

БЕСПАЛОВ Н. Н., ЯХЛОВ А. В.

**ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ
ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ КВАЗИПОСТОЯННЫМ ТОКОМ**

Аннотация. В статье рассмотрен вариант схемы электронного устройства для электрического питания люминесцентной лампы квазипостоянным током. Представлены результаты моделирования электрических режимов питания люминесцентной лампы мощностью 8 Вт в программной среде Multisim. Рассмотрен вариант управления питанием с помощью таймерного устройства. Представлена фотография работающего макетного образца устройства.

Ключевые слова: люминесцентная лампа, дроссель, электромагнитное пусковое устройство, умножитель напряжения, постоянный ток, таймер.

BESPALOV N. N., YAHLOV A. V.

**ELECTRONIC DEVICE FOR ELECTRIC POWER SUPPLY
LUMINESCENT LAMP WITH QUASI-CONSTANT CURRENT**

Abstract. The article considers a variant of the circuit of an electronic for electric power supply of a fluorescent lamp with a quasi-constant current. The results of modeling the electric power modes of an 8 W fluorescent lamp in the Multisim software environment are presented. A variant of power management using a timer device is considered. A photograph of a working prototype of the device is presented.

Keywords: fluorescent lamp, choke, electromagnetic starting device, voltage multiplier, constant current, timer.

В настоящее время свыше 10% вырабатываемой в стране электрической энергии расходуется на цели искусственного освещения. При этом более 50% генерируемого светового потока создается экономичными разрядными источниками света, прежде всего ртутными лампами низкого и высокого давления. В относительно маломощных устройствах для освещения, а также для бактерицидной ультрафиолетовой обработки воздуха, обычно используются люминесцентные лампы (ЛЛ), управление электрическим питанием которых осуществляется с помощью различного рода пускорегулирующих аппаратов (ПРА). Технические характеристик ПРА обуславливают эксплуатационные и конструкционные характеристики светильников и ламп, например, световые и электрические характеристики светильников, срок службы ЛЛ, габаритные размеры и стоимость светильника, а также эксплуатационные затраты на освещение [1].

В маломощных светильниках на основе ЛЛ применяются электромагнитные

пускорегулирующие аппараты (ЭмПРА), в которых сетевое напряжение частотой 50 Гц подаётся на ЛЛ с параллельно включёнными стартерными системами через дроссели. Широкое распространение нашли электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), задающие подачу в лампу переменный импульсный ток определённой частоты.

Достоинством применения ЭмПРА является то, что данные системы питания не создают высоких уровней сетевых электромагнитных и радиоэлектрических помех. Данные системы достаточно надёжны и имеют относительно низкую стоимость. Недостатками таких систем являются их относительно большие габариты и массы. При этом светильники с применением таких систем имеют низкий коэффициент мощности равный примерно 0,5.

При применении ЭПРА для питания ЛЛ уменьшаются масса и габариты светильников. Это также обуславливает существенное повышение коэффициента мощности светильников до значений, превышающих 0,9. Однако существенным недостатком применения ЭПРА в результате питания ЛЛ импульсными токами повышенной частоты является появления в питающей сети более высоких уровней электромагнитных помех, а также появление в окружающем пространстве более высокого уровня радиопомех. Также необходимо отметить более низкий уровень надёжности ЭПРА по сравнению с ЭмПРА. Это обусловлено более сложной структурой ЭПРА, в которых применяются большое количество полупроводниковых элементов, работающих в условиях повышенной температуры.

Общими недостатками описанных стандартных ЭмПРА и ЭПРА являются, во-первых, повышенные пульсации светового потока ЛЛ, что признается вредным воздействием на человека и, во-вторых, ЛЛ используется всегда с нагретыми нитями накала, перегорание которых нередко приводит к отказам ЛЛ и, естественно, светильников.

С целью разработки светильника на основе ЛЛ, световой поток которого имеет малые пульсации, нами была исследована схема ЭмПРА, которая позволяет осуществлять питание ЛЛ квазипостоянным током. Для питания люминесцентной лампы постоянным током используется схема с дросселем и умножителем напряжения описанная в [2].

На рисунке 1 представлена визуализация рассматриваемой схемы, которая получена в программной среде Multisim 11. Номиналы элементов схемы рассчитаны на применении ЛЛ мощностью 8 Вт. В качестве эквивалента ЛЛ при моделировании использовался резистор R5 величиной сопротивления в 386 Ом.

