

ISSN 2307-5457	НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ
<i>Primus inter pares</i>	 <b>УЧЕБНАЯ ФИЗИКА</b>
Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции	Июль - сентябрь 2022 №3
«Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения»	Издается с января 1997 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Основная школа

Е. И. Вараксина И. И. Мышкин	НОВИЗНА В УЧЕБНОМ ПРОЕКТЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МОДЕЛИ УНИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ .....	3
---------------------------------	---	---

### Старшая школа

Б. А. Мукушев	ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ СОСТАВЛЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ .....	7
В. В. Майер К. М. Курбоналиев	УЧЕБНАЯ МОДЕЛЬ ТРУБЫ ГАЛИЛЕЯ Дидактическое исследование: физико-технический этап .....	17

### Высшая школа

С. М. Кокин С. Г. Стоюхин С. В. Мухин	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ МЕТАЛЛА МЕТОДОМ ОХЛАЖДЕНИЯ» .....	28
В. В. Майер Е. И. Вараксина И. А. Васильев	ГЕНЕРАТОР И ИНДИКАТОР ДЛЯ УЧЕБНЫХ ОПЫТОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ...	34

### Компьютер в эксперименте

С. В. Марков	ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ МИКРОСХЕМЫ ADE7757 И МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ПЛАТЫ ARDUINO UNO ...	41
--------------	---	----

## Науковедение

Ю. А. Сауров	О ТЕМАХ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ .....	53
--------------	---	----

## Исследования

Е. И. Вараксина	ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....	61
-----------------	---	----

АВТОРЫ ЖУРНАЛА .....	67
----------------------	----

ABSTRACTS .....	68
-----------------	----

---

### Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

### Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГППИ, Глазов

### Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов,  
Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.

*E-mail: krova@bk.ru*

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 01.11.22. Подписано в печать 19.12.22. Дата выхода в свет: 23.12.22. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 153. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Определение напряжения, вырабатываемого электрофорной машиной, по длине искры между шаровыми электродами (см. статью: Майер В. В., Вараксина Е. И. Искровой вольтметр для измерения высокого напряжения // Учебная физика. — 2021. — № 3. — С. 3–10).

УДК 372.853

С. В. Марков

## ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ МИКРОСХЕМЫ *ADE7757* И МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ПЛАТЫ *ARDUINO UNO*

Предлагается использовать в учебном эксперименте специализированную микросхему *ADE7757* и микроконтроллерную плату *Arduino UNO* для измерения активной потребляемой мощности и электроэнергии переменного тока в бытовой электрической сети. В данном материале предоставлена информация о подключении схемы–измерителя к микроконтроллеру, подключение токоизмерительного шунта и реализация гальванической развязки микроконтроллера от сети. Также приведен исходный код для микроконтроллерной платы *Arduino UNO*.

*Ключевые слова:* активная мощность, переменный ток, микроконтроллерная плата *Arduino UNO*, цифровой счетчик электрической энергии, гальваническая развязка, *ADE7757*, натурный компьютерный эксперимент.

### 1. Введение

Бытовая электрическая сеть представляет собой сложное соединение двухпроводных линий, между проводами которых имеется однофазное переменное напряжение. Все бытовые осветительные, нагревательные, электронные и другие устройства работают от электрической сети переменного тока частотой 50 Гц и действующим напряжением 220 В, поэтому без этого напряжения нельзя обойтись ни дома, ни в школе. Учащимся из курса физики 8 класса известно, что учет количества израсходованной электроэнергии производится с помощью электрических счетчиков, и использованная электроэнергия имеет определенную стоимость [10, с. 148–149]. Также учащиеся в лабораторном практикуме рассчитывают мощность и работу постоянного электрического тока. С понятием «переменный ток» учащиеся знакомятся в курсе физики 9 класса [11, с. 193–199] и более подробно данный материал изучается только в 11 классе [8, с. 90–92]. В программе курса средней школы не предусмотрен эксперимент по измерению мощности и работы переменного тока в бытовой электрической сети и поэтому учащимся трудно представить, как производится учет используемой электроэнергии современными электросчетчиками. В

сети Интернет учащиеся узнают, что электросчетчики бывают индукционные и электронные (цифровые). В настоящее время индукционные счетчики полностью вытеснены современными, более точными цифровыми счетчиками. Чтобы учащиеся 11 класса понимали физическую сущность принципа работы современных цифровых счетчиков электроэнергии, для этого в элективном курсе «Микроконтроллерные устройства и их программирование» предусмотрена тема «Электросчетчик. Учет потребленной электроэнергии». В ходе изучения данной темы учащиеся знакомятся: с устройством и принципом работы цифровых ваттметров и электросчетчиков, со схемой включения их в однофазную сеть, с фазовыми регуляторами мощности на микросхеме K1182PM1.

