выходного напряжения ЗГ, которые превышают опорный уровень.

Еще одним ответственным узлом является ПД. Он выполнен на транзисторе Т18 и конденсаторах фильтра Сф – С18, С27, С30.

С выхода УО импульсы отрицательной полярности через эмиттерный повторитель Т18 поступают на один из этих конденсаторов. Так осуществляется их заряд. Разряд происходит через резисторы R49 и R55. С конденсатора Сф через составной транзистор Дарлингтона Т14 и Т15 напряжение поступает (через стабилизатор Д9) в цепь ПОС ЗГ на затвор ПТ Т2. За уменьшение времени восстановления выходного напряжения генератора при перестройке частоты отвечает схема на транзисторах Т16 и Т17.

Проблемы неравномерности АЧХ (при работе во всех диапазонах) создают элементы этой схемы. Обычно это связано с дефектами конденсаторов С24 и С32. Задача данной схемы – обеспечить заряд конденсатора Сф при отсутствии колебаний ЗГ. При наличии колебаний ЗГ отрицательные импульсы на выходе УО обеспечивают открытое состояние Т17. Тогда стабилизатор Д11 закрыт, закрыт и транзистор Т16, так как напряжения на конденсаторе С32 недостаточно для открывания Д11. Когда же колебания ЗГ срываются, на выходе УО импульсы отсутствуют, Т17 закрывается, а напряжение на С32 увеличивается. В ситуации, когда напряжение на конденсаторе С32 превысит напряжение стабилизации Д11, транзистор Т16 открывается и через резистор R54 разряжает один из конденсаторов, подключаемый переключателем В1-2. В качестве источника опорного напряжения (ИОН) используется стабилизатор отрицательного напряжения (СН) -24 В. ИОН образован резисторами R66, R67, R70 (2,2 кОм), R69 (240 Ом). С переменного резистора R70 опорный сигнал поступает на контрольную точку 7 платы УО 3.693. Резистор R70 является регулятором выходного напряжения генератора.

Выходной усилитель (ВУ) интересен не только с точки зрения ремонта, но и в плане оригинальности его схемотехники. Поэтому кратко рассмотрим особенности схемы ВУ. ОУ 544УД2 обеспечивает основное усиление ВУ и суммирование трех сигналов: сигнала ООС с выхода ВУ, сигнала компенсации с АРФ и входного сигнала. На транзисторах Т19 и Т21 собран каскодный усилитель напряжения по схеме ОЭ-ОБ. В такой схеме можно достигнуть малого Кг, что очень важно, так как ГЗ-118 является генератором прецизионной формы сигнала. Но малый Кг УО достигим только при соответствующем режиме всех каскадов УО. ГСТ на транзисторе Т20 определяет ток транзистора Т19. Величина этого тока зависит от резистора R87. Его регулировкой добиваются минимального Кг.

Выходной каскод УО – эмиттерный повторитель Т23 и ГСТ на транзисторе Т24. ВУ работает в режиме класса А. Ток покоя должен находиться в пределах 40...45 мА. На транзисторе Т22 выполнен узел защиты (для Т23) ограничителя по выходному току. Резистор R94 – датчик тока. Для получения низкого Кг ВУ охвачен глубокой ООС через резистор R74. Бла-

годаря дросселю ДР2 достигнута устойчивость ГСТ на высоких частотах. Дроссель ДР3, как и ДР1 в схеме ЗГ, обеспечивает устойчивость при работе на емкостную нагрузку. Блок ВУ 3.692 служит не только для обеспечения заданной мощности в цепи нагрузки и исключения влияния нагрузки на работу ЗГ, но и для уменьшения суммарного Кг.