Исследовались временные зависимости сетевого напряжения и входного тока и, соответственно, выходного напряжения на эквиваленте ЛЛ и тока через него в установившемся состоянии. Исследование осуществлялось при различных значениях ёмкости конденсатора фильтра C5 в пределах от 0 до 100 мкф.

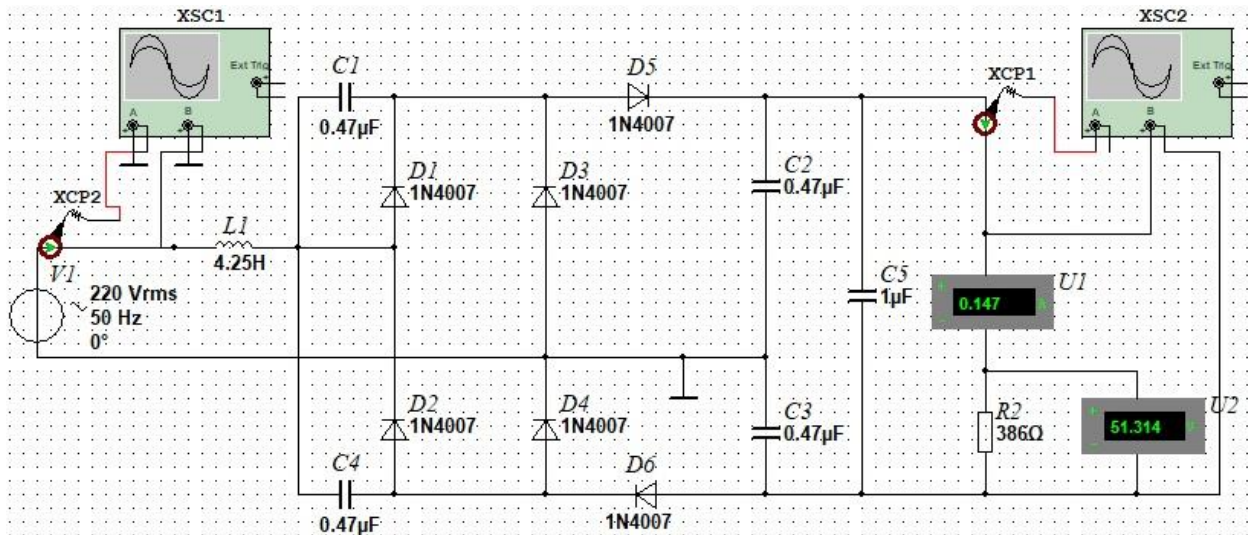


Рис. 1. Визуализация схемы питания люминесцентной лампы постоянным током, исследованная в программной среде NI Multisim 11

На рисунке 2 показаны осциллограммы входного напряжения U_{BX} и входного тока i_{BX} и выходного напряжения $U_{ВЫХ}$ и выходного тока $i_{ВЫХ}$ при ёмкости конденсатора фильтра $C5=0$ мкф.