В некоторых случаях для эффективного использования электрической энергии важно визуально знать, какую мощность потребляет подключенный прибор в бытовую сеть, и уметь управлять этой подачей энергии. В связи с этим была поставлена цель разработки датчика потребляемой мощности в однофазной сети переменного тока с применением микроконтроллерной платы *Arduino*. В процессе исследовательской деятельности учащиеся получают не только новые знания о мощности в цепи переменного тока, но и усвоят весь познавательный путь получения этого знания, начиная от постановки задачи, разработки экспериментальной установки и ее экспериментальной проверки.

## 2. Датчик мощности переменного тока

В сети Интернет можно найти большое количество публикаций, посвященных измерению мощности постоянного тока с применением микроконтроллерной платы *Arduino UNO* и можно обнаружить небольшое количество публикаций по измерению мощности в цепях переменного тока с использованием платформы *Arduino*. Так, например, в [5] рассматривается измерительный прибор, который измеряет потребляемый ток с использованием трансформатора тока, затем делается несколько расчетов, чтобы вывести значения тока, максимальной мощности и потребленной электроэнергии. В другом источнике [15] предлагается описание простого и недорогого устройства для измерения напряжения, тока и мощности в электрической сети 220 В для потребителей с током потребления не больше 30 А с последующим отображением результатов измерения в виде графиков на *WEB*-странице через компьютерную сеть. Эксперименты, проведенные нами по описаниям в этих источниках, дают весьма некорректные результаты, которые сильно зависят от типа нагрузки и формы колебаний переменного тока, например, с применением фазовых регуляторов мощности. Поэтому были изучены современные цифровые счетчики электрической энергии и применяемые в них микроконтроллеры. Для измерения

мощности в цепях переменного тока были исследованы микросхемы *ADE7755* [4, 6, 9], *ADE7757* [12], *ADE7758* [3], *MCP39F501* [14]. В ходе проведенных экспериментов с указанными микросхемами было решено использовать *ADE7757*. Функциональная схема микросхемы представлена на рис. 1, алгоритм работы изложен в техническом паспорте [12]. Типовая схема включения микросхемы в осветительную сеть переменного тока представлена на рис. 2.