Очень ответственным узлом генератора является схема АРФ. На транзисторах Т12 и Т13 собран истоковый повторитель со следящей ОС. На транзисторах Т6 и Т8 выполнен эмиттерный повторитель. Он также со следящей ОС, однако здесь резисторная нагрузка (как в случае с ПТ Т13) заменена ГСТ Т7. Выходное напряжение с большим содержанием гармоник, выделенных из выходного сигнала ЗГ, поступает на вход ИМС ВУ (контр. точка 1 на плате 3.692). Таким образом блок ВУ используется и в качестве эффективного компенсатора искажений сигнала ЗГ.

Блок питания (БП)

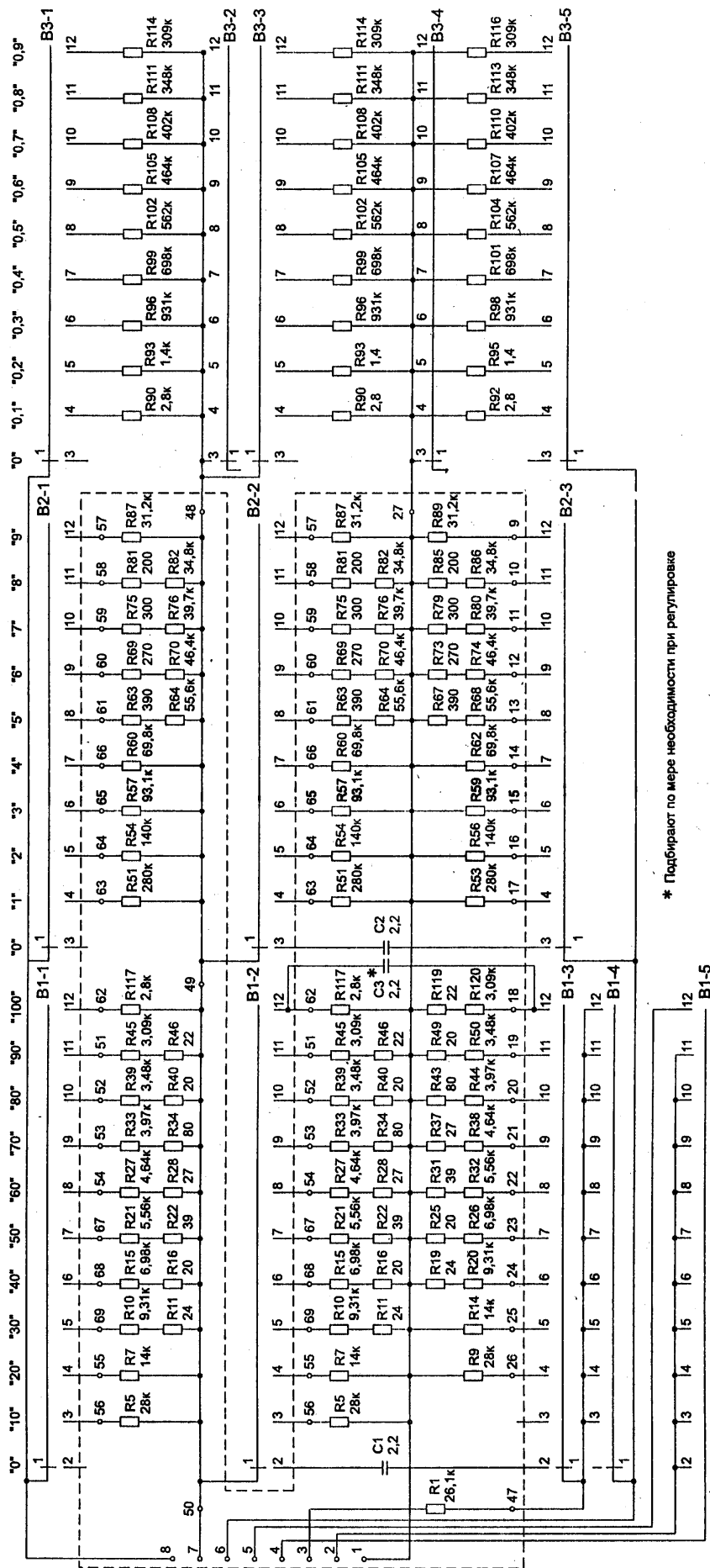
БП содержит три схемы. Стабилизатор напряжения (СН) на +24 В, СН на -24 В и схема БП на транзисторах Т3 и Т4 на ток 0,3...2 А. Оба СН рассчитаны на ток 0,25 А.