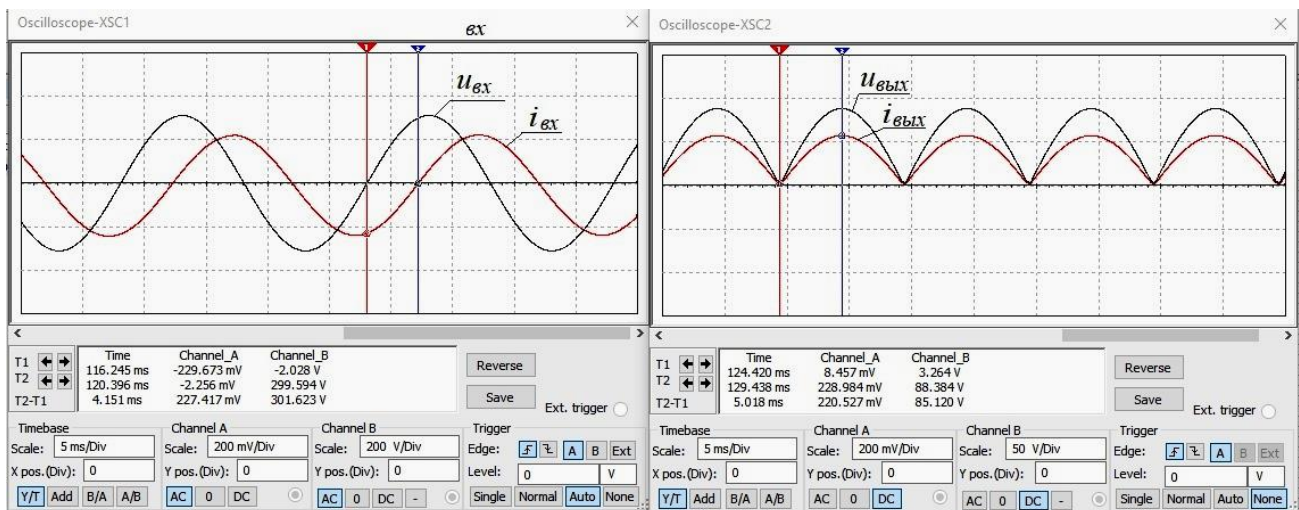


Рис. 2. Осциллограммы U_{BX} , i_{BX} и $U_{ВЫХ}$, $i_{ВЫХ}$ при $C5=0$ мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

Из представленных временных зависимостей входных и выходных электрических сигналов видно, во-первых, входной ток отстаёт от входного напряжения, что характерно для цепей с индуктивным характером, и, во-вторых, выходной ток и напряжение на ЛЛ в установившемся режиме работы являются по форме однополярными пульсирующими. При этом ток пульсирует от нулевой величины до максимальной.

На рисунках 3, 4 и 5 показаны осциллограммы U_{BX} и i_{BX} , $U_{ВЫХ}$ и $i_{ВЫХ}$ при значениях ёмкости конденсатора фильтра $C5$, соответственно, 1 мкф, 10 мкф и 100 мкф

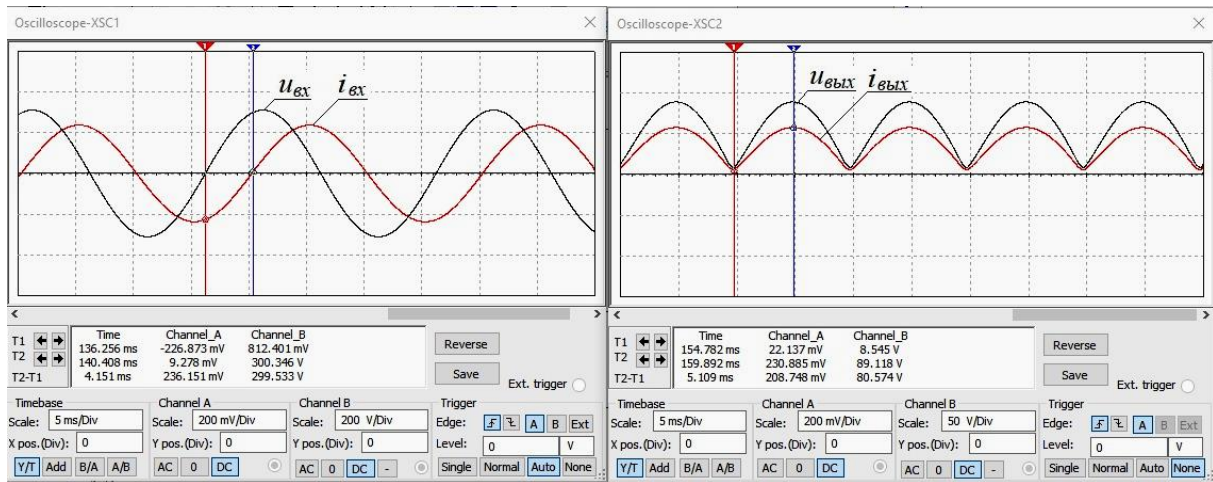


Рис. 3. Осциллограммы u_{BX} , i_{BX} и u_{BXX} , i_{BXX} при $C_5=1$ мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