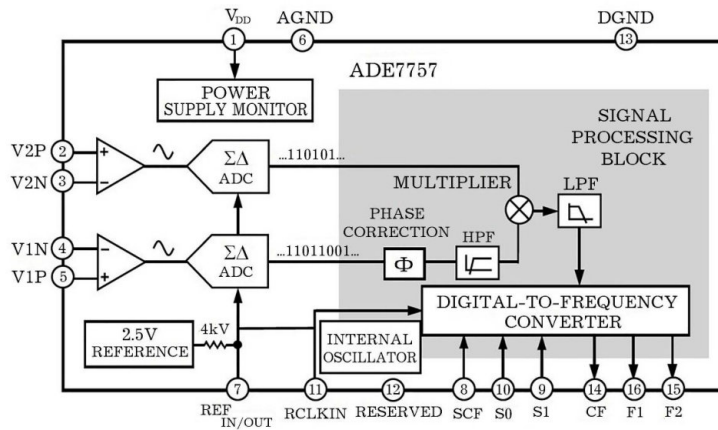


Рис. 1. Функциональная схема микросхемы *ADE7757*

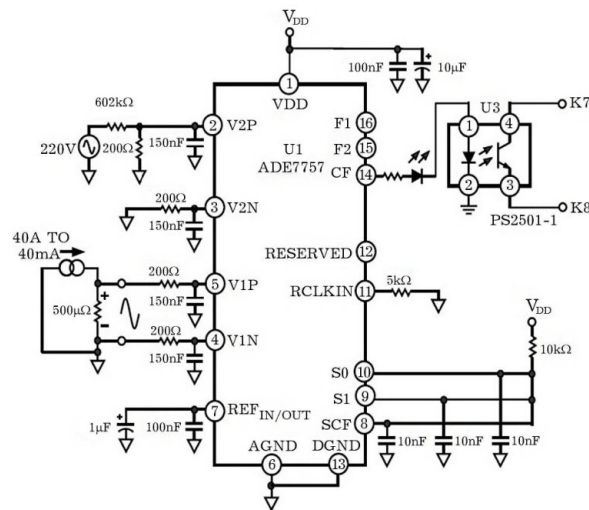


Рис. 2. Типовая схема включения микросхемы *ADE7757* в сеть

Микросхема *ADE7757* — интегральная схема высокоточного счетчика электроэнергии со встроенным внутренним прецизионным тактовым генератором. Выдает информацию о средней активной мощности на выходы *F1* и *F2*. Эти выходы могут использоваться для непосредственного управления электромеханическим счетчиком (рис. 3) или для передачи информации в микроконтроллер. Высокочастотный логический вывод *CF* предназначен для калибровки или выдачи мгновенного значения мощности. Внутренняя схема согласования фазы гарантирует, что напряжение и ток будут согласованы по фазе. Внутренний ненагруженный порог гарантирует, что *ADE7757* не будет вести измерения при отсутствии нагрузки.

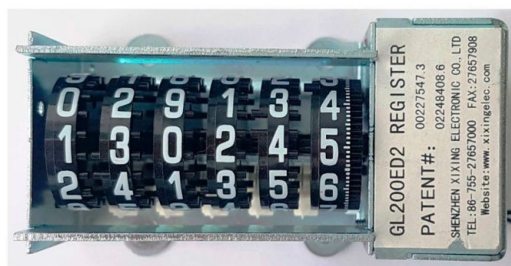


Рис. 3. Шаговый регистратор счетчика

Для преобразования тока в сигнал напряжения, необходимый для работы ИС *ADE7757*, используется шунт  $R_{ш}$  (рис. 4). Напряжение с шунта  $R_{ш}$ , пропорциональное току нагрузки, поступает на вход *V1* (выводы 4 и 5) микросхемы *DA2* через фильтры низких частот (ФНЧ) *L1R2C4* и *L2R3C5*. Эти фильтры необходимы, чтобы избежать наложения спектральных составляющих при дискретизации сигналов в микросхеме *DA2*. Той же цели служат ФНЧ *L3C10* и конденсаторы *C6*, *C7*. Напряжение сети ослабляется при помощи простого резистивного делителя  $R4$ ,  $R5$ ,  $R6$  до значения около 30 мВ и поступает на вход *V2* (выводы 2 и 3) микросхемы *DA2*.

Микроконтроллерная плата *Arduino UNO* с помощью оптрона *U2* подключается к микросхеме *DA2*. Остается настроить вывод *CF* микросхемы для подключения к микроконтроллерной плате. Для этого необходимо установить сигналы на входах  $SCF = 0$  и  $S0 = S1 = 1$ , где *SCF* — выбор частоты калибровки на выходе *CF*, *S0* и *S1* — для выбора одной из четырех возможных частот для преобразователя цифрового сигнала в частоту. Калибровочные частоты на выходе *CF* представлены в табл. 1 [12].

Частота импульсов  $f$  на выходе *CF* (вывод 14 *DA2*) пропорциональна активной мощности  $P$ , потребляемой нагрузкой:  $f = kP$ , где  $k$  — коэффициент преобразования (Гц/Вт). Коэффициент  $k$  зависит