Схема СН на +24 В является ИОН и для отрицательного плеча 24 В. Последовательное соединение обоих СН образует двухполярный СН. Общий для них ИОН выполнен на прецизионных стабилизаторах Д11 и Д12 типа Д818Д. Оба СН выполнены практически по одной и той же схеме. Силовые транзисторы Т11 и Т12 типа 2Т809А. Они включены в разрыв отрицательных шин своих выпрямителей. В каждом выпрямителе СН использовано по 3 шт. 200 мкФ (K50-20x100 В), т.е. по 600 мкФ в каждом сглаживающем фильтре выпрямителя СН.

Вместо неисправных конденсаторов К50-20 устанавливали К50-24 или К50-29. При этом необходимо было предусмотреть крепеж новым конденсаторам. Несмотря на разницу между К50-20 и К50-29 (или К50-24) в размерах и в конструктивном исполнении, это сделать несложно. Ремонт получается с нетиповой заменой деталей, зато одним конденсатором заменяли сразу три экземпляра К50-20, и без ухудшения параметров БП. Выбирали конденсаторы 1000 мкФх63 В. Напряжение на конденсаторах С14–С19 не превышает 50 В (при сетевом напряжении 220 В и того меньше – не более 43 В), поэтому нет необходимости в поисках 100-вольтных конденсаторов. Параллельно каждому конденсатору К50-29 или К50-24 включали неэлектролитический типа К73-17х63 В. Диоды Д13–Д16 типа 2Д204 заменяли более мощными и надежными 2Д213 (КД213) с любым буквенным индексом. Эти диоды лучше всего подходят сюда, благодаря малым габаритам и скорости операции замены. В данной ситуации им не нужны никакие теплоотводы.

Проблем с ремонтом могло быть намного меньше, если бы владельцы техники никогда не использовали вместо предо-

Транзисторы	Диоды
Т1, Т2, Т3, Т5, Т7, Т9, Т11, Т12, Т14-Т19 - 2Т313Б;	Д1, Д14, Д15 - 2С213Ж;
Т11, Т13-Т15, Т17, Т19 - 2Т313Б;	Д5, Д20 - 2С212Ж;
Т2 - 2П103Д; Т6 - 2Т326Б; Т8 - 2Т368А;	Д6 - 2С210Ж; Д7 - 2С182Ж
Т10 - 2Т312Б; Т13 - 2Т303Е; Т20-Т22 - 2Т608Б;	Д8, Д10, Д12, Д16, Д19 - 2Д522Б;
Т23, Т24 - 2Т928Б.	Д9, Д11 - 2С156Б; Д13 - ДБ14Д;
	Д17 - 2С175Ж; Д18 - 2С456А;
	Д21 - 2С468А
Микроэлектроника	
У1, У2 - 54УД2А	
У3 - 521СА3	
Конденсаторы	
С19 - 0,082МЖ;	С20 - 8200; С21 - 780; С25 [*] - 50
С38 - 9850; С36 - 0,49175; С37 - 0,0984; С38 - 9850; С39 - 82; С40 - 1000; С41 - 33	
С44 - 0,49175; С45 - 0,49175; С48 - 0,0984; С50 - 9850; С51 - 82; С52 - 1000	