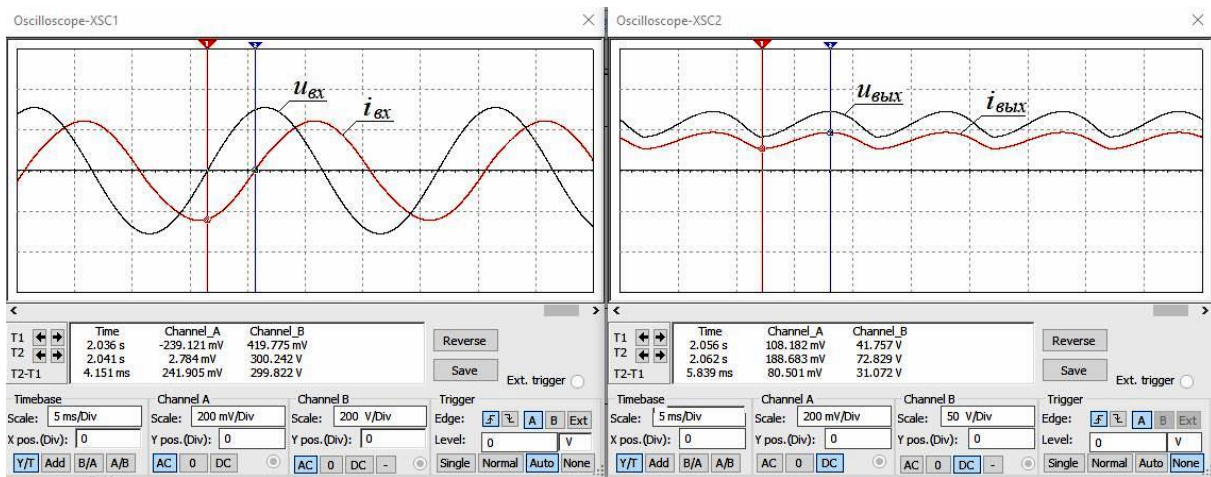


Рис. 4. Осциллограммы u_{BX} , i_{BX} и u_{BXX} , i_{BXX} при $C_5=10$ мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

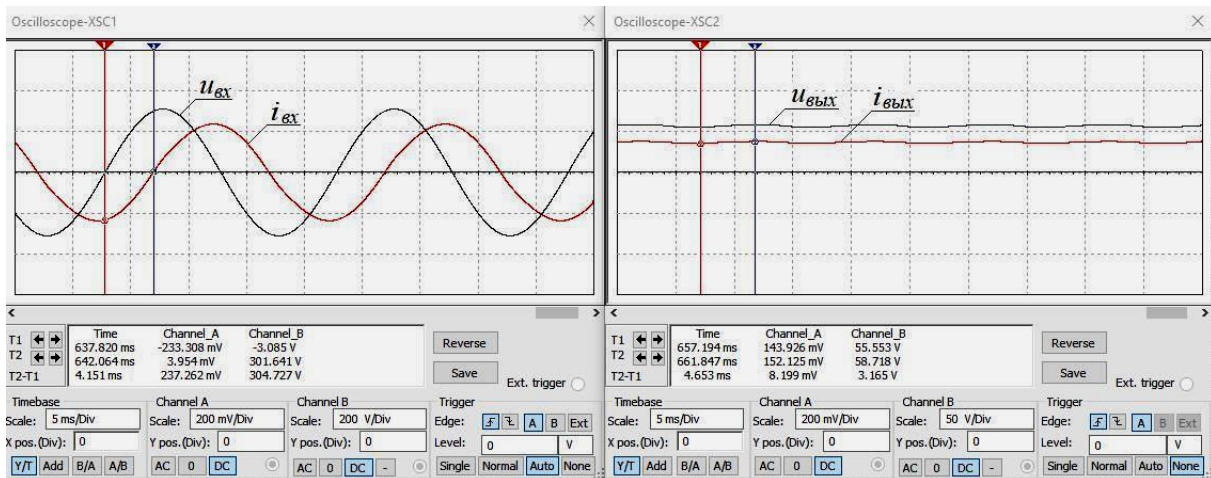


Рис. 5. Осциллограммы u_{BX} , i_{BX} и u_{BXX} , i_{BXX} при $C_5=100$ мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

Из представленных результатов моделирования видно, что пульсации тока через ЛЛ тем меньше, чем больше постоянная времени нагрузки $\tau_n = R_5 C_5$. Так, например, при уже при $C_5 = 10$ мкф пульсации тока относительно среднего значения равны $\pm 14,9\%$, а при $C_5 = 100$ мкф пульсации тока относительно среднего значения резко падают и равны $\pm 2,7\%$.