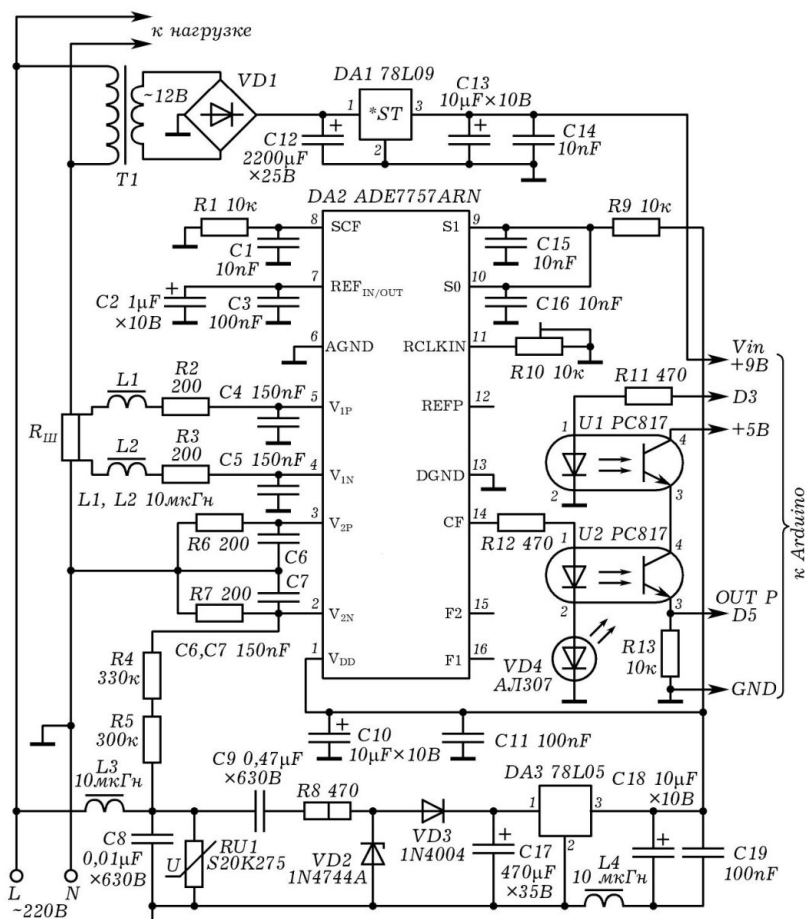


Рис. 4. Электрическая схема датчика мощности

от величины сопротивления  $R_{10}$ , а также от цифровых управляющих сигналах на входах  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $SCF$  (выводы 8, 9, 10) микросхемы  $DA_2$ . На схеме эти входы подключены так, чтобы значение  $k$  было максимально. Коэффициент  $k$  подбирают при налаживании прибора вращением движка резистора  $R_{10}$ . Импульсы длительностью 18 мкс с выхода  $CF$  микросхемы  $DA_2$  проходят через резистор  $R_{12}$  и излучающий диод оптрона  $U_2$ . Фототранзистор оптрона  $U_2$  обеспечивает гальваническую развязку высоковольтной части цепи датчика мощности с микроконтроллерной платой и компьютером. Измерение частоты электрических импульсов производится мик-

роконтроллерной платой *Arduino UNO*. Для этого цифровой вход *D5 Arduino UNO* программно настроен на измерение частоты электрических импульсов, выделяющихся на резисторе *R13*. Поскольку в нашем устройстве измерение частоты производится по одному входу *D5*, то для управления очередностью измерения частоты нескольких датчиков мощности применяется оптрон *U1*. Светоизлучающий диод оптрона через резистор *R11* соединяется с контактом *D3 Arduino UNO*. Если на *D3* присутствует логическая 1, то оптрон *U1* находится в открытом состоянии, который в свою очередь открывает оптрон *U2*.

Таблица 1  
Значения выходной частоты  
на выводе *CF* микросхемы *ADE7757*

<i>SCF</i>	<i>S1</i>	<i>S0</i>	<i>MaxforACSignals</i> (Hz)
1	0	0	$128 \times F1, F2 = 22.4$
0	0	0	$64 \times F1, F2 = 11.2$
1	0	1	$64 \times F1, F2 = 22.4$
0	0	1	$32 \times F1, F2 = 11.2$
1	1	0	$32 \times F1, F2 = 22.4$
0	1	0	$16 \times F1, F2 = 11.2$
1	1	1	$16 \times F1, F2 = 22.4$
0	1	1	$2048 \times F1, F2 = 2.867 \text{ kHz}$

Питание микросхемы производится интегральным стабилизатором напряжения *DA3* на +5 В. Напряжение сети через ограничивающие ток конденсатор *C9* и резистор *R8* поступает на стабилизатор *VD2*, на котором выделяются прямоугольные импульсы амплитудой 15 В. Далее их выпрямляет диод *VD3* и сглаживает конденсатор *C17*, в результате чего на стабилизатор напряжения *DA3* поступает постоянное напряжение около 14 В. Его выходное напряжение +5 В питает микросхему *DA2*. На стабилизаторе *DA1* собран источник питания на +9 В для микроконтроллерной платы *Arduino UNO*. Малоомный трансформатор использован от адаптера питания бытовых приборов.

Дроссели *L3* и *L4* согласно [13] — проводники, пропущенные через цилиндрические ферритовые магнитопроводы. Через отверстие цилиндра пропущен провод ПЭВ-2 диаметром 0,61 мм. Дроссели *L1* и *L2* — ДМ 0,6. Пары резисторов *R2 R3* и *R6 R7* должны быть подобраны так, чтобы различия их сопротивлений не превышали 1%.