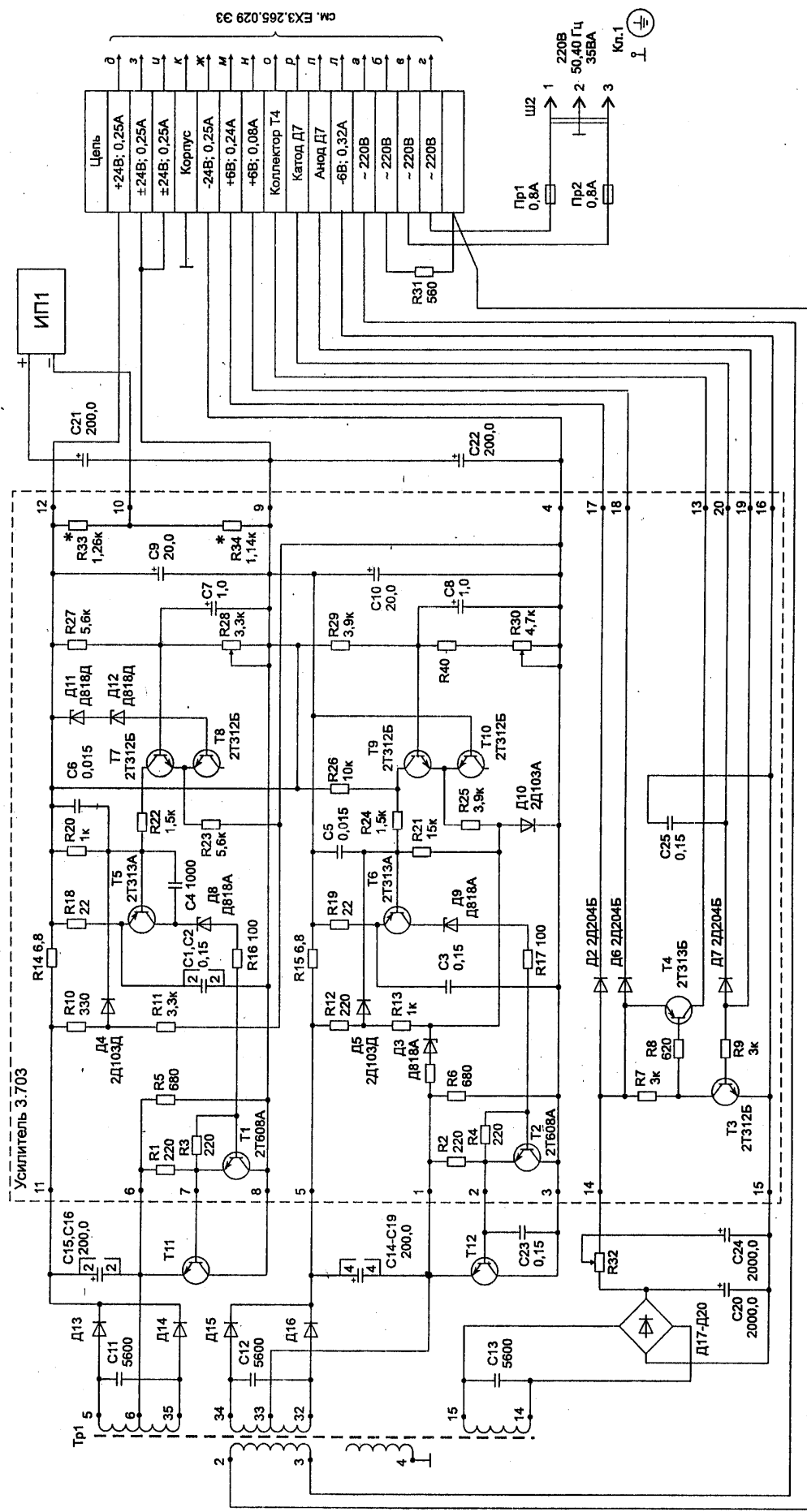


* Подбирают по мере необходимости при регулировке

Вместо дефектных транзисторов БП типа 2Т313А использовались КТ3107А, а вместо 2Т312 – КТ3102А. Основной упор делался на проверку Укз.макс. Проверка аналогична силовым транзисторам, но режимы иные. Напряжение равно 50 В, а сопротивление Б-Э равно 1,5 кОм. Стопроцентно доверять проверке одним лишь омметром нельзя, тем более когда проверяемый транзистор должен будет работать при напряжениях, превышающих напряжение источника питания омметра в десятки раз.

