“Лимонный“ передатчик

История продолжается…

В данной статье речь пойдёт о неком классе устройств, обладающих предельной простотой, малым “аппетитом“, при всём, при этом, имеющим прикладное практическое значение. В [1] было приведено описание передатчика, источником питания для которого послужили акустические колебания – голос оператора, преобразованный в электрические колебания с помощью электро-динамической головки, не только питал простой передатчик на полевом транзисторе, но и производил амплитудную модуляцию несущей кварцевого генератора этого передатчика (Рис. 1).

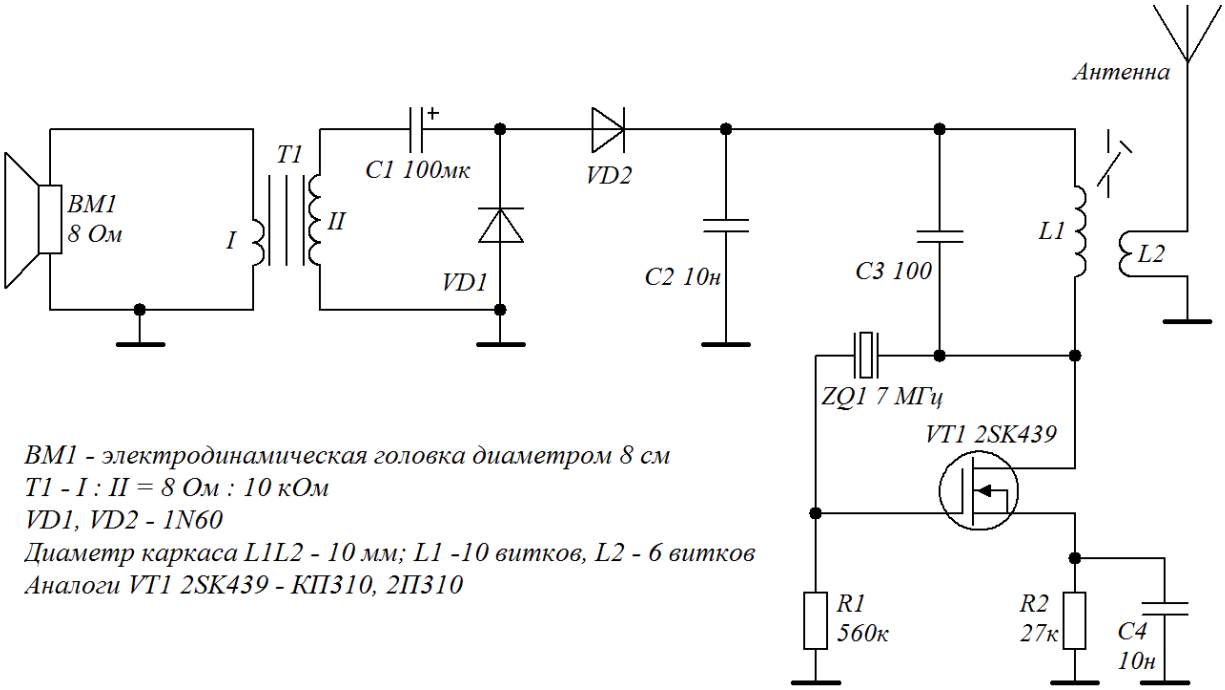

Рис. 1. АМ передатчик 40-метрового диапазона, питаемый энергией голоса. Схема принципиальная электрическая

Впрочем, по-порядку: японский радиолюбитель-конструктор Kazuhiro Sunamura (JF1OZL) попытался питать маломощный передатчик энергией собственного голоса . Для этого он применил в качестве микрофона (BM1) обычный динамик – электродинамическую головку с сопротивлением катушки 8 Ом – Рис. 1. Поскольку напряжение, развиваемое таким акусто-электрическим преобразователем недостаточно для питания даже такого простого маломощного передатчика (даже при крике непосредственно в динамик), необходим повышающий трансформатор T1 с соотношением нагрузок обмоток 8 Ом : 10 кОм (выходной трансформатор ламповых радиоприёмников, выходной трансформатор кадровой развёртки старых ламповых телевизоров, можно подобрать из серии унифицированных трансформаторов серии ТОТ или изготовить самостоятельно). Можно выйти из положения, правда, - с меньшим успехом, применив, трансляционный громкоговоритель, установив его регулятор громкости на максимум и подключив к передатчику вместо BM1 и T1 между общим проводом и отрицательной обкладкой

конденсатора C1. Переменное напряжение ЗЧ с повышающего трансформатора поступает на однополупериодный удвоитель напряжения, собранный на германиевых диодах VD1, VD2 с участием разделительного конденсатора C1. На выходе выпрямителя установлен фильтрующий конденсатор C2, устраняющий излишние флуктуации выпрямленного напряжения питания передатчика и блокирующий обратное распространение ВЧ сигнала передатчика к выпрямителю. Генератор собран на полевом транзисторе с изолированным затвором VT1, обеспечивающим максимально возможную амплитуду РЧ сигнала, по отношению к другим видам транзисторов, при минимальном напряжении питания. Контур L1C3 настроен на частоту кварцевого резонатора и позволяет производить работу в диапазоне 40 м (7 МГц). Катушка L2 является согласующей между выходом передатчика и антенной. Предполагается, что данный передатчик будет работать на резонансную согласованную с фидером антенну. Настройку передатчика лучше производить, отключив генерирующую питание цепь (до C2), подключить источник напряжением 2…3 В и произвести настройку и согласование с фидером антенны, вращая сердечник катушек L1L2, по максимуму выходного сигнала на частоте кварцевого генератора, контролируя уровень по резонансному волномеру или индикатору напряжённости поля, расположенному вблизи катушек передатчика. Генератор питания передатчика является ещё и модулятором, т. е., говоря в импровизированный микрофон BM1, мы не только питаем передатчик, но и производим амплитудную модуляцию его несущей. С помощью подобного передатчика уже была проведена трансатлантическая радиосвязь, правда, при этом, были соблюдены некоторые условия: сначала была договорённость об эксперименте, были применены антенны направленные друг на друга, связь проводилась в телеграфном режиме, когда корреспондент голосом имитировал звучание “морзянки” – её составляющие: точки и тире… Для удобства пользования “микрофоном”, для большей концентрации энергии голоса, динамик был помещён в металлическую консервную банку с высокими стенками и удалёнными донышками.

Следующим представителем класса стал, опубликованный в [2], так называемый “лимонный“ передатчик, давший название и этой заметке.

Прочитав публикации [1] и [2], автор загорелся желанием создать собственный передатчик подобного назначения, передатчик JF1OZL создать не удалось, по причине отсутствия транзисторов 2SK439 и даже аналогов (КП310) найти не удалось. Передатчик, предложенный SM7UCZ, не имеет стабилизации частоты и, при изменении напряжения питания, частота передатчика будет значительно уходить… Поставлена задача – нужно выходить из положения, применяя минимально возможные варианты, используя подручные детали.