Устройство не требует налаживания, но необходима его калибровка. Для этого подключают к нему активную нагрузку, например, лампу накаливания на 100 Вт, измеряют ток нагрузки и напряжение на ней цифровыми приборами. Вычисляют мощность, потребляемую нагрузкой. Разделив потребляемую мощность на измеренную частоту, определяют коэффициент преобразования. Вращая движок резистора  $R10$ , получают на дисплее прибора значение мощности равное расчетному значению. Поскольку в сети напряжение не постоянно, то калибровку лучше производить с применением стабилизатора напряжения. Для уверенности в правильной настройке к устройству подключают различные бытовые электронагревательные приборы различной мощности. Если настройка была произведена правильно, показания прибора практически должны совпадать с мощностью, указанной в паспорте на данный сетевой прибор.

Устройство собрано на одностороннем стеклотекстолите поверхностным монтажом. Чертеж платы представлен на рис. 5. Таким образом, на базе микросхемы *ADE7757* можно изготовить датчик мощности переменного тока, способный совместно с микроконтроллерной платой *Arduino UNO* производить измерения не только мощности, но и потребляемой энергии.

### 3. Изготовление токоизмерительных шунтов

В измерителе мощности в качестве датчика тока можно использовать шунт или трансформатор тока. Поскольку шунты промышленного изготовления и трансформаторы тока имеют достаточно высокую стоимость, были разработаны и изготовлены самодельные токоизмерительные шунты.

Номинал сопротивления шунта определяется согласно требуемому напряжению на выходе. Микросхема *ADE7757* допускает на входах измерения тока напряжение в диапазоне  $\pm 30$  мВ [12]. Определить величину сопротивления шунта, например, для  $I_{\max} = 10$  А можно согласно закону Ома, что составляет 3 мОм (0,003 Ом).

Для изготовления токоизмерительного шунта использовали манганиновую проволоку с большим удельным сопротивлением от шагового реостата. Сопротивление проволоки диаметром 1 мм и длиной 1 м оказалось равным 0,645 Ом. Сопротивление куска этой проволоки длиной 1 см будет 6,45 мОм. Для удобства из конструкторских соображений применили проволоку длиной 2 см общим сопротивлением 12,9 мОм. Тогда общее количество проволок этой длины при их параллельном соединении окажется равным 4,3. Это значение округлим до ближайшего целого числа 4. Таким образом, необходимо подготовить четыре проволоки длиной по 3 см.

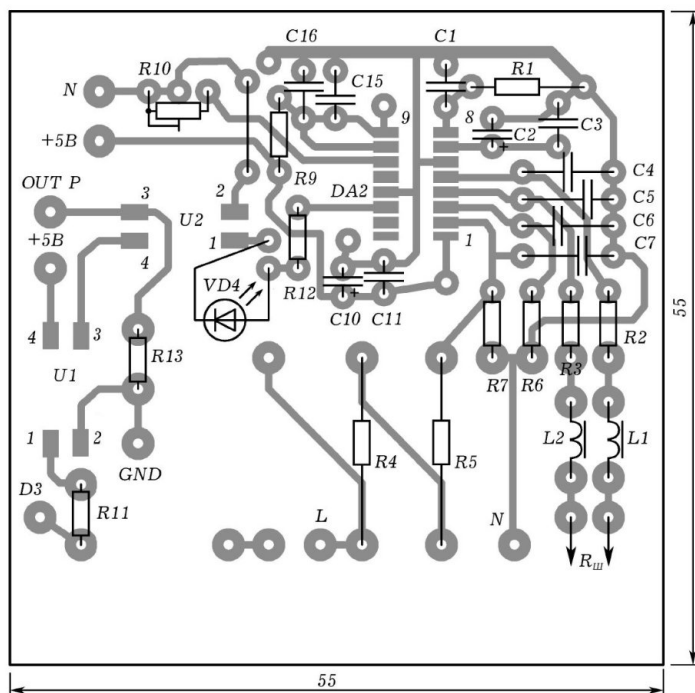


Рис. 5. Монтажная плата датчика мощности переменного тока

С обоих концов проволоку по 5 мм очищают и залуживают. Готовят две латунные пластины, в нашем случае они имеют размеры  $30 \times 15 \times 1$  мм. Одну из плоскостей залуживают и сгибают, придав форму в виде символа  $U$ . В образовавшийся зазор вставляют подготовленные проволоки, сжимают концы пластины, и внутреннюю полость пропаивают (рис. 6). Изготовленные шунты, конечно, не имеют высокой точности, но в учебных целях допустимы, поскольку расхождение между измеренной мощностью бытового прибора и его паспортным значением практически отсутствует.

