

# Сравнение линейного и повышающе-понижающего преобразователей для питания светодиодов от сети переменного тока

М. АЛТИНАЙ, Б. ЧАКИР, Э. ШЕХИРЛИ<sup>1</sup>

Университеты Кожазли и Кастамону, Турция

## Аннотация

В статье сравниваются топологии устройств управления светодиодами источниками света мощностью до 8 Вт, построенных на линейных и повышающе-понижающих преобразователях, включаемых в сеть переменного тока через понижающий трансформатор 220/24 В (50 Гц). Приведены соответствующие вольт-амперные характеристики и сравнены значения коэффициента мощности и коэффициентов нелинейных искажений (КНИ) тока и напряжения обоих этих вариантов устройств управления.

**Ключевые слова:** устройство управления, светодиодный источник света, повышающе-понижающий преобразователь, линейный регулятор, коэффициент мощности.

<sup>1</sup> E-mail: esehirli@kastamonu.edu.tr

Сокращённый перевод с англ. А.С. Шаракшанэ.

Оригинал полностью опубликован в журнале «Light & Engineering» № 3.2015.

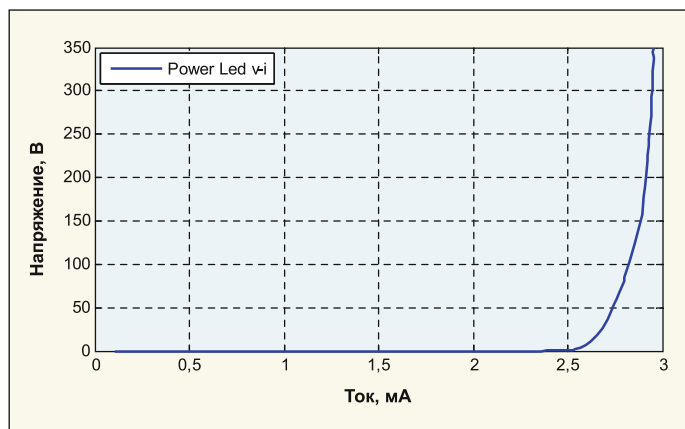


Рис. 1. ВАХ мощного светодиода

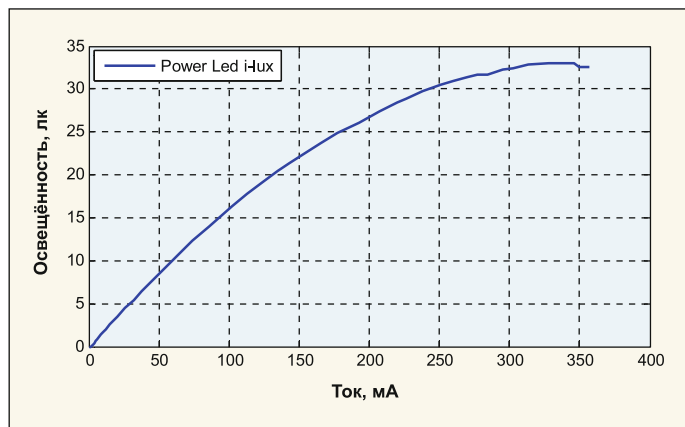


Рис. 2. Зависимость освещённости от СД от его тока

## 1. Введение

Применение светодиодов (СД) в освещении становится всё более распространённым. Но для работы СД от однофазной сети переменного тока необходимо при-

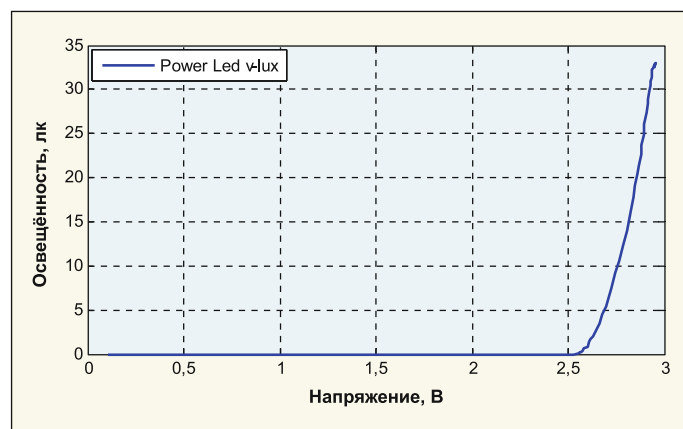


Рис. 3. Зависимость освещённости от СД от напряжения на нём.