Обо всём по-порядку: передатчик выполнен по схеме генератора Пирса с полевым транзистором и кварцевым резонатором в цепи обратной связи (Рис. 2).

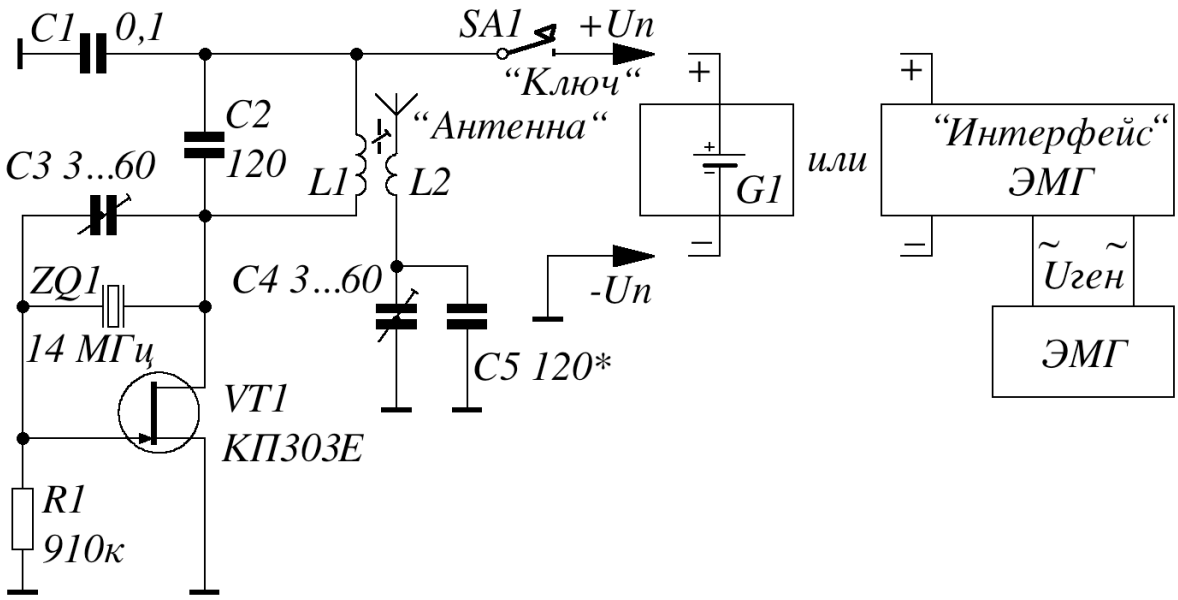

Рис. 2. QRPP-передатчик, работающий в диапазоне 20 метров (14 МГц). Схема принципиальная электрическая

В качестве источника питания используется любой низковольтный генератор переменного тока (например, ветрячок с двигателем от детских игрушек, сервисной техники, вентилятор, карманный фонарь, электромагнитный генератор с катушкой и движущимся магнитом, нужно только быть уверенным, что получился генератор переменного тока, иначе, использовать двигатель, отделив его от буферного аккумулятора, ионистора или конденсатора большой ёмкости диодом Шоттки, включенным в прямом направлении прохождению тока и не использовать приводимый ниже “интерфейс“). С приводимым ниже “интерфейсом“ – выпрямителем используются только генераторы переменного тока. При наличии (и желании (Hi!)), для питания передатчика используется всего один гальванический элемент напряжением 1,5 В или аккумулятор с напряжением 1,2 В, контур L1C2 настроен на частоту кварцевого резонатора, который имеет частоту первой гармоники 14 МГц. Конденсатором C3 устанавливается частота генерации, а C4 и C5 служат для согласования выхода передатчика с антенной. Ток, потребляемый генератором – передатчиком, здесь численно примерно равен напряжению питания, в миллиамперах, например, при Uпит =1,5 В Iпотр ≈ 1,5 мА, при Uпит = 0,9 В передатчик ещё работоспособен, но для связи этот передатчик лучше использовать, начиная с Uпит = 1,0 В, при этом, выходная мощность передатчика составит примерно 0,5 мВт и может быть приблизительно посчитана по формуле:

Рвых ≈ 0,5(Uп * Iпотр),

где Рвых – выходная мощность передатчика, мВт;

Uп – напряжение питания передатчика, В;

Iпотр – потребляемый передатчиком от источника питания ток, мА

Естественно, чтобы получить приемлемые результаты с QRPP передающей аппаратурой, подобной описываемому передатчику, необходимо применять резонансные

согласованные антенны 20-метрового диапазона, лучше ещё и направленные, использовать отведённые частоты для связи на пониженных мощностях, вызывать принимаемые станции, а не звать часами, давая CQ…CQ…CQ… В отдельных случаях использовать договорённости о связях (назначать трафики).

Настройку передатчика следует производить, подключив вместо конденсатора C2 градуированный конденсатор переменной ёмкости (КПЕ), например, ёмкостью 12…495 пФ. Сердечник катушки L1 устанавливаем в среднее положение. В разрыв цепи питания (для настройки передатчика используется гальванический элемент напряжением1,5 В) включаем миллиамперметр постоянного тока с пределом в несколько мА, наблюдая за реакцией прибора, вращаем ротор КПЕ и, заметив изменение, находим максимальное значение этого изменения – это будет свидетельствовать о возбуждении кварцевого резонатора и настройке контура L1C2 на частоту генератора (можно проверить сигнал передатчика по приёмнику). Выключаем питание, отпаиваем КПЕ и измеряем его ёмкость с помощью измерителя ёмкости, коим снабжены современные мультиметры или оцениваем ёмкость по шкале КПЕ (коль скоро она градуирована). На место C2 впаиваем конденсатор постоянной ёмкости с найденным её значением. Снова включаем питание и, наблюдая сигнал передатчика на приёмнике, устанавливаем желаемую частоту, вращая ротор подстроечного конденсатора C3. Если нужную частоту установить не удаётся, генерация срывается, то, либо сам кварцевый резонатор не позволяет этого сделать (его частота не соответствует требуемой), либо нужна коррекция настройки контура L1C2, путём вращения подстроечного сердечника, более тщательного подбора ёмкости конденсатора C2, коррекцию количества витков катушки L1 нужно оставить как крайнюю меру. Сигнал передатчика вблизи от приёмника может оказаться слишком сильным, чтобы отслеживать настройки по, например, имеющемуся S-метру или на слух (может мешать и АРУ), поэтому антенну от приёмника или отключают вовсе или в качестве её используют небольшой кусок провода, подобрав его длину и положение, критерием должен быть минимальный регистрируемый уровень сигнала передатчика, удобный для настройки, позволяющий следить за уровнем выходного сигнала передатчика. С помощью вращения сердечника катушки L1и коррекции положения ротора конденсатора C3 добиваемся устойчивой генерации кварцевого генератора (КГ) на нужной частоте, при минимальном допустимом напряжении питания передатчика, например, 0,95 В (при снижении напряжения питания, зона устойчивой генерации КГ для элементов регулировки сужается). Все эти операции можно производить без нагрузки (подключения эквивалента, антенны). Подключив антенну, желательно ту, с которой будет в дальнейшем эксплуатироваться данный передатчик, изменением ёмкости, подключенного вместо конденсаторов C4 и C5, КПЕ добиваемся максимальной выходной мощности передатчика в эфир, контролируя её по чувствительному волномеру, настроенному на рабочую частоту передатчика или по отнесённому приёмнику, оценкам местных корреспондентов. Ещё раз простраиваем передатчик на максимум выходной мощности на нужной частоте, используя подстроечный конденсатор C3 и общий сердечник катушек L1 и L2. Отпаиваем КПЕ и, вместо него, возвращаем подстроечный и конденсатор постоянной ёмкости (C4 и C5): допустим, ёмкость КПЕ согласования с антенной оказалась 152 пФ (результат у автора), средняя ёмкость подстроечного конденсатора C4 (3…60 пФ) составляет примерно 30 пФ, выбираем дополнительную к ней ёмкость C5 =120 пФ, что в сумме даст примерно те, измеренные, 152 пФ. Установив C4 и C5 на место, окончательно подстраиваем выход