Есть причины и в выборе, т.е. сортировке имеющихся транзисторов по напряжению. При ремонте низковольтной ширпотребовской техники еще допустим упрощенный подход в проверке деталей (одним только омметром, традиционно для большинства ремонтных мастерских). Впрочем, что греха таить, по причине таких поверхностных проверок комплектующих и объяснимы многие повторные ремонты РЭС с заменой одних и тех же деталей. Есть над чем задуматься.

Один из генераторов длительно эксплуатировался при повышенном сетевом напряжении, что привело к дефекту его сетевого трансформатора (СТ) Тр1 типа ТС-73. СТ выгорел так сильно, что владделец пожелал заменить его новым СТ, причем тороидального типа. Магнитопровод нового СТ имеет внешний диаметр 82 мм, внутренний – 52 мм, а ширина ленты (высота сердечника) равна 30 мм. Сетевая обмотка содержит 1300 витков. Обмотки 5-6-35 – 2х184 витка, 32-33-34 – 2х184 витка, 14-15 – 53 витка. Все обмотки намотаны проводом ПЭЛШО-0,41. Между первичной и экранной обмотками расположен слой лакоткани. Экранная обмотка содержит один слой провода ПЭЛШО-0,41. Получен ток “холостого хода” менее 6 мА. Металлический экран не применялся. Новый СТ установили на высободившееся пространство после замены конденсаторов К50-20 на К50-



29В (см. выше). Резисторы R14 и R15 — датчики тока защиты по току от КЗ по выходам СН. Подстроечные резисторы R28 и R30 служат для установки выходных напряжений СН. Схема на транзисторах Т3 и Т4 служит для индикации набора частоты при различных комбинациях положений переключателя "Множитель" и старшей декады набора частоты "Hz".

О других неисправностях генератора

Отсутствует сигнал на выходе генератора, нет сигнала и в точке 2 платы 3.692. На выходе 3Г также нет сигнала. Необходимо выяснить, в каком блоке находится неисправность. Поиск начинали с платы 3.691, непосредственно со схемы 3Г. Для этого сначала отсоединяли перемычку П1, находящуюся в цепи ОС, соединяющую инвертирующий вход 3Г и выход истокового повторителя. Через резистор R19 ООС с выхода 3Г (коллектор Т10) поддерживает постоянное напряжение на выходе 3Г на постоянном уровне (-2...-3 В). Однако цепь ПОС также влияет на режимы и по постоянному току. Поэтому для проверки 3Г на режимы по постоянному току во время отсутствия сигнала на выходе 3Г, нужно разорвать и соединение П2. Постоянное напряжение на выходе 3Г после этого должно уменьшиться, если оно было завышено. Если данные операции мало влияют (или не оказывают никакого влияния) на потенциал выхода 3Г, то проверяли ПТ Т2 (в первую очередь, на обрыв канала С-И). Замыкая точку Г (сток ПТ Т2) на общий провод схемы 3Г, удостоверяются в минимизации напряжения на выходе. Если и сейчас нет влияния на указанный потенциал, то в схеме 3Г имеется неисправный элемент.

Иногда везло и дефектный элемент удалось найти быстро, с помощью проверки омметром симметричности переходов Б-Э и Б-К. Если сопротивления переходов отличаются более чем в 1,5 раза, не

говоря уже об обрыве одного из переходов, то такой транзистор следует заменять без сомнений. Практика доказала, что транзисторы с большой разницей сопротивлений переходов – первые кандидаты на “вылет”. Если они эксплуатируются в напряженных тепловых режимах, то это лишь способствует их ускоренной деградации. Когда проверены и тем более выпаяны из платы все транзисторы, но неисправный элемент не найден, то проверяют резисторы. Это не долго и несложно, зато может избавить от бесцельно потраченного времени на поиски дефектов.