Таким образом, при практическом исполнении следует ожидать существенное снижение светового потока от ЛЛ. Однако протекание тока через ЛЛ в одном направлении приведёт к тому, что со временем ртуть в ЛЛ будет скапливается около одного из электродов, а поэтому световой поток будет ослабевать. В связи с этим для устранения этого эффекта необходимо периодически переключать полярность подключения ЛЛ к схеме питания. Подобные таймерные системы управления, разработанные нами ранее и описаны в [3–6].

Структурная схема макетного образца питания ЛЛ квазипостоянным током с блоком таймерного управления полярностью питания показана на рисунке 6.

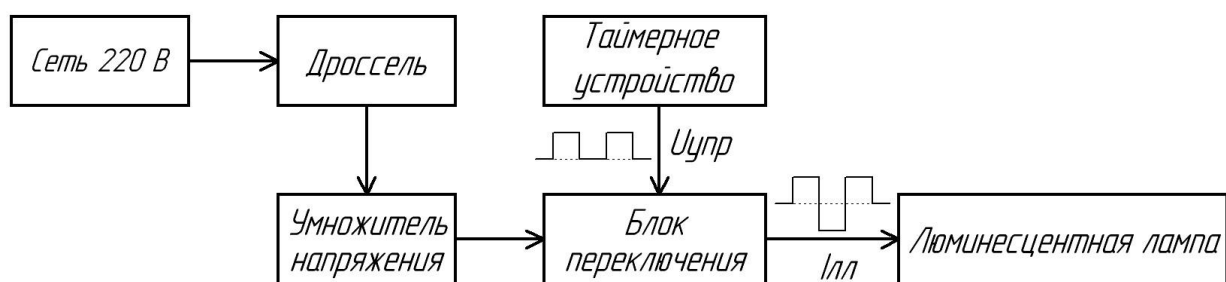


Рис. 6. Структурная схема устройства питания ЛЛ квазипостоянным током

Временные диаграммы выходного напряжения управления таймера и периодического протекания тока через ЛЛ представлены на рисунке 7.

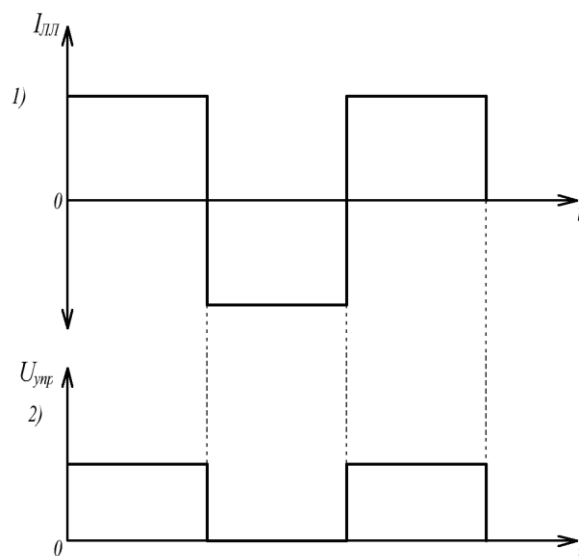


Рис. 7. Временные диаграммы работы устройства при управлении полярностью питания ЛЛ, питаемой квазипостоянным током

Из представленных временных диаграмм видно, что при управлении от таймера периодически меняется направление тока через ЛЛ.

Нами по разработанным схемам был изготовлен и исследован макетный образец устройства для питания ЛЛ с периодическим изменением квазипостоянным током. На фотографии (рисунок 8) представлен макетный образец, который предназначен для питания ЛЛ на 8 Вт.