передатчика на максимум выходной мощности, вращая ротор конденсатора С4. На этом настройку передатчика можно считать законченной. Подстроечный конденсатор С4, имея небольшие габариты, по сравнению с КПЕ с воздушным диэлектриком, всё-таки, позволяет, при необходимости, согласовывать выход передатчика с другой антенной. В качестве VT1 можно применить транзисторы КП302, КП303, КП307, КП312, КП364 с любым буквенным индексом (у автора КП303Е), однако, здесь возможны нюансы с минимально необходимым напряжением питания передатчика в ту и другую сторону. Кварцевый резонатор ZQ1 был приобретён через интернет из неликвидов, имеет корпус как у биполярного транзистора средней мощности, например, КТ602, (тип корпуса резонатора ТО или ТО-148) естественно, имеет два вывода, его металлический корпус может быть соединён с общим проводом передатчика, для чего на плате имеется отверстие. Частота собственного резонанса кварца, при заказе, обозначалась как 14,0 МГц, но не обозначена на корпусе, и в схеме КГ передатчика резонатор “завёлся“ на частоте 14,056 МГц и был “подтянут“ (С3) на международную QRP-частоту 14,060 МГц. Конденсаторы постоянной ёмкости - типа К10-17 или аналогичные импортные, подстроечные конденсаторы малогабаритные керамические ёмкостью 3…60 пФ, конструктивно были предназначены для установки в перевёрнутом положении (для расположения под платой с возможностью регулировки через отверстие в плате), чтобы смонтировать их сверху платы, пришлось аккуратно развернуть их выводы и удалить лишнее. Конечно же, возможно применение и других подстроечных конденсаторов, однако, удобнее подбирать компоненты при изменении ёмкости в больших пределах (сравните, например, 5…20 пФ или 3…60 пФ), и, в крайнем случае, иметь возможность компенсировать уход настройки. В качестве L1 применена готовая катушка от радиостанции “Кама-С“ (ШИ4778005) – без экрана, она намотана посеребрённым проводом диаметром 0,51 мм (12 витков, длина намотки 12 мм) по канавке с шагом, исключающим замыкание соседних витков, катушка L2 намотана проводом ПЭВ-2 0,8 мм поверх L1 у “холодного“ её конца и имеет 3…4 витка (виток к витку или с небольшим шагом, как “позволит“ каркас с канавкой катушки L1, можно использовать для надёжности и провод в изоляции, например, МГТФ, закрепив его от перемещения, например, ниточным бандажом. Диаметр каркаса катушки -10 мм, каркас имеет подстроечный сердечник из карбонильного железа (МР-3) с резьбой М6 х 0,75 мм.

Не стоит заморачиваться, если подобной катушки или каркаса у Вас нет. Катушки можно намотать и на каркасах другого диаметра, рассчитав новое количество витков в процентном отношении: насколько уменьшается диаметр катушки, настолько и увеличивается количество её витков. Количество витков катушек можно пропорционально увеличить и при диаметре 10 мм, что приведёт к уменьшению ёмкости конденсатора С2, увеличится добротность контура L1C2, однако, это скажется на большей реакции контура на расстраивающие факторы, в том числе и на нагрузку со стороны антенны, отсюда: возбудившийся, вроде, кварцевый резонатор, при предельно низком напряжении питания, откажется работать с нагрузкой. Желательно, чтобы материал сердечника катушек был с проницаемостью не более 50. Сопротивление резистора R1 не критично и может изменяться от примерно 510 кОм до 1 МОм, мощность рассеяния 0,125…0,25 Вт.

Передатчик и “интерфейс“ выполнены на платах из стеклотекстолита, фольгированного с одной стороны. Поскольку конструкция передатчика – экспериментальная и рассчитана на применение определённых деталей, перед тем, как изготавливать плату необходимо отобрать все детали и определить их посадочные места, например, у кварцевого резонатора, у каркаса катушек индуктивности, у подстроечных конденсаторов…Макетирование лучше осуществлять на пластине из пенопласта, уложив на ней шаблон платы, отпечатанный с видом со стороны расположения деталей (для экономии тонера, при печати из программы Sprint Layout устанавливается зелёный цвет слоя и зеркальное изображение, если имеется прототип вида платы со стороны печатных проводников), детали втыкают в пенопласт выводами через шаблон… Далее, вносится коррекция в рисунок печатного монтажа под имеющиеся детали, например, в программе Sprint Layout и печатается шаблон для лазерно-утюжного способа создания печатной платы. Возможен и “классический“ вариант кварцевого генератора передатчика с конденсатором С3, включенным последовательно с кварцевым резонатором.

На Рис. 3 приведен эскиз платы передатчика, на Рис. 4 - расположение деталей на ней.