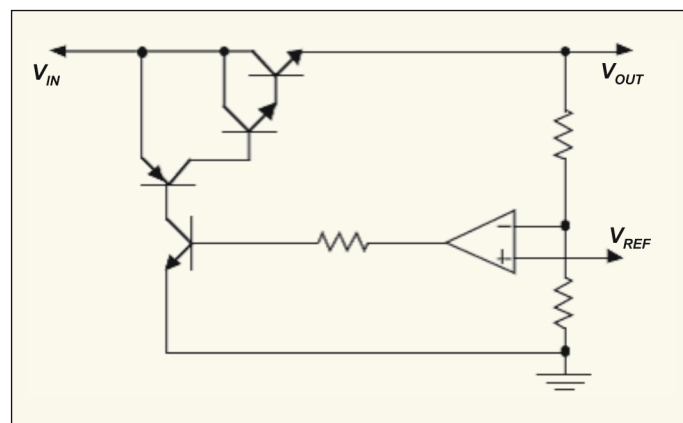


Рис. 4. Принципиальная схема линейного регулятора

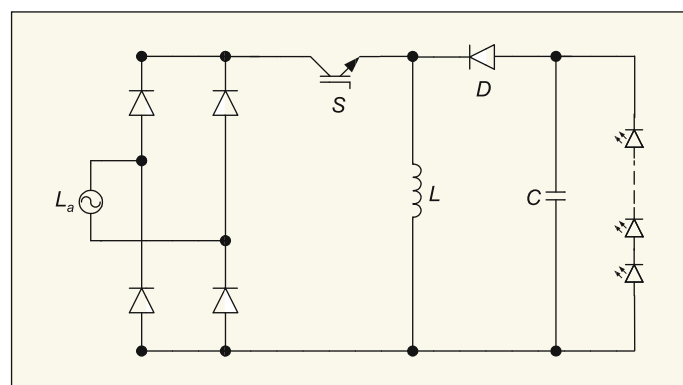


Рис. 5. Повышающе-понижающий преобразователь (ППП) с коррекцией коэффициента мощности

