

## Инвертор реактивной мощности

Устройство предназначено для питания бытовых потребителей переменным током. Номинальное напряжение 220 В, мощность потребления 1-5 кВт. Устройство может использоваться с любыми счетчиками, в том числе с электронными и электронно-механическими, даже имеющими в качестве датчика тока шунт или воздушный трансформатор.

Устройство, собранное по предлагаемой схеме, просто вставляется в розетку и от него питается нагрузка. Вся электропроводка остается нетронутой. Заземление не нужно. Счетчик при этом учитывает примерно четверть потребленной электроэнергии.

### Теоретические основы

При питании активной нагрузки фазы напряжения и тока совпадают. Функция мощности, представляющая собой произведение мгновенных значений напряжения и тока, имеет вид синусоиды, расположенной только в области положительных значений. Счетчик электрической энергии вычисляет интеграл от функции мощности и регистрирует его на своем индикаторе. Если к электрической сети вместо нагрузки подключить емкость, то ток по фазе будет опережать напряжение на 90 градусов. Это приведет к тому, что функция мощности будет расположена симметрично относительно положительных и отрицательных значений. Следовательно, интеграл от неё будет иметь нулевое значение, и счетчик ничего считать не будет.

Принцип работы инвертора состоит в том, что конденсатор заряжают от сети в течение первого полупериода сетевого напряжения, а в течение второго - разряжают через нагрузку потребителя. Пока нагрузка питается от первого конденсатора, второй также заряжают от сети без подключения нагрузки. После этого цикл повторяется. Таким образом, нагрузка получает питание, по форме в виде пилообразных импульсов, а ток, потребляемый из сети - почти синусоидальный, только его аппроксимирующая функция опережает по фазе напряжение. Следовательно, счетчик учитывает не всю потребленную электроэнергию. Достичь смещения фаз до 90 градусов невозможно, так как фактически заряд каждого конденсатора завершается за четверть периода сетевого напряжения, но аппроксимирующая функция тока через счетчик при правильно подобранных параметрах емкости и нагрузки может опережать напряжение до 70 градусов, что позволяет счетчику учитывать всего четверть от фактически потребленной электроэнергии.

Для питания нагрузки, чувствительной к форме напряжения, на выходе устройства можно установить фильтр. В этом случае питание нагрузки будет осуществляться почти правильной синусоидой.

### Принципиальная схема устройства

Принципиальная схема приведена на рис.1. Основными элементами являются инверторный тиристорный мост VD7 – VD10 с конденсаторами C1, C2. Тиристоры VD7 и VD8, открываясь поочередно, позволяют конденсаторам C1 и C2 заряжаться от сети в соответствующие полупериоды сетевого напряжения. Тиристоры VD9 и VD10 предназначены для разряда конденсаторов через нагрузку.

Импульсы управления тиристорами формируются на вторичных обмотках трансформаторов T2 и T3 при открывании транзисторных ключей VT1 и VT2. Сигнал управления транзистором VT1, соответствующий положительной полуволне сетевого напряжения, выделяется параметрическим стабилизатором VD1, R1 и через гальваническую развязку на оптроне OC1 подается на базу транзистора. Транзистор открыт в течение всего времени положительной полуволны. В момент его открывания переходный процесс тока в первичной обмотке трансформатора T2 приводит к появлению импульсов во вторичных обмотках. Эти импульсы открывают тиристоры VD7 и VD10. Тиристоры остаются в открытом состоянии, пока токи через них не достигнут нулевых значений. Это приводит к заряду конденсатора C1 и к разряду C2.

При появлении отрицательной полуволны сетевого напряжения транзистор VT1 закрывается, а VT2 открывается сигналом, выделяемом элементами VD2, R5 и OC2. Работа каскада на транзисторе VT2 в отрицательный полупериод аналогична, и приводит к открыванию VD8, VD9, что приводит к заряду конденсатора C2 и к разряду C1.

Блок питания транзисторных ключей и формирователей импульсов построен по простейшей схеме и состоит из трансформатора T1, выпрямительного моста Br1 и фильтра C3.

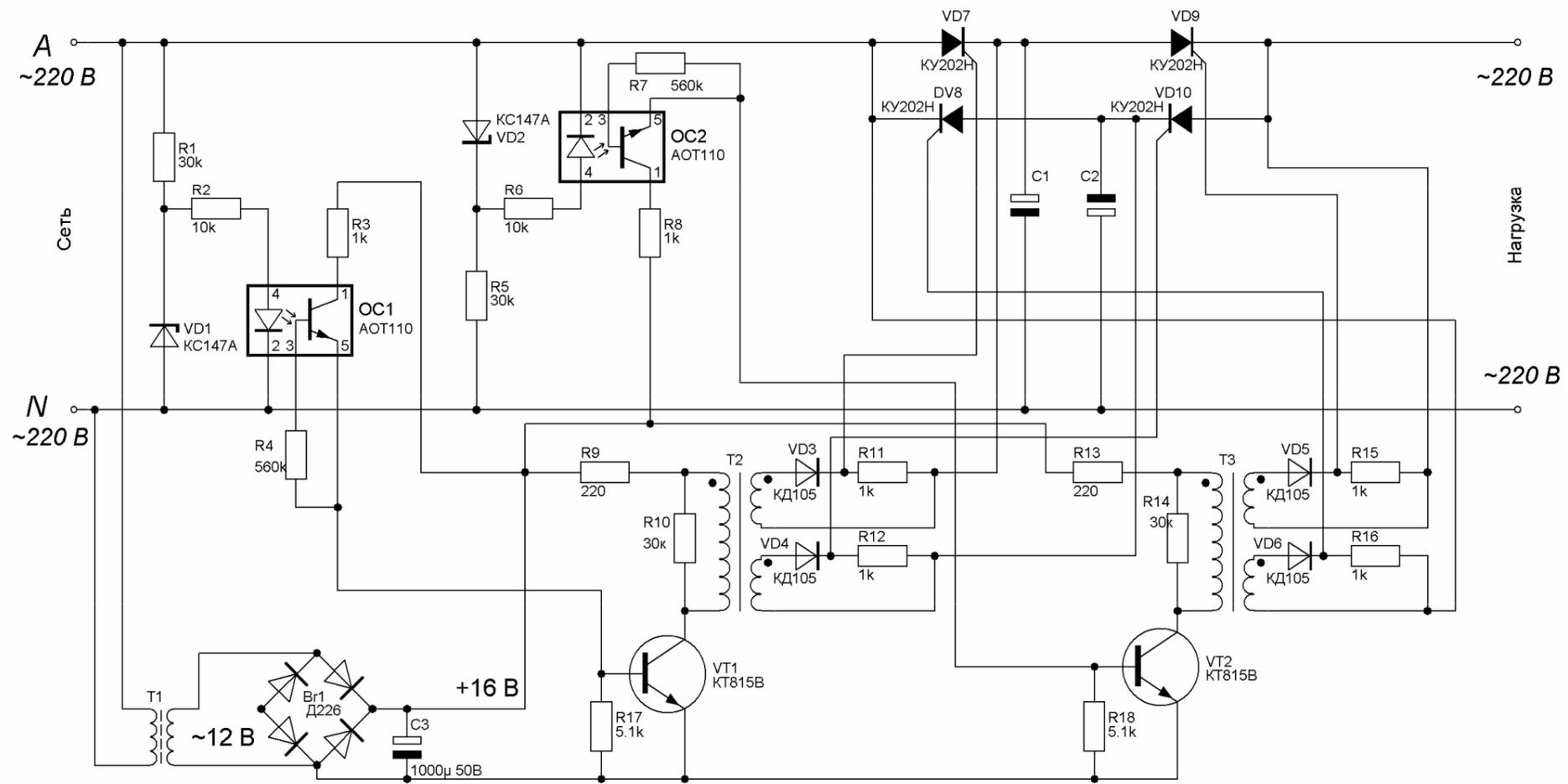


Рис.1. Инвертор реактивной мощности. Схема электрическая принципиальная

### Детали и конструкция

Тиристоры VD7-VD10 должны быть рассчитаны на импульсный ток в открытом состоянии не менее 30 А и постоянное обратное напряжение не менее 310 В. Кроме указанных на схеме, допускается применение тиристоров КУ202К- КУ202М. Каждый тиристор должен быть установлен на радиаторе площадью не менее указанной в нижеследующей таблице.

Транзисторы VT1, VT2 должны быть рассчитаны на импульсный ток коллектора не менее 1 А и напряжение коллектор-эмиттер не менее 40 В. Возможно применение транзисторов КТ815, КТ817, КТ819, КТ826, КТ827 с любыми буквенными индексами.

В качестве оптронов ОС1, ОС2 можно использовать оптроны АОТ110 с любыми буквенными индексами или другие транзисторные оптроны, рассчитанные на номинальный выходной ток не менее 10 мА и напряжение не менее 30 В.

Диоды VD-VD6 – типа КД105, КД102, КД106. Вг1- любые низковольтные выпрямительные диоды или диодная сборка на ток не менее 200 мА.

Резисторы: R1, R5 типа МЛТ-2, остальные резисторы типа МЛТ-0.25.

Накопительные конденсаторы С1 и С2 должны быть рассчитаны на напряжение не менее 400В. Они могут быть электролитическими, например К50-7. Их емкость выбирается в зависимости от мощности нагрузки, подключаемой к выходу устройства и должна быть не менее указанной в таблице.

Мощность нагрузки, кВт	Площадь радиатора тиристора, кв.см.	Емкость С1, С2, мкФ
1	50	250
2	100	500
3	150	750
4	250	1000
5	350	1200

Допускается применение батарей из нескольких конденсаторов, включенных параллельно. При малых нагрузках не рекомендуется завышать емкость конденсаторов, так как возрастают потери в схеме и снижается эффективность устройства.

Конденсатор С3 – любой электролитический емкостью 1000-2000 мкФ.

Трансформатор Т1 – любой мощностью около 10-20 Вт. Напряжение вторичной обмотки должно быть 12 В.

Трансформаторы Т2 и Т2 намотаны на кольцевом ферритовом сердечнике внешним диаметром не менее 10 мм. Все обмотки одинаковые и содержат по 100-200 витков провода диаметром 0.1-0.15 мм.

Устройство в целом собирают в каком-либо корпусе. Очень удобно (особенно в целях конспирации) использовать для этого корпус от бытового стабилизатора напряжения, которые в недалеком прошлом широко использовались для питания ламповых телевизоров.

### Наладка

**При наладке схемы соблюдайте осторожность! Помните, что не вся низковольтная часть схемы имеет гальваническую развязку от электрической сети! Применение плавких предохранителей – обязательно! Накопительные конденсаторы работают в тяжелом режиме, поэтому их нужно разместить в прочном металлическом корпусе.**

Низковольтный блок питания проверяют отдельно от других модулей. Он должен обеспечивать ток не менее 0.2 А при напряжении на выходе 16 В.

Настройку схемы управления тиристорами рекомендуется выполнять при отключенной нагрузке и отсоединенных накопительных конденсаторах С1, С2.

С помощью осциллографа проверяют наличие прямоугольных импульсов на стабилитронах VD1, VD2. Амплитуда этих импульсов должна быть около 5 В, частота 50 Гц, скважность 1/1. Если скважность существенно отличается, то подбирают сопротивления резисторов R1, R5.

После этого подключают осциллограф поочередно к база-эмиттерным переходам транзисторов VT1, VT2. Если оптронные узлы работают нормально, то на базах транзисторов будут прямоугольные импульсы амплитудой около 1В и частотой 50 Гц. При отсутствии этих импульсов подбирают резисторы R2, R6.

В заключении осциллограф подключают поочередно к управляющим электродам тиристоров VD7-VD10 и измеряют сигналы относительно соответствующих катодов. Должны наблюдаться короткие импульсы амплитудой около 1 В, частотой 50 Гц. Если импульсы отсутствуют или их амплитуда ниже 0.7 В, увеличивают сопротивления R17, R18.

На этом настройку схемы управления устройства можно считать завершенной. При подключении нагрузки на выходе устройства будет напряжение, равное нулю. После подключения накопительных конденсаторов напряжение на нагрузке появится и будет иметь вид пилообразных импульсов, приведенных на рис.2. Амплитуда этих импульсов около 310 В, частота 50 Гц.



Рис.2

Если нагрузка допускает произвольную форму питающего напряжения (нагревательные элементы, котлы, печи, освещение лампами накаливания и т.п), тогда на этом можно закончить. Если нагрузка требует синусоидального напряжения, перед нагрузкой следует включить фильтр. Как правило, достаточно простейшего Г-образного LC-фильтра (рис.3). При индуктивности дросселя L около 20 мГн и емкости конденсатора C 100 мкФ (только неполярный!), на нагрузке мощностью 2 кВт получается синусоида с незначительными искажениями (рис.4). Такие искажения допускают практически все потребители, даже точная электронная аппаратура.

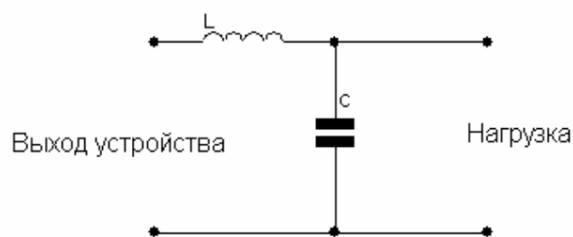


Рис.3. Фильтр.

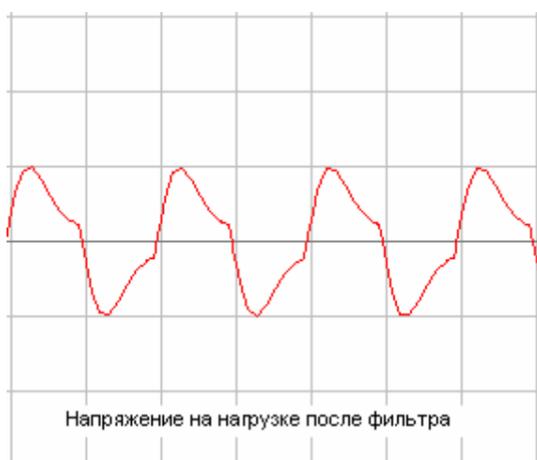


Рис. 4

После испытания устройства под нагрузкой полезно убедиться, что ток потребления из сети опережает по фазе напряжение. Для этого потребуется двухлучевой осциллограф. Последовательно с устройством следует включить малое мощное сопротивление (например, кусок спирали от электроплитки), и параллельно ему подключить один канал осциллографа для измерения тока. Второй канал осциллографа включают параллельно входу устройства, для измерения напряжения. Осциллограммы тока и напряжения должны быть смещены относительно друг друга по фазе на величину, как можно ближе к 90 градусам (рис.5). Малое фазосмещение свидетельствует о потере емкости накопительных конденсаторов С1 и С2. Полное отсутствие - о пробое силовых тиристоров или неправильной работе схемы управления.



Рис.5.

Если при наладке устройства возникнут сложности – не спешите делать вывод о некорректности схемы. Схема проверена. Сформулируйте суть проблемы и обратитесь к разработчикам по адресу [spkn@mail.ru](mailto:spkn@mail.ru). Мы обязательно разберёмся и поможем Вам.

**Эти материалы уникальны и являются собственностью авторов проекта [www.sparkling.ru](http://www.sparkling.ru). Их распространение без согласия авторов недопустимо и будет преследоваться!**