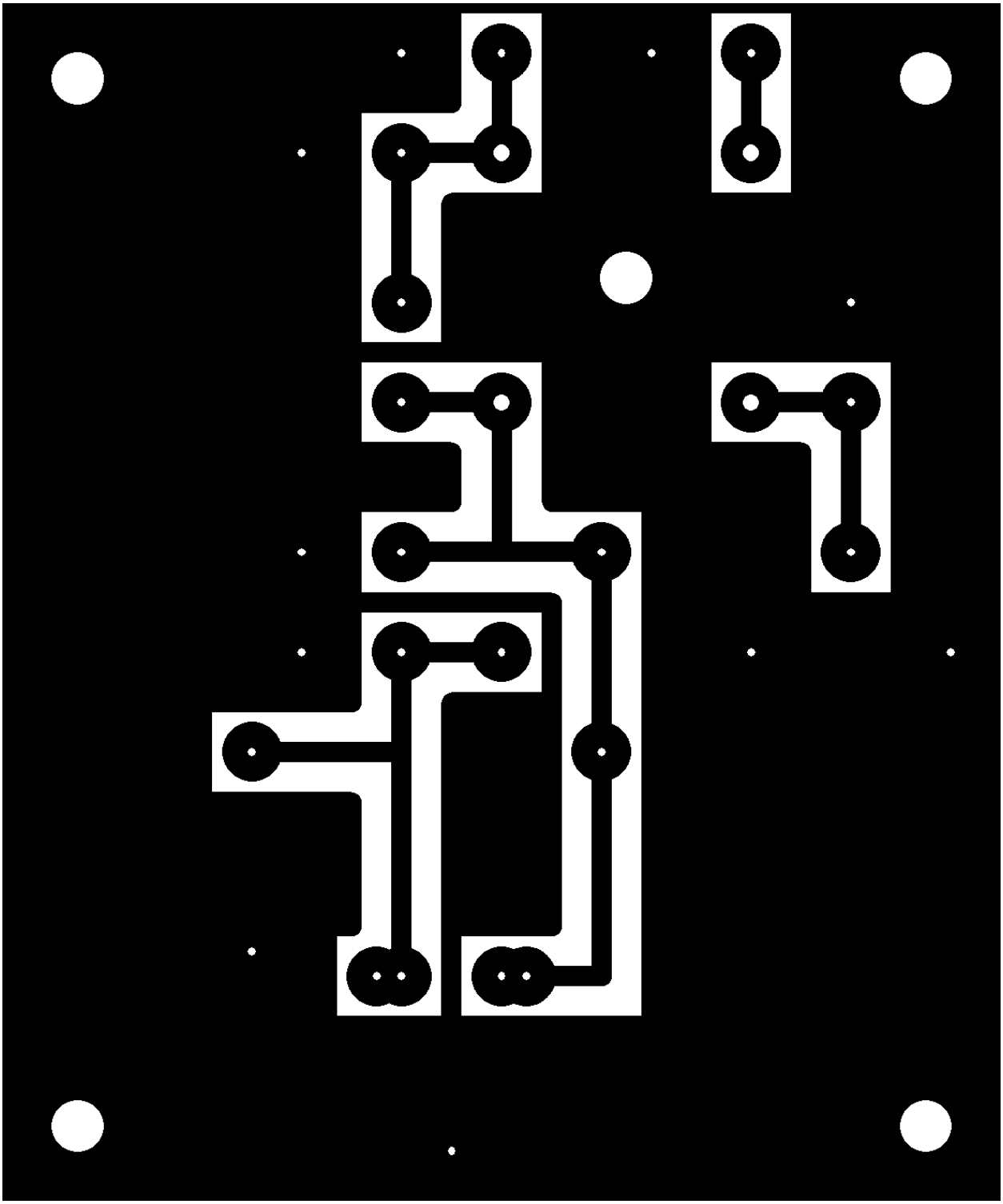

Рис. 3. Эскиз монтажной платы передатчика. Вид со стороны печатных проводников. Размер платы 50 х 60 х 1,5 мм

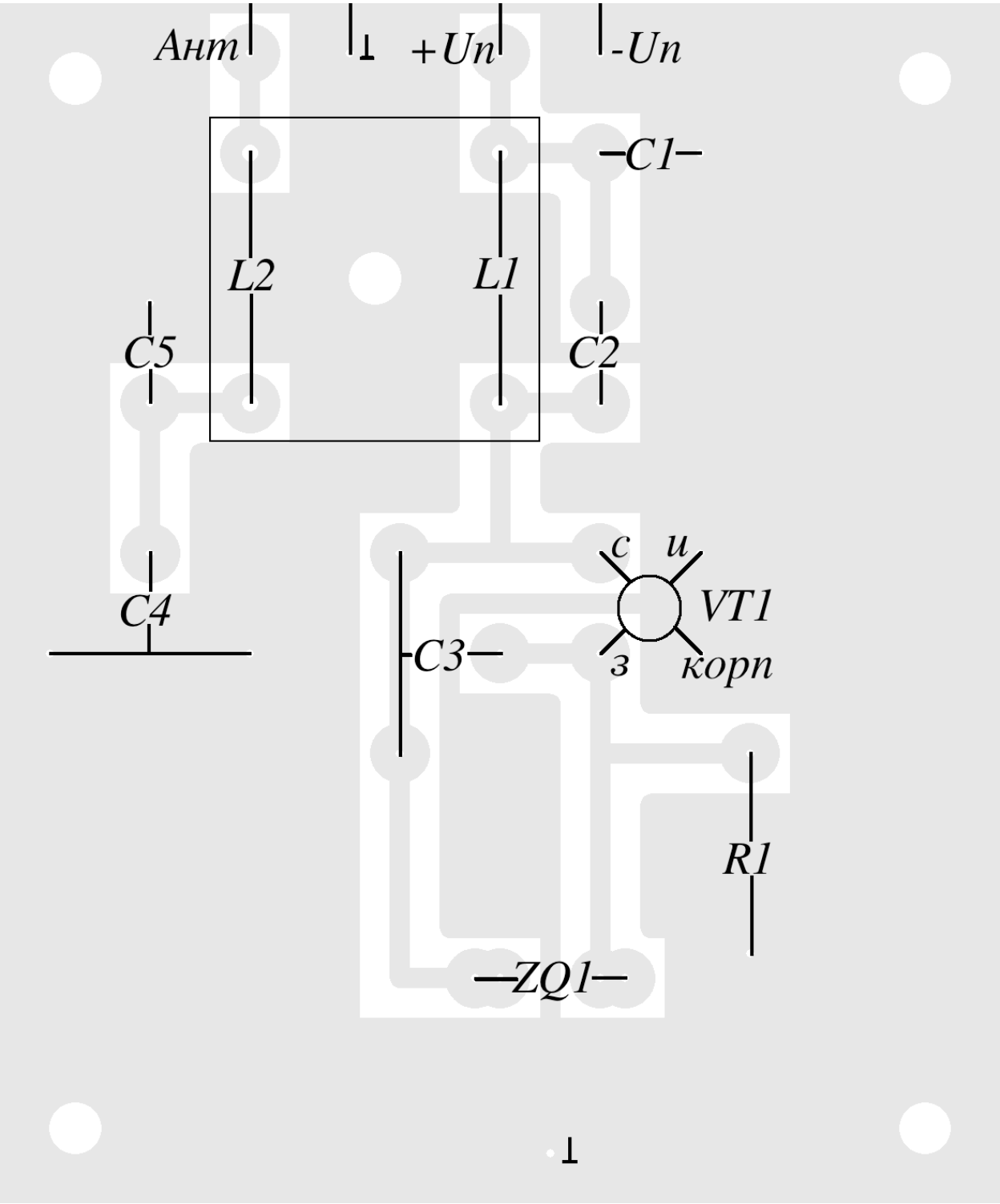

Рис. 4. Эскиз монтажной платы передатчика. Вид со стороны расположения деталей

Передатчик испытан с суррогатной антенной с однопроводным фидером длиной 4,2 м с ёмкостной нагрузкой (гардинная трубка длиной 1,5 м), расположенной внутри помещения в кирпичном доме, приём сигналов передатчика велся на многодиапазонную дипольную антенну и стандартный приёмник трансивера на расстоянии 250 м. Оценка сигнала, в зависимости от напряжения питания передатчика (1,0…1,4 В) S = 3…5 баллов (тон - кварцевый).