Встречаются на практике резисторы, сопротивление которых (без видимых на то внешних проявлений) резко повышается. Были случаи и с полным обрывом сопротивления. Итак, найден неисправный транзистор Т11 (обрыв перехода К-Э). Его заменили КТ9115 А. При замене любого из транзисторов Т10 и Т11 желательно устанавливать близкие по усилению ($h_{21э}$). Малоомные широко распространенные КТ3107, к сожалению, сюда не подходят по параметру $R_{к.макс}$. Коллекторный ток Т11 около 15 мА, а почти все напряжение приложено к Т11. Отсюда и перегрев именно Т11. Транзистор КТ9115 прекрасно работает в паре с КТ940 или с КТ969, и не только в аудиои видеосигналах, но и в измерительной технике. Практика ремонта и конструирования лишь подтверждает все сказанное.

Остается похвалить схемотехнику генератора, позволяющую устанавливать иные типы транзисторов без каких-либо изменений в схеме. Кстати, за “военные” полупроводники, да и просто за металлические корпуса, особенно за новые, продавцы требуют много денег (N-кратно “пластмассе”). Указанными транзисторами (КТ9115А, КТ965А и КТ940) можно с успехом заменять многие зарубежные. Транзистор Т9 находится в нормальном (облегченном) тепловом режиме, поэтому его замена – редкость, разве что в комплекте с Т10 и Т11. В качестве Т4 и Т5 применяли подобранную пару КТ3107А. Несмотря на то, что на практике выходил из строя только один из них, заменять лучше оба сразу. Очень уж ответственное место в схеме. Подбирали Т4 и Т5 при $I_k=5$ мА и $U_{кэ}=13$ В. Параметр $h_{21э}$ у обоих около 130. Случайные экземпляры сюда лучше не устанавливать, тем более транзисторы разных типов: может значительно возрасти K_g , да и прецизионный прибор ведь стоит того, чтобы отнестись к нему с уважением. При совершенно исправном ЗГ он может не работать по причине неисправности в блоках АРФ или в плате 3.693, поскольку ЗГ связан с ними несколькими связями.

Режекторный фильтр (блок 3.694) включен в цепь ООС ЗГ (между соединением П1 и точками 6, 7, 8 на плате ЗП) через буферный усилитель с высокоомным входом на транзисторах Т12 и Т13. Неис-

правность Т12 и Т13 или любого из элементов их обвески может привести к срыву колебаний ЗГ. При малых сроках на ремонт любые ПТ (в том числе и 2П303Е) проще и быстрее подставить (временно заменить заведомо исправным), нежели проверять на утечки токов.

Второй буферный усилитель АРФ собран на транзисторах Т6–Т8. Он выполняет две функции одновременно: замыкает петлю ОС через частотозадающие конденсаторы фильтра режекции и является источником сигнала для схемы выделения и усиления искажений. Последняя выполнена на транзисторах Т1 и Т3. Неисправность Т8 привела к резкому росту K_g (в несколько раз). Увеличение K_g на низких частотах в другом генераторе было вызвано потерей емкости конденсатора С2 (К50-6-1-20 мкФх10 В). Измеренная цифровым прибором М890F емкость этого конденсатора составила менее 0,1 мкФ! Его замена импортным 22 мкФ привела величину K_g к нормальной.

Неприятные ситуации возникают из-за дефектов элементов платы 3.693. Поскольку этот блок управляет работой ПТ Т2 в схеме ЗГ, то неисправности могут проявляться разнообразно.

Нет сигнала на выходе ЗГ. Неисправным оказался транзистор Т14 (обрыв перехода Б-Э). Его замена КТ3107А полностью восстановила работоспособность прибора.