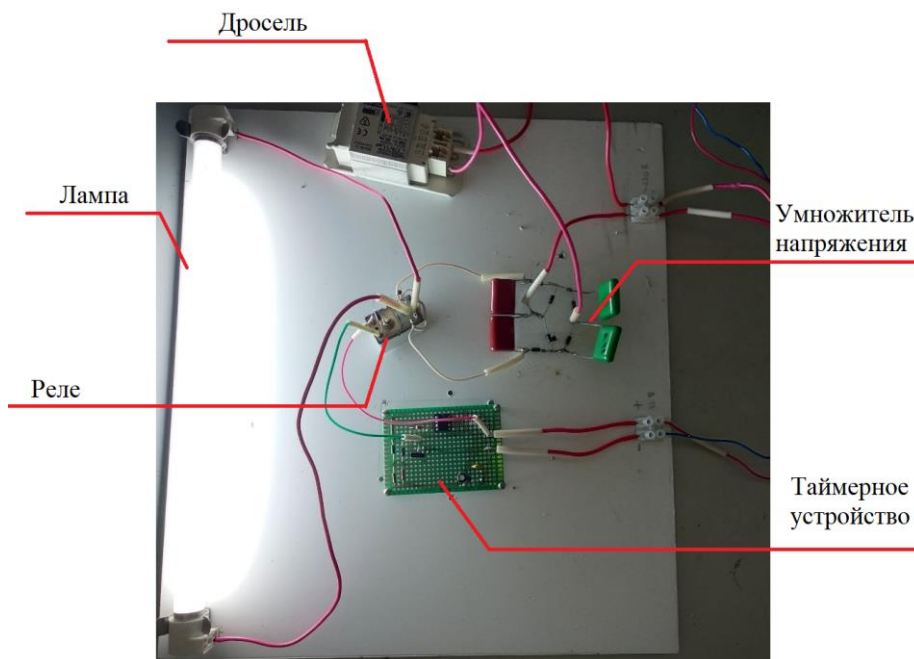


Рис. 8. Макетный образец устройства драйвера для питания ЛЛ

В макете использовался дроссель L7/9/11.307. Умножитель напряжения собран на диодах 1N4007 и конденсаторах на 0,47 мкФ. В качестве таймерного устройства используется генератор прямоугольных импульсов на микросхеме NE555. Микросхема выдает последовательность прямоугольных импульсов на транзистор КТ815Б, работающий в ключевом режиме. Транзистор управляет блоком переключения, в качестве которого применено реле РЭС22. Питание таймерного устройства и реле осуществляется от источника постоянного напряжения +12 В. Такое схемное решение может применяться в светильниках с маломощными ЛЛ, рассчитанными на мощность до 30 Вт.

Достоинствами исследуемого устройства питания ЛЛ являются:

- относительно низкие пульсации светового потока, что существенно повышает качество освещения;
- как и при использовании ЭмПРА низкие электромагнитные помехи, формируемые

этим устройством в сети питания;

- возможность работы с ЛЛ, у которой сгорела нить накаливания;
- отсутствие дополнительного стартерного устройства.

Недостатком данного устройства по сравнению с ЭМПРА является прежде всего то, что конструкция такого устройства более сложна, и, естественно, стоимость устройства будет выше. В дальнейшем планируется совершенствование данного технического решения и доведение его до опытного образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснопольский А. Е., Соколов В. Б., Троцкий А. М. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
2. Пивоваров В. Устройство и схема включения люминесцентной лампы [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/233664/ustroystvo-i-shema-vklyucheniya-lyuminescentnoy-lampyi> (дата обращения: 03.09.2020).
3. Беспалов Н. Н., Ваничкин А. Д., Яхлов А. В. Разработка таймера для управления мощным озонатором // В сборнике: Материалы XXII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва. Материалы конференции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – С. 31–34.
4. Беспалов Н. Н., Ваничкин А. Д., Дьяков П. Ф., Кондрашин Д. С. Озонаторное устройство с таймерным управлением [Электронный ресурс] // Огарёв-Online. – 2018. – № 13 (118). – URL: journal.mrsu.ru (дата обращения: 03.09.2020).
5. Беспалов Н. Н., Дьяков П. Ф., Каргаполов Н. А., Фадейкин А. Н. Озонаторное устройство с таймером // В сборнике: XLV Огарёвские чтения Материалы научной конференции. В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. Часть 3. – С. 147–151.
6. Беспалов Н. Н., Горячкин Ю. В., Тундыков Д. В. Разработка таймера на ПЛИС для отсчета ресурса работы бактерицидных ультрафиолетовых ламп // В сборнике: XLIV Огарёвские чтения материалы научной конференции: в 3 ч. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. Часть 3. – С. 114–118.