Несмотря на то, что потребление передатчика по питанию невелико, батарею питания можно заменить на генератор переменного тока, например, как в [3] или ему подобный

(от карманного фонаря “со встряхиванием“ и т. п., главное, чтобы он обеспечивал потребности передатчика по току и напряжению). Принципиальная схема “интерфейса“ к такому генератору (двухполупериодный выпрямитель с удвоением напряжения) приведена на Рис. 5.

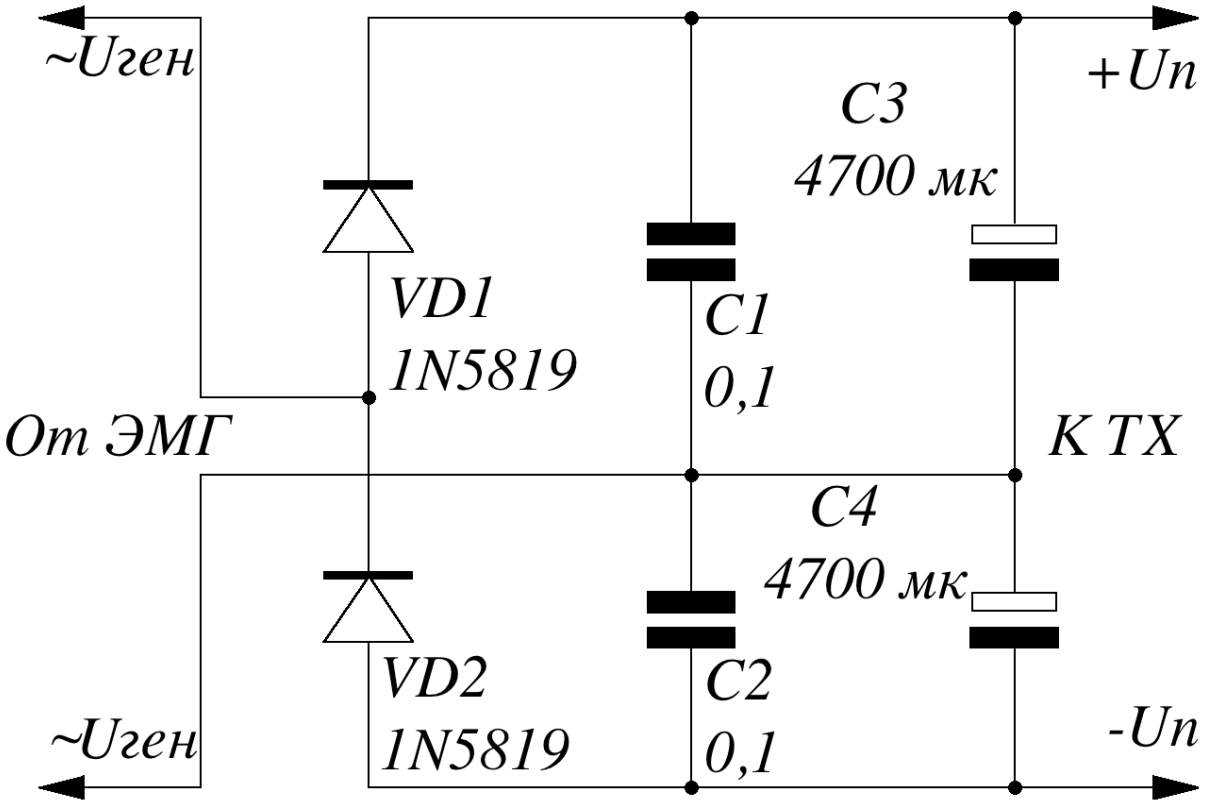

Рис. 5. “Интерфейс“ к электромагнитному генератору переменного тока – выпрямитель с удвоением напряжения. Схема принципиальная электрическая

На Рис. 6 приведён эскиз платы “интерфейса“, на Рис. 7 - расположение деталей на ней.