#### 4. Демонстрационный опыт измерения мощности и работы переменного электрического тока в сети

В качестве нагрузки можно использовать лампы накаливания различной мощности, электронагревательные приборы. Измерение мощности и работы тока производится по разработанной программе (табл. 2).



Рис. 6. Токоизмерительный шунт

[Таблица 2]

```

#include<SPI.h> // библиотека для протокола SPI
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2Clcd(0x27,16,2); // Устанавливаем дисплей
int v;
double w;
int k;
volatile unsigned int int_tic=0;
volatile unsigned long tic;

void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight(); // Включаем подсветку дисплея
  Serial.begin(9600);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" ");
  k = 0; v = 0; w = 0;
  TCCR1A=0; TCCR1B = 1<<TOIE1; //прерывание по переполнению таймера
  Serial.print("\ "); Serial.println(v);
  Serial.print("\ ");
  Serial.println(w/3600000,6);
}
ISR (TIMER1_OVF_vect){int_tic++; }

void loop()
{
  // сброс таймера T1
  pinMode (5,INPUT); // вход сигнала внутреннего таймера T1
  TCCR1B = (1<<CS10)|(1<<CS11)|(1<<CS12); // тактирование от входа T1
  TCCR1B=0;
  tic = ((uint32_t)int_tic<<16) | TCNT1; // сложить импульсы
  int_tic = 0; TCNT1 = 0;
}
pinMode (5,INPUT); // вход сигнала внутреннего таймера T1
TCCR1B = (1<<CS10)|(1<<CS11)|(1<<CS12); // тактирование от входа T1
delay(1000); // задержка 1 с
TCCR1B=0;
tic = ((uint32_t)int_tic<<16) | TCNT1; // сложить импульсы
int_tic=0; TCNT1 = 0;
v = tic; // значение мощности тока в Вт
w = w + v; // суммирование значений мощности по истечении каждой секунды
k = k + 1; // переменная для организации цикла
Serial.print("\ ");
Serial.println(v); // распечатать значение мощности
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("POWER = ");
lcd.setCursor(13, 0); lcd.print("W");
lcd.setCursor(11, 1); lcd.print("kW*ch");
lcd.setCursor(8, 0); lcd.print(" ");
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print(v,1); // распечатать значение мощности на ЖК-дисплее
if (k == 60)// проверка интервала времени 1 мин
{
  k = 0;
  Serial.print("\ ");
  Serial.println(w/3600000,6); // распечатать значение работы тока
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print(w/3600000,6); // распечатать значение работы тока на ЖК-дисплее
}
}

```

Электрические импульсы, выделяющиеся на резисторе  $R13$ , в течение  $1$  с поступают в программируемый таймер микроконтроллера и присваиваются переменной  $v$ . Вращением движка подстроечного резистора  $R10$  добиваются, чтобы переменная  $v$  была равна мощности тока подключенной нагрузки. Потребляемая электроэнергия рассчитывается через каждую секунду и присваивается переменной  $w$ . На экране символьного ЖК-дисплея и компьютера распечатывается электроэнергия, выраженная в кВт·ч, через каждую  $1$  минуту.

[Таблица 3]

```

program ComRead;
uses System.IO.Ports, GraphABC;
var sp : SerialPort;
    vv : integer;
begin
    vv := 1;
    sp := newSerialPort('COM3'); // выбор порта компьютера, совпадающий
    с установленным портом микроконтроллерной платы Arduino UNO
    sp.Open();
    SetWindowSize(1500,800); SetBrushColor(RGB(0,0,250));
    Rectangle(0,0,1500,800); SetFontColor(RGB(0,255,0));
    SetFontSize(19); SetFontSize(45);
    textOut(50,260,'МОЩНОСТЬ, Вт');
    textOut(650,260,'РАБОТА ТОКА, кВт*ч');
    repeat
    begin
        SetFontStyle(fsBold); SetFontSize(85);
        SetFontSize(100); SetFontColor(RGB(255,255,255));
        SetFontSize(65);
        var s := sp.ReadLine(); // чтение переменных v и w/3600000 с
        монитора порта и присвоение переменной s
        textOut(150,450,'');
        textOut(150,450, s); // печать переменной s
        Redraw;
    end;
    until vv > 1;
    sp.Close();
end.