Рис. 6. Переключение состояния:  
а – открыто, б – закрыто

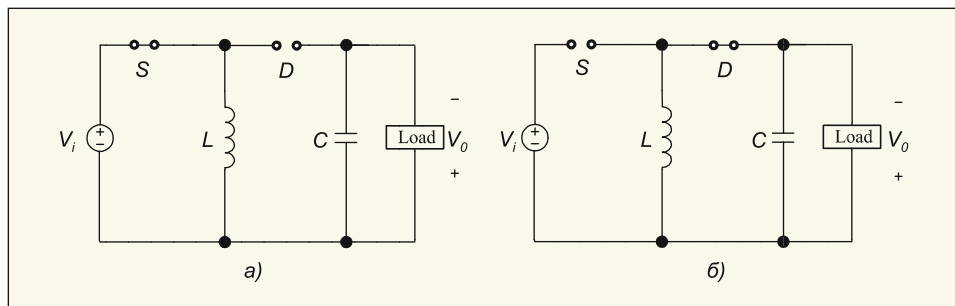


Рис. 7. Экспериментальная установка

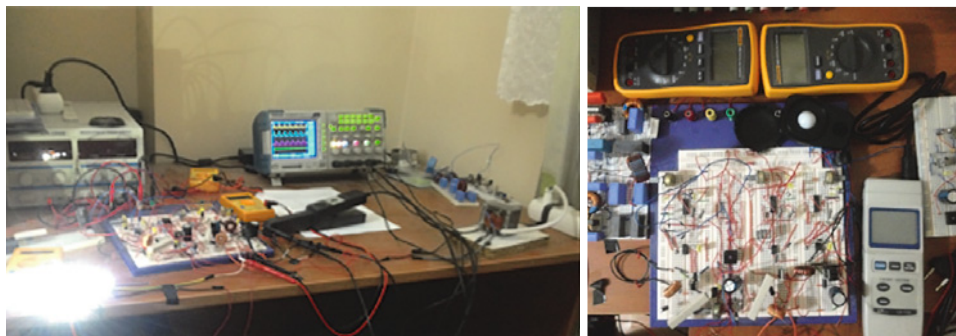


Рис. 8. Схема применения линейного регулятора

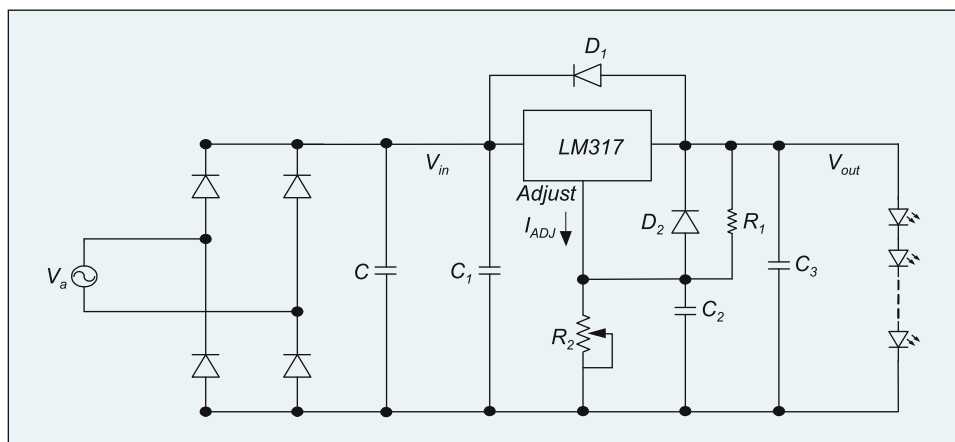
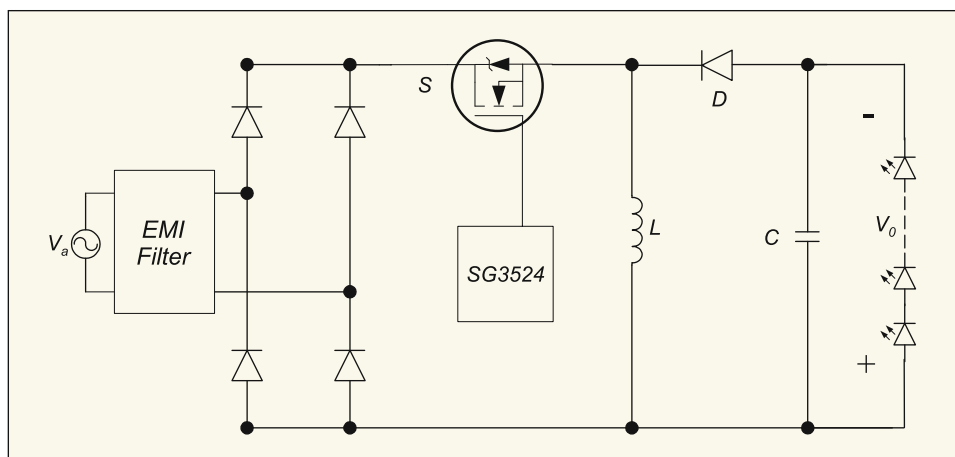


Рис. 9. Схема применения ППП с коррекцией коэффициента мощности



менять выпрямительные схемы, и после выпрямления использовать линейный или импульсный преобразователь. Но работа преобразователя может отрицательно влиять на сеть, снижая коэффициент мощности и повышая КНИ, нормированные такими стандартами, как IEC / EN61000-3-2. Тем не менее, применение преоб-

разователя постоянного напряжения (тока) в постоянное (постоянный) после однофазного выпрямителя позволяет избежать этих проблем. Наиболее подходит для этой цели повышающе-понижающий преобразователь (ППП), работающий как корректор коэффициента мощности.