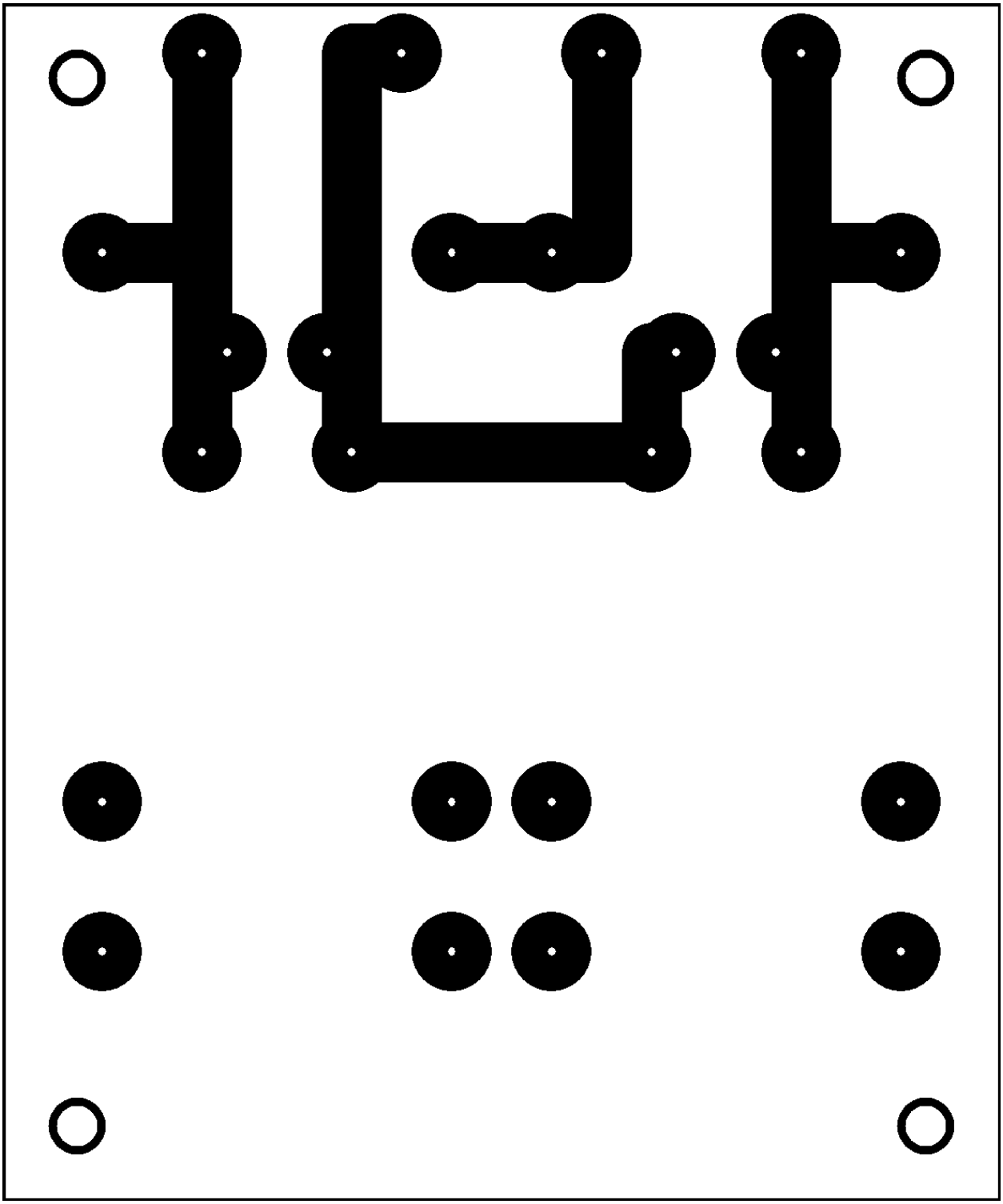

Рис. 6. Эскиз монтажной платы “интерфейса“ к генератору переменного напряжения. Вид со стороны печатных проводников. Размер платы 50 х 60 х 1,5 мм

В схеме “интерфейса“, для уменьшения потерь, применены диоды Шоттки (для наших целей можно применить, например, любые из ряда 1N5817…1N5822), оксидные “накапливающие“ конденсаторы С3 и С4 должны быть одинаковыми и могут иметь ёмкости 2200…10000 мкФ, рабочие напряжения желательно выбирать побольше, использовать конденсаторы типа “LL“ (Low Leakage) и с рабочей температурой до 105 градусов – имеют меньшую утечку, меньше высыхают и будут стабильнее и дольше работать. Можно применять и обычные оксидные конденсаторы, автор применил

конденсаторы ёмкостью 2200 мкФ на 35 В. Для механического крепления конденсаторов С3 и С4 в лежачем положении с помощью проводов на плате имеются специальные отверстия. Конденсаторы С1 и С2 (РЧ типов) способствуют развязке “интерфейса“ от наводок и детектирования их с помощью диодов (устранение мультипликативного фона на несущей – сигнале передатчика).

Платы передатчика и “интерфейса“ генератора переменного тока специально выбраны побольше, чем необходимо, для размещения дополнительных деталей, которые конструктор посчитает необходимым установить, обе платы – одинакового размера – для возможности компактного монтажа в “этажерку“.

Вместо элемента питания, например, типа АА, можно применить самодельный гальванический элемент, например, так называемую “земляную батарею“, когда в грунт закапывают металлические предметы, обеспечивающие разность потенциалов (пары: медь – цинк (радиатор от автомобиля – оцинкованный профиль), углерод - цинк (мешок кокса – оцинкованный профиль) и т. п. с достаточной площадью поверхности с припаянными к ним выводами. Такие элементы можно соединять последовательно (для увеличения напряжения) и (одинаковые, для увеличения тока в нагрузку) параллельно. Солнечные элементы и батареи, тут будут тоже, как нельзя, кстати, в том числе и самодельные (изготовленные, например из мощных биполярных транзисторов со спиленными крышками корпусов)…

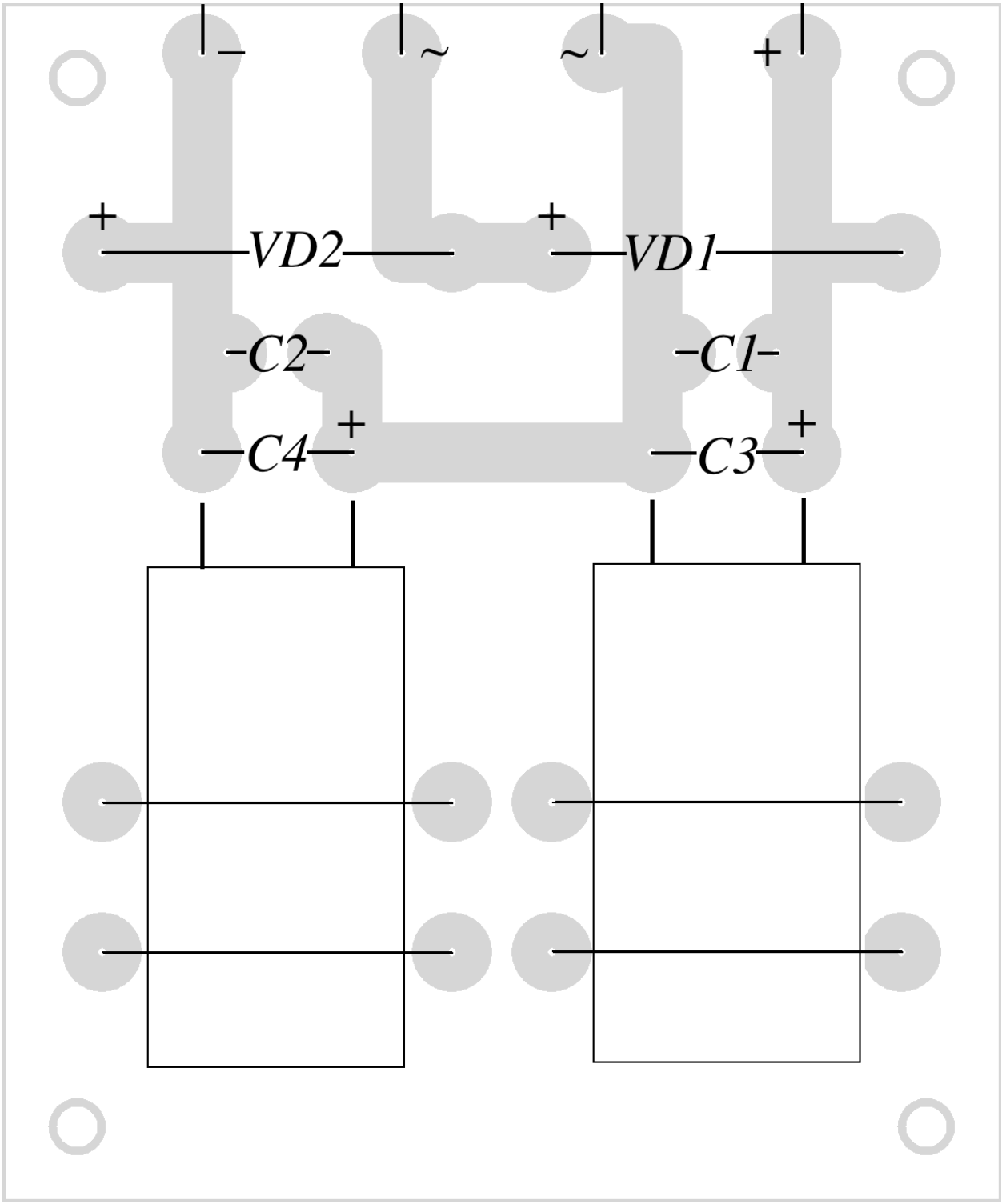

Рис. 7. Эскиз монтажной платы “интерфейса“ к генератору переменного напряжения. Вид со стороны установки деталей

Экспериментируя с маломощными источниками питания, автор собрал детекторный приёмник (ДП), который обеспечивал не только громкоговорящий приём на трансляционный приёмник, но и, впоследствии, питал простой УКВ приёмник энергией местной средневолновой вещательной радиостанции, находившейся на расстоянии примерно 5 км (при разных значениях ёмкости конденсатора С2). В схеме ДП из особенностей, только применение С2 - конденсатора большой ёмкости, включенного параллельно нагрузке (Рис. 8).