```

Поскольку величина символов, отображаемых на символьном ЖК-дисплее и в мониторе порта невелика, то для увеличения символов используем дополнительную программу (табл. 3), написанную на языке программирования *PascalABC.NET*. Порядок демонстрации измерения активной мощности переменного тока и потребляемой электрической энергии подключенной нагрузкой может быть следующим.

1. Собирают установку по схеме, представленной на рис. 7.
2. Загружают скетч в микроконтроллер *ATmega328P* (табл. 2).
3. Открывают окно программирования *PascalABC.NET* и запускают в этой среде программу (табл. 3). На рис. 8 изображены текущие показания мощности тока и расхода электроэнергии 100 Вт лампы накаливания, включенной в бытовую сеть переменного тока.

В ходе сборки устройства и выполнения эксперимента необходимо строго соблюдать технику безопасности. Все элементы датчика мощности находятся под высоким потенциалом, поскольку все они связаны с фазным сетевым проводом переменного тока. Необходимо помнить, переменное напряжение бытовой электрической сети

может представлять собой смертельную опасность для человека. Чтобы учащиеся осознанно соблюдали требования техники безопасности при работе с высоким напряжением, необходимо учителю физики при каждом удобном случае обращать внимание на меры предосторожности при работе с электрическим током. С этой целью учитель совместно с учащимся может обратиться к статье «Техника безопасности: электрическая сеть» [7], где подробно изложены физические основы техники безопасности при работе с переменным напряжением бытовой электрической сети, рассмотрены устройство и принцип действия индикаторной отвертки электрика.

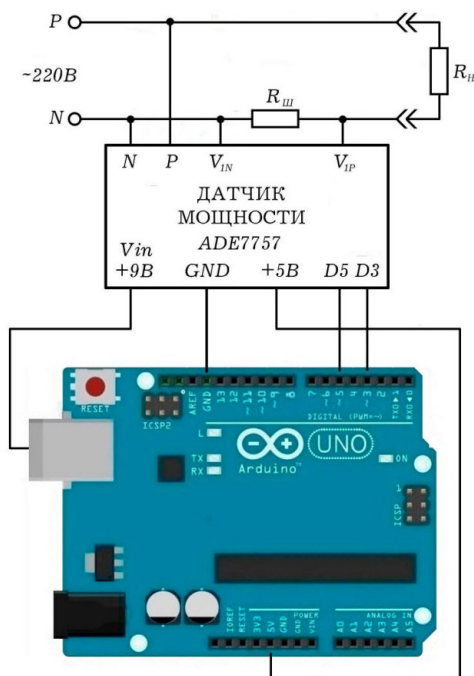


Рис. 7. Функциональная схема устройства для измерения мощности переменного тока



Рис. 8. Показания мощности и израсходованной электроэнергии 100 Вт лампой:  
 а) в течение 15 мин с момента включения в сеть; б) в течение 30 мин

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ваттметр для сети 220 В. Режим доступа: <http://lukinsound.narod.ru/works/watt220/power.htm> (дата обращения: 11.06.2021).
2. Ваттметр на *Arduino* — измерение напряжения, тока и мощности. Режим доступа: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/vattmetr-na-arduino-izmerenie-napryazheniya-toka-i-moshhnosti> (дата обращения: 21.05.2021).
3. Жмудь В. А., Незванов А. И., Трубин В. Г. Измерение переменного напряжения и тока с помощью *ADE7758* и *STM32F103*. Режим доступа: <http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-1-2020-19.pdf> (дата обращения: 25.05.2021).
4. Измерение мощности микросхемой *ADE7755ARS* на примере анализатора. Режим доступа: <https://www.ap-impulse.com/analizator-energeticheskoj-effektivnosti-xolodilnogo-apparata-izmeryaem-moshhnost-shag-10-chast-1/> (дата обращения: 11.06.2021).
5. Измерение потребляемой мощности с помощью *Arduino*. Режим доступа: <https://ftp.myfreeproject.com/arduino/214-izmerenie-potreblyaemoj-moschnosti-s-pomoschyu-arduino.html> (дата обращения: 21.05.2021).
6. Косенко С. Измеритель активной мощности на микросхеме *ADE7755* // Радио. — 2010. — № 8. — С. 19–20.
7. Майер В. В., Варакина Е. И. Техника безопасности: электрическая сеть // Учебная физика. — 2015. — № 4. — С. 8–12.
8. Мякишев Г. Я. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. организаций с прил. на электрон. носителе: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2014. — 399 с.
9. Недорогой счетчик электроэнергии на микросхеме *AD7755*. Режим доступа: <https://lemzspb.ru/ade7752a-skhema-trekhfaznogo-elektroschetchika/> (дата обращения: 11.06.2021).
10. Перышкин А. В. Физика. 8 кл.: учебник / А. В. Перышкин. — М.: Дрофа, 2014. — 237 с.
11. Перышкин А. В. Физика: 9 класс: учебник / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. — М.: Дрофа, 2019. — 350 с.
12. *ADE7757* ИС счетчика электроэнергии со встроенным генератором. Режим доступа: [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Analog\\_Devices/system/powermetering/ade7757.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Analog_Devices/system/powermetering/ade7757.htm) (дата обращения: 11.06.2021).
13. Anthony Collins. A Low Cost Watt-Hour Energy Meter Based on the *AD7755*. Режим доступа: [http://www.analog.com/static/imported-files/application\\_notes/AN559.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/application_notes/AN559.pdf) (дата обращения: 25.05.2021).
14. The *MCP39F501* is a highly integrated, single-phase power-monitoring IC designed for real-time measurement of input power for AC/DC power supplies, power ... Режим доступа: <https://www.microchip.com/download/en/DeviceDoc/20005256A.pdf> (дата обращения: 21.10.2021).
15. Web-монитор параметров электрической сети за \$30. Режим доступа: <http://lic.com.ua/article08.htm> (дата обращения: 11.06.2021).