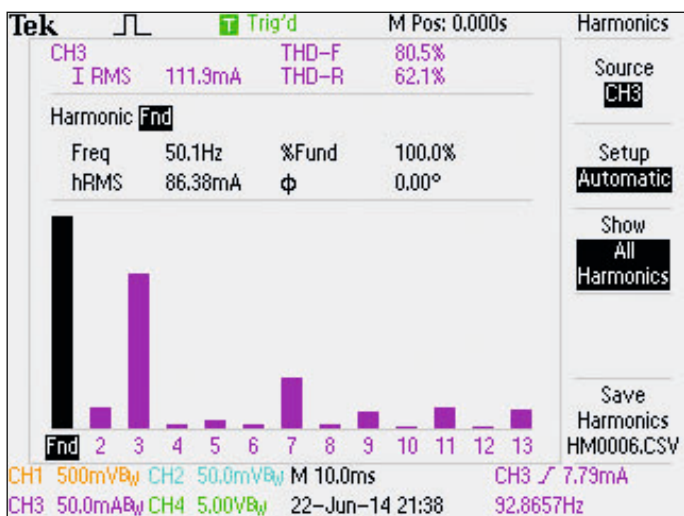


Рис. 10. КНИ тока сети при применении линейного преобразователя

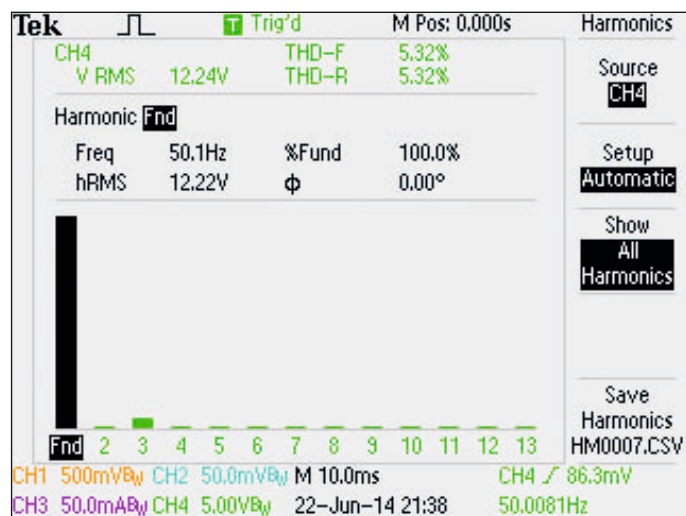


Рис. 11. КНИ напряжения сети при применении линейного преобразователя

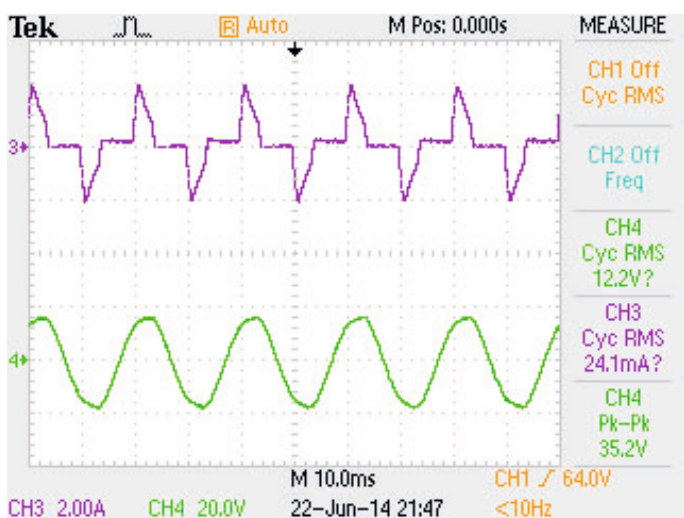


Рис. 12. Осциллограммы тока и напряжения сети при применении линейного преобразователя

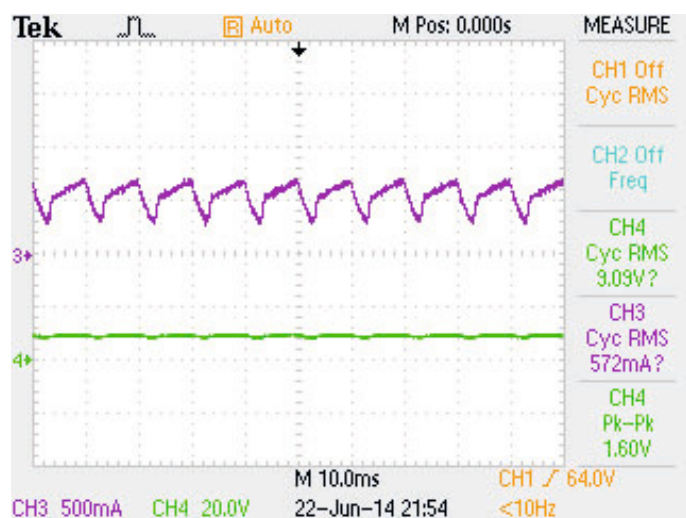


Рис. 13. Осциллограммы тока и напряжения на СД при применении линейного преобразователя

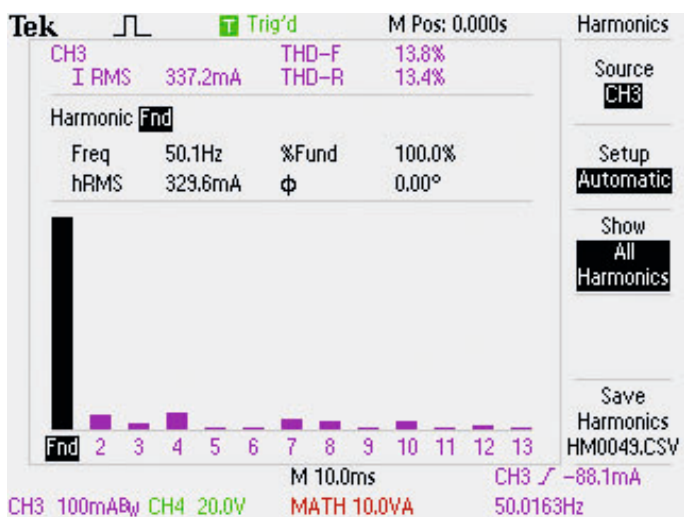


Рис. 14. КНИ тока сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