Неустойчивая работа ЗГ, он то нормально работает неопределенное время (от нескольких минут и более получаса после включения в сеть), то колебания срываются, а спустя какое-то время могут вновь возобновиться. После съема верхней и нижней крышек корпуса прибора ситуация изменялась в лучшую сторону. Прибор дольше работал, меньше отключался. Простукивание почти не влияло на ситуацию. Деталей в приборе много, что осложняло поиски дефекта. Поэтому долго не удавалось локализовать место вероятного виновника проблемы. Тщательная проверка многих элементов привела к конденсатору С33 (К50-6-1-2 мкФх50 В). Неисправность удалось найти благодаря старому и проверенному на практике “дедовскому” методу: поочередному подогреву элементов схемы пальчиком. Замена этого конденсатора новым возобновила работу генератора. Вместо К50-6 установил малогабаритный неэлектролитический типа К10-17 (2,2 мкФх25 В).

Везде, где это только возможно и допустимо, следует избегать применения электролитических конденсаторов, заменяя их неэлектролитическими. Заводам дешевле обходятся “электролиты”, поэтому они их применяют повсеместно, даже там, где есть возможность использовать неэлектролитические.

Большую неравномерность АЧХ на одном из поддиапазонов может вызывать дефект одного из конденсаторов С27, С30 или С18 (соответствующие множителям 1, 10, 100 или 1000). Особенно это

справедливо, если на ВЧ диапазоне прибор работает нормально, а на НЧ вдруг начинает проявляться неравномерность АЧХ.

В одном генераторе не включалось реле Р1 (РЭС-49, РС4, 569.421-0.5.01). Реле было исправно, но не работал компаратор 521СА3. (У3). В этом случае неисправным оказался конденсатор С71 (К50-6, 10 мкФх16 В). У него было внутреннее замыкание. Неисправность удалось найти с помощью китайского цифрового мультиметра типа М830В. На пределе 200 Ом прибор индицировал сопротивление менее 20 Ом. Замена неисправного конденсатора импортным 10 мкФх63 В восстановила работу прибора.

На выходе ОУ 544УД2 было практически неизменное постоянное напряжение отрицательной полярности около 7 В. Проверка элементов обвески ОУ ни к чему не привела, а сам ОУ выпавать не хотелось. Решено было перед заменой ОУ проверить его хотя бы простейшим способом. Замыкая диод Д12, проверили реакцию ОУ на максимальную глубину ООС. Но это ничего не изменило! Тогда отпаяли один из выводов резистора R62 из платы, а инвертирующий вход ОУ подсоединили к инвертирующему (диод Д12 замкнут). Ничего не принесло и соединение входов ОУ с общим проводом ЗГ. Проверка потенциала в точке 6 (неисправность ВУ легко может нарушить работу ОУ, оказавшись на выходе ВУ постоянное напряжение). Влияет и отрицательное напряжение с движка резистора-регулятора выхода. В данном же случае влияния на режимы ОУ не было, поэтому произвели замену ОУ новым идентичным, что восстановило работу прибора.

О ремонте ВУ

На выходе ВУ присутствует положительное напряжение более 10 В. Анализ неисправности привел к дефектному транзистору Т19 (обрыв перехода Б-Э) Вместо него установили КТ3107Б, и ВУ нормально заработал. Внешне похожая ситуация имела место в другом ремонте. Разница в ситуациях заключалась в большей величине напряжения на выходе ВУ (более 13 В). У этого ВУ вышел из строя транзистор Т21 (2Т608Б). В таких схемах чаще всего выходит из строя именно транзистор в позиции Т21, а не Т20. Проблема – опять в тепловом режиме Т21. Транзистор Т20 почти холодный на ощупь, а Т21 явно перегревается. Простейший расчет подтверждает, что Т21 работает в напряженном режиме, близком для традиционного коэффициента нагрузки 0,7. Поэтому вместо 2Т608Б в позиции Т21 применяли КТ928 с любым буквенным индексом. Хорошо здесь работают и недорогие зарубежные типа BD139 (100 МГц, 100 В; 1,5 А; 10 Вт). Они практически одной ценовой категории с отечественными КТ9115А и КТ965А. Как оказалось в последствии, BD139 хорошо заменяют и КТ928, т.е. в качестве Т23 и Т24.