## ABSTRACTS

**Varaksina E. I., Myshkin I. I. Novelty in a training project devoted to improve the model of a unipolar electric motor.** It is shown that didactic novelty in an educational physics experiment can be achieved by developing a demonstration version of a well-known individual experiment. *Keywords:* unipolar electric motor, demonstration model, didactic novelty.

**Mukushev B. A. Teaching schoolchildren to compose problems in physics.** The article reveals the genesis of educational physical problems and outlines methodological approaches to the creation of original problems in physics. *Keywords:* educational physical problems, creation of new problems, evolution of physical problems.

**Mayer V. V., Kurbonaliev K. M. Educational model of Galileo's telescope. Didactic research: the physics stage.** The physics stage of didactic research is presented. The purpose of the research is to develop an educational model of Galileo's telescope. The device is intended for use in a laboratory experiment of a general physics course at pedagogical university and as an object of research in a student's physics project. *Keywords:* Galileo telescope, didactic research, general physics, pedagogical university, laboratory experiment, school physics, student project.

**Kokin S. M., Stouykhin S. G., Mukhin S. V. The laboratory work «Determination of metal specific heat capacity by cooling method».** The paper describes the work for a student laboratory workshop on physics «Determination of the specific heat capacity of metal by cooling». The installation of the original design was created on the Department «Physics» of RUT (MIIT). *Keywords:* specific heat capacity, thermocouple, reference sample, heating, cooling.

**Mayer V. V., Varaksina E. I., Vasiliev I. A. Generator and indicator for educational experiments with electromagnetic radiation.** The design and technology of self-manufacturing of a micro-powerful generator and a sensitive indicator of electromagnetic radiation are described. The devices operate in the decimeter range allowed for amateur radio experiments (433 MHz). *Keywords:* electromagnetic radiation, decimeter range, 433 MHz, micro-power generator, sensitive indicator.

**Markov S. V. Measurement of active power in the alternating current single-phase network using the ADE7757 microchip and Arduino Uno microcontroller board.** It is proposed to use a specialized ADE7757 chip and an Arduino UNO microcontroller board in the training experiment to measure the active power consumption and AC electricity in the household electrical network. This material provides information about the connection of the measuring circuit to the microcontroller, the connection of the current-measuring shunt and the implementation of galvanic isolation of the microcontroller from the network. The source code for the Arduino UNO microcontroller board is also provided. *Keywords:* active power, alternating current, microcontroller Arduino Uno, digital electrical energy meter, electroplating, ADE7757, computer experiment.

**Saurov Yu. A. About the topics of cognitive activity in the methodology of teaching physics.** The article draws attention to the problems (topics) of scientific and methodological research that are relevant in the medium term. *Keywords:* scientific problems, methodological activity, research, design, management.

**Varaksina E. I. The main stages of scientific research of educational physical experiment.** The necessity to develop the direction of didactics of physics related to the development of the methodology of scientific research of educational physical experiment is substantiated. The didactic, physical, technical, methodological and pedagogical stages of such research are highlighted and briefly considered. *Keywords:* scientific research, educational physical experiment.