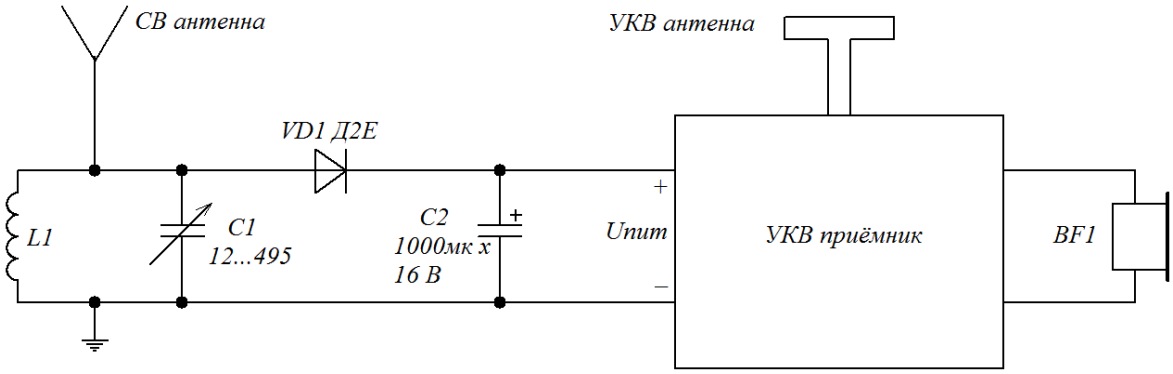

Рис. 8. Схема питания УКВ приёмника энергией СВ-радиостанции

ДП настраивается на частоту местной средневолновой радиостанции с помощью КПЕ С1. Выделенное резонансным контуром L1C1 РЧ напряжение выпрямляется диодом VD1 и заряжает конденсатор С2, параллельно которому подключается цепь питания простейшего УКВ приёмника. При недостатке напряжения питания между антенной и контуром L1C1 включается второй КПЕ, последовательно изменяя ёмкости обоих КПЕ (несколько раз) добиваются настройки контура на частоту несущей радиостанции и согласования с антенной. Увеличению напряжения с импровизированного ДП послужит и применение антенн с большой поверхностью и протяжённостью, резонансных, также вместо L1 можно применить рамку и использовать её одновременно как антенну, так и как катушку контура ДП L1, ориентируя рамку в пространстве можно получать изменение напряжения питания УКВ приёмника, не забывая подстраивать контур с рамкой после очередного перемещения. Совсем не обязательно использовать РЧ напряжение радиовещательных станций, существует много других, работающих в эфире постоянно, например, телевизионных, их энергию можно преобразовывать с помощью антенн, размеры элементов которых будут значительно меньше из-за меньших (относительно СВ) длин волн, на которых ТВ станции работают, эта особенность позволит и увеличивать количество элементов в антенне, улучшая её направленность и, благодаря этому, получать большее напряжение для питания маломощной электронной техники. Таким образом можно запитать и предлагаемый передатчик.

Переделка “жучка” (карманного фонаря с генератором переменного тока) для питания передатчика коснётся только установки на его корпусе гнезда с выключателем. Умножитель напряжения будет для данного передатчика слишком, поэтому цепь питания лампы фонаря размыкается, чтобы подключить генератор к обычному однополупериодному или двухполупериодному (мостовому) выпрямителю с накопительным конденсатором на выходе, при этом, вырабатывать энергию можно в “полусонном состоянии“ – для передатчика этого хватит, целесообразно, в этом случае, подключать передатчик к аккумулятору, а генератором ручного фонаря лишь подзаряжать этот аккумулятор.

В зарубежной радиолюбительской среде была предпринята попытка осуществить механическую блокировку ряда (9 штук!) ручных генераторов типа “жучок” для выработки электроэнергии и одновременной передачи телеграфным ключом, но такая

система не работает должным образом, поскольку элементы знаков кода Морзе (точки, тире) имеют различную длительность и генератор не успевает включаться и выключаться в такт манипуляции. Необходимо заряжать промежуточный аккумулирующий элемент (например, ионистор), а уж от него питать передатчик через ключ, т. е., разделить функции выработки электроэнергии и подключения потребителя этой энергии. В [3] это условие, кстати, выполняется. Использовать левую руку для накачки энергии, а правой передавать информацию в эфир не очень удобно, но можно потренироваться и привыкнуть, лучше использовать для выработки электроэнергии ноги, например, приспособив для этого велосипед с “динамкой”, или “работать” подобно швее на машинке с ножным приводом.

На Рис. 9 приведено изображение передатчика, собранного по схеме Рис. 2.

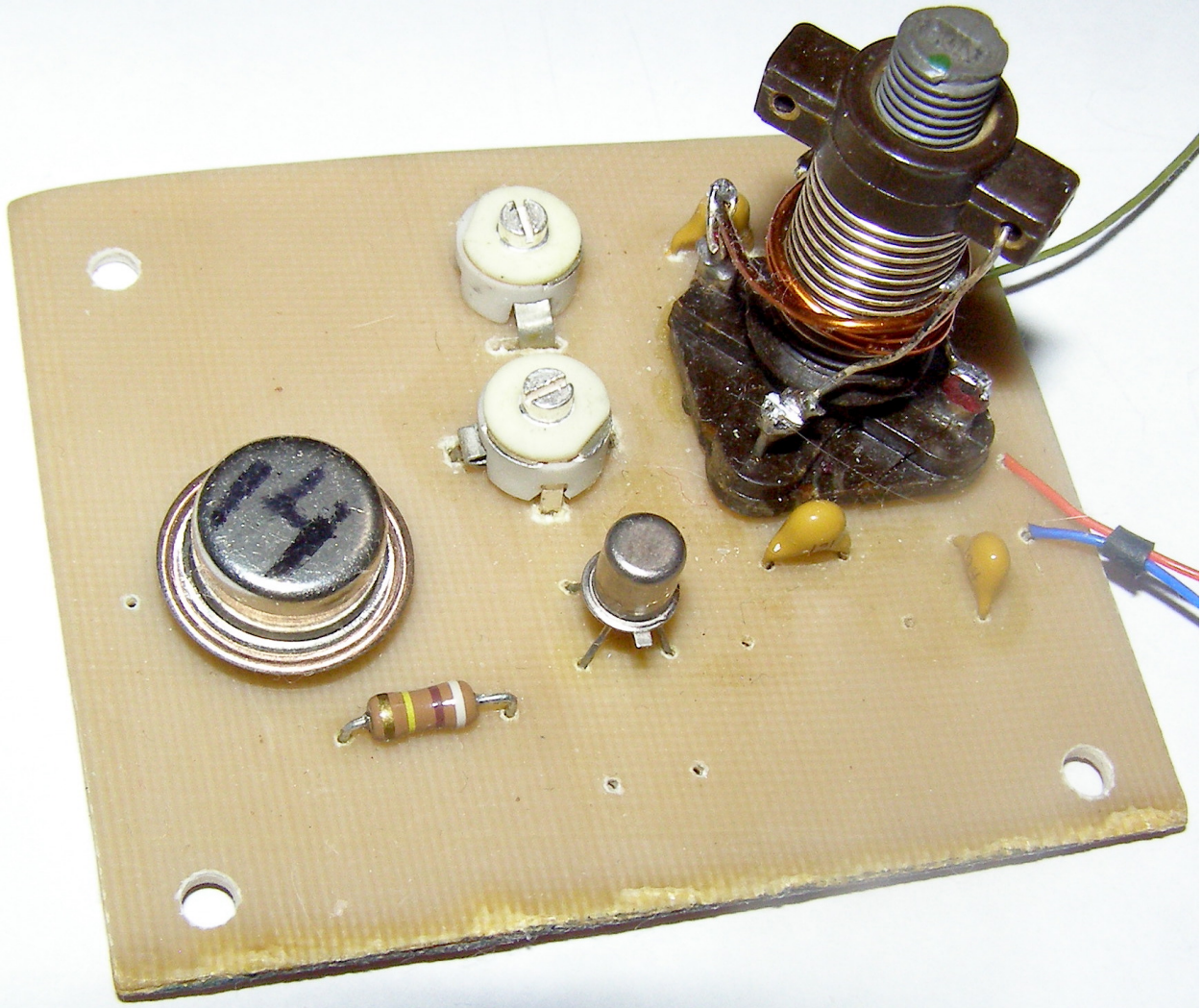

Рис. 9

На Рис. 10 приведено изображение питающего передатчик “интерфейса“

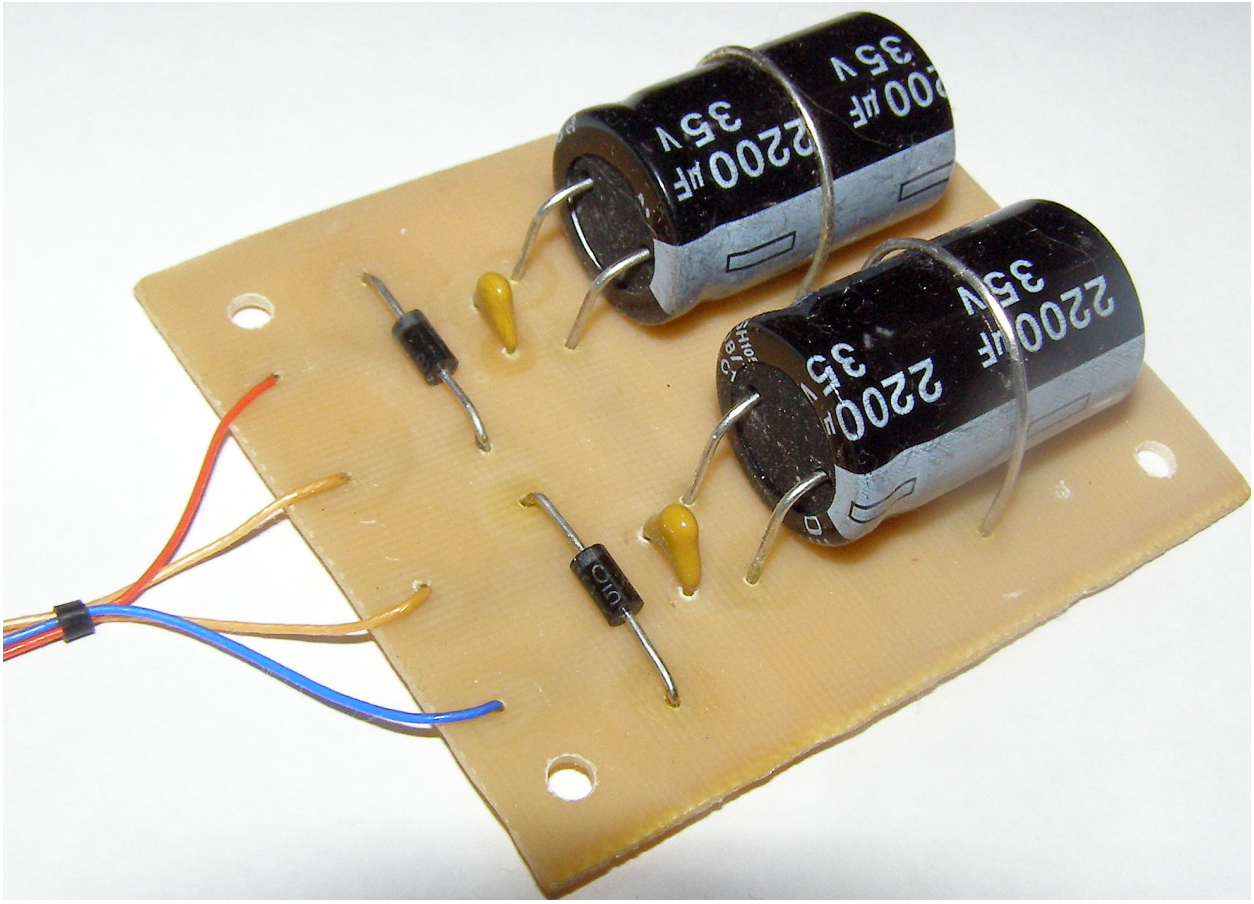

Рис. 10

Результат испытаний передатчика показал, что его сигнал с суррогатной антенны (для DX – передатчику нужна только наружная резонансная антенна) в городских условиях может быть обнаружен в круге радиусом до 1 км на обычную для радиолюбителя приёмную аппаратуру с дипольными антеннами (на 250 метров – сигнал S = 9). Напряжение питания передатчика варьировалось от 0,9 до 6,5 В. Ёмкость конденсатора C1 следует уменьшить – манипуляция слишком мягкая.

Литература: 1. Kazuhiro Sunamura (JF1OZL). Power-supply-less Transmitter (PLTX)

http://www.intio.or.jp/jf10zl/PLTX.htm

2. Johnny Apell (SM7UCZ). “Лимонный“ передатчик на 3,5 МГц. CQ-QRP № 39 стр. 28

3. В. Беседин (UA9LAQ). Телеграфный ключ с генератором переменного тока Радиолюбитель № 12 1992 г стр. 35;

В. Беседин (UA9LAQ). Путь в эфир. Радио № 12 1995 г стр. 36…37

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень