

ПОРТАТИВНЫЙ ВАТТМЕТР МАЛОМОЩНЫХ СЕТЕВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Глозман Д.М., Шевченко И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Храмович Е.М. – канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры физики

Аннотация. Разработан и собран портативный ваттметр маломощных сетевых потребителей до 10 ватт. Ваттметр состоит из трех основных элементов: аккумулятора, инвертор постоянного напряжения в переменное напряжение 220 вольт и цепь измерения мощности. Описаны сильные и слабые стороны изготовленного устройства.

Ключевые слова. Ваттметр, инвертор напряжения, мультивибратор.

Введение

В работе и в быту человек может столкнуться с необходимостью измерения потребляемой мощности электроприборов с целью определения времени работы от аккумулятора, диагностики приборов или расчета стоимости электроэнергии. Такая необходимость может возникнуть вдали от электросети или при работе, где важным преимуществом будет являться мобильность. С приборами переменного тока, особенно рассчитанных на сетевое напряжение, могут возникнуть трудности, при попытке запитать их от аккумуляторной батареи. Для решения этих трудностей и в целях изучения приборостроения нами был разработан портативный ваттметр маломощных сетевых потребителей.

Основная часть

Разработанный прибор способен измерять мощность светодиодных ламп, импульсных блоков питания, паяльников, датчиков и прочих электроприборов мощностью до 10 ватт. Прибор состоит из трех основных элементов, представленных на рисунке 1:



Рисунок 1 – Схема прибора

Для преобразования тока от аккумулятора в переменный ток 220 вольт 50 герц используется инвертор постоянного тока, повторяя напряжение электросети. Инвертор построен на базе мультивибратора, используемого в качестве генератора прямоугольных импульсов 50 герц [1].

Мультивибратор на рисунке 2 является одним из самых распространённых генераторов импульсов прямоугольной формы, используемый в электронике и радиотехнике. В нашей схеме он представляет собой двухкаскадный резистивный усилитель, охваченный глубокой положительной обратной связью:

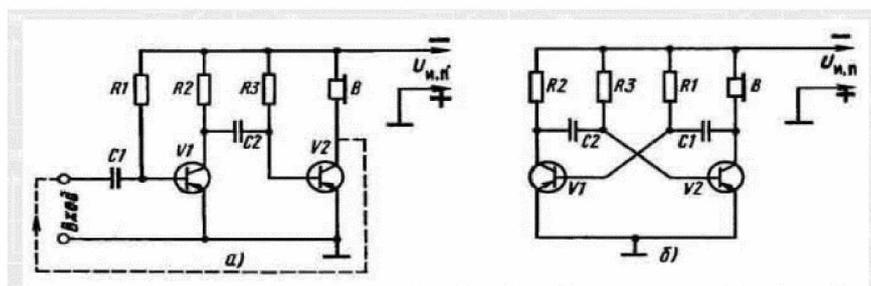


Рисунок 2 – Мультивибратор

После прямоугольный сигнал поступает на MOSFET (транзистор), а они в свою очередь поочередно коммутируют первичные обмотки трансформатора. Схема прибора показана на рисунке 3:

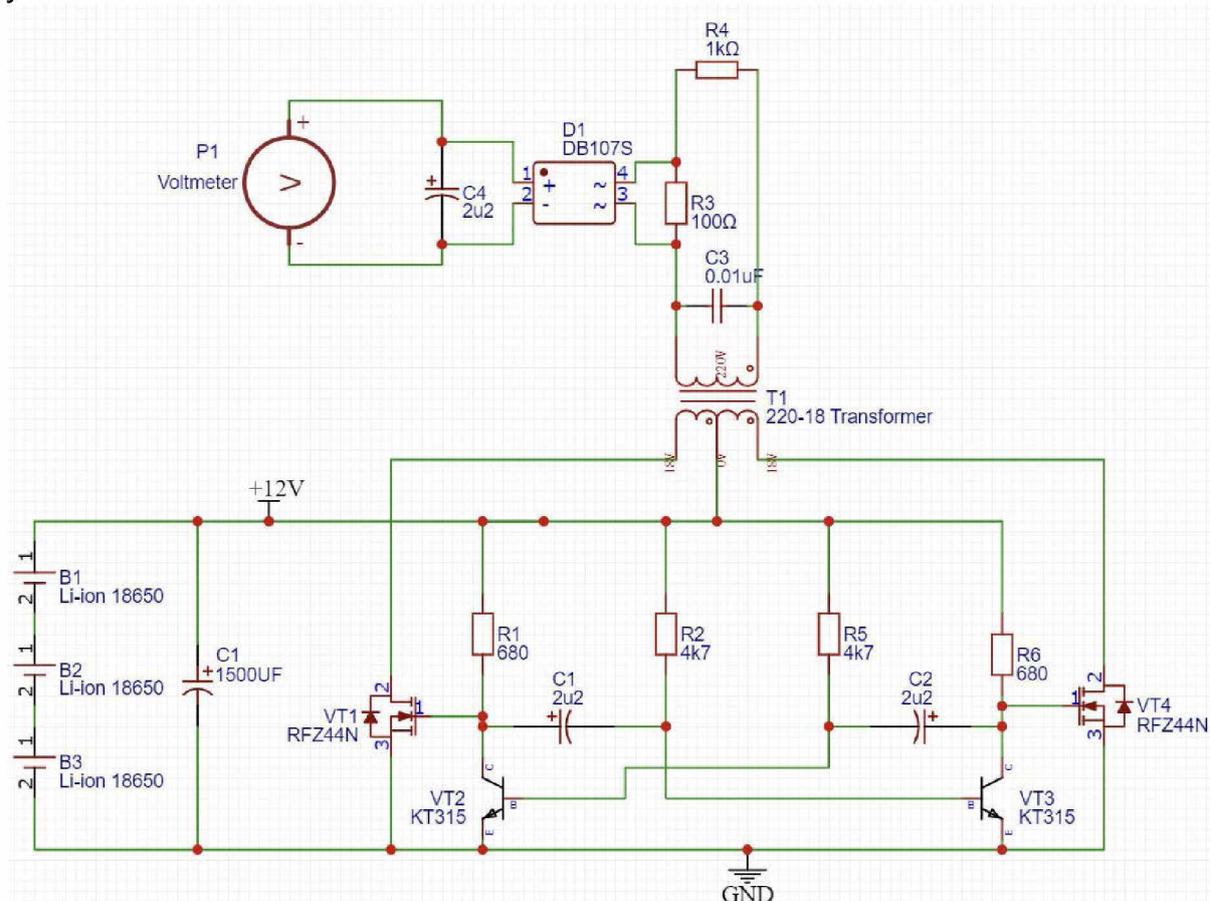


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема

На рисунке 4 нами была собрана симуляция мультивибратора для наглядного представления направления тока [2]:

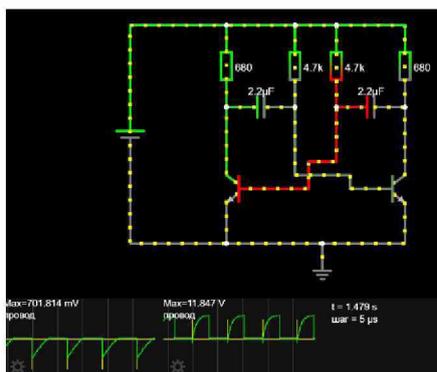


Рисунок 4 – Симуляция мультивибратора

На рисунке 5 изображены осциллограммы напряжений в точках 1 – GND, 2 – GND, 3 – GND. На осциллографе изображены напряжения, приближенные к меандру, который является управляющим напряжением MOSFET – транзистора. На графике 2 – GND представлено управляющие напряжение со сдвигом фазы на π рад, что позволяет работать ключам поочередно. На графике 3 – GND изображено напряжение базы транзистора в момент генерации импульсов. При открытом транзисторе напряжение его базы составляет 0.7 вольт, а напряжение на коллекторе стремиться к 0. Через промежуток времени, в полпериода колебаний, напряжение на базе становится отрицательным, что приводит к запираению транзистора – напряжение в точке 1 растет до напряжения питания.

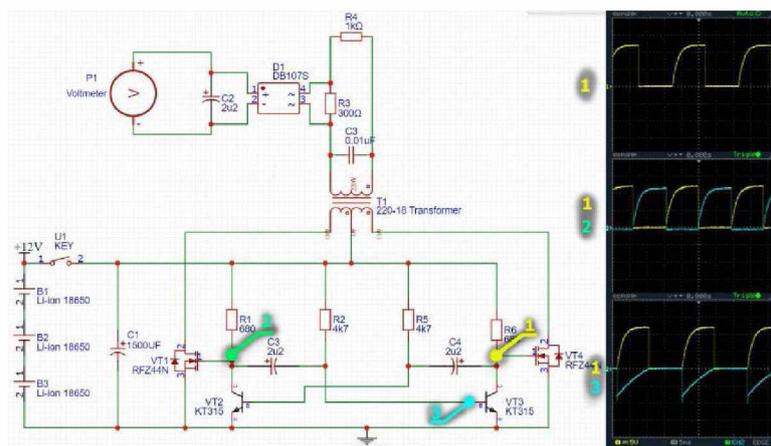


Рисунок 5 – Осциллограммы напряжений

Переменное магнитное поле в трансформаторе создается при помощи первичной обмотки со средней точкой. Поочередно коммутируя первичную обмотку относительно средней точки, создается магнитное поле и повышенное напряжение на вторичной обмотке. Повышенное напряжение со вторичной обмотки сглаживается конденсаторами С3 и через шунт R3 поступает на нагрузку. Для измерения потребляемой реактивной мощности (электромоторы, звонки) используется формула:

$$W = I_{действ.} \times U_{действ.}$$

$$U_{действ.} = \frac{U_{ампл.}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{действ.} = \frac{I_{ампл.}}{\sqrt{2}}$$

$$W = \frac{I_{действ.}}{\sqrt{2}} \times \frac{U_{действ.}}{\sqrt{2}}, \quad (1)$$

где $I_{действ.}$ – действующая сила тока, $U_{действ.}$ – действующее напряжение, $I_{ампл.}$ – амплитудная сила тока, $U_{ампл.}$ – действующее напряжение, W – мощность.

На практике чаще встречается импульсная нагрузка (импульсные блоки питания и светодиодные лампы), это позволило нам упростить расчеты и принципиальную схему ваттметра. Сопротивление шунта было подобрано так, чтобы напряжение падения на нем было равно мощности потребляемой нагрузки. Таким образом график напряжения нагрузки на рисунке 6 представляет собой прямоугольные импульсы, что позволяет рассчитывать мощность как мощность постоянного тока. Цена деления по горизонтали 2 миллисекунды, по вертикали 50 вольт:

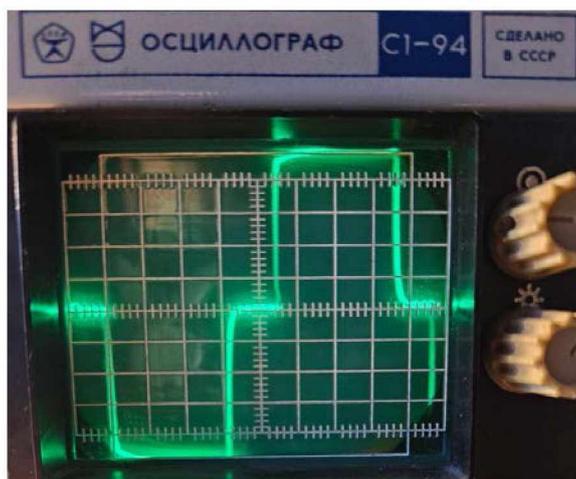


Рисунок 6 – График напряжения нагрузки

Эти условия позволили нам использовать не вышеупомянутую формулу, а ее упрощенный вид:

$$W = I_{нагр.} \times U_{нагр.}$$

$$W = \frac{U_{вольт.}}{R_{шунт.}} \times U_{нагр.}, \quad (2)$$

$$W \approx U_{вольт.}$$

где W – мощность, $I_{нагр.}$ – сила тока нагрузки, $U_{нагр.}$ – напряжение нагрузки, $U_{вольт.}$ – напряжение вольтметра, $R_{шунт.}$ – сопротивление шунта.

Далее нами была изготовлена печатная плата, схема которой показана на рисунках 7 и 8 [3, 4]:

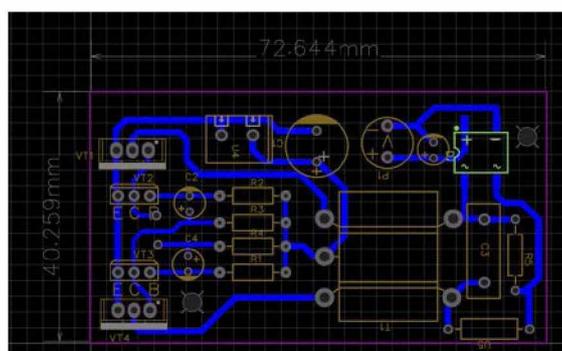


Рисунок 7 – Схема печатной платы

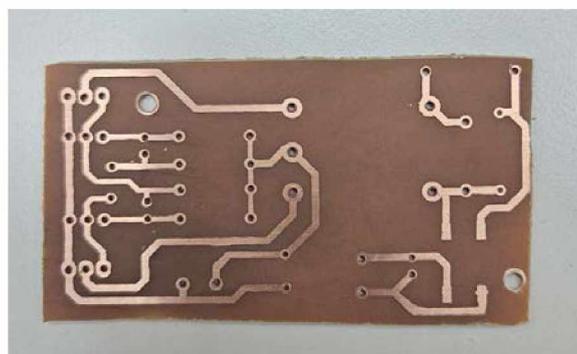


Рисунок 8 – Печатная плата

Заключение

Разработано и изготовлено устройство - портативный ваттметр (рисунок 9). Разработанное устройство способно измерять мощность сетевых приборов до 10 ватт. Такое ограничение обусловлено выбранным трансформатором в пользу портативности. Данное устройство может быть полезно как для домашнего использования, так и на производстве. Аккумулятора хватит на два часа работы, но из-за перегрева MOSFET – транзисторов и трансформатора, прибор не желательно эксплуатировать больше 5 минут. Пример работы при подключении лампочки 7 ватт показан на рисунке 10.

Выбранная схема мультивибратора имеет недостаток, генерируемая частота зависит от напряжения питания, для исправления этого недостатка в будущем планируется заменить мультивибратор на таймер NE555, который такого недостатка лишён. Также, для измерения реактивной нагрузки, будет добавлен делитель напряжения с переключателем, который при включенном режиме "реактивная нагрузка" будет делить напряжение на вольтметре пополам. Согласно рисунку 10, показания ваттметра совпадают с реальной мощностью лампочки, а это значит, что устройство полностью справляется с поставленной задачей.



Рисунок 9 – Портативный ваттметр



Рисунок 10 – Тестирование ваттметра

Список использованных источников:

1. Мультивибратор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lessonradio.narod.ru/Multivibrator.htm> – Дата доступа: 30.03.2024
2. Симуляция мультивибратора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://falstad.com/> – Дата доступа: 30.03.2024
3. Методы производства печатных плат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oessp.ru/articles/tehnologiya-i-metody-izgotovleniya-pechatnykh-plat/> – Дата доступа: 30.03.2023
4. Изготовление печатной платы в домашних условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eas.me/peroxide-etching/> – Дата доступа: 30.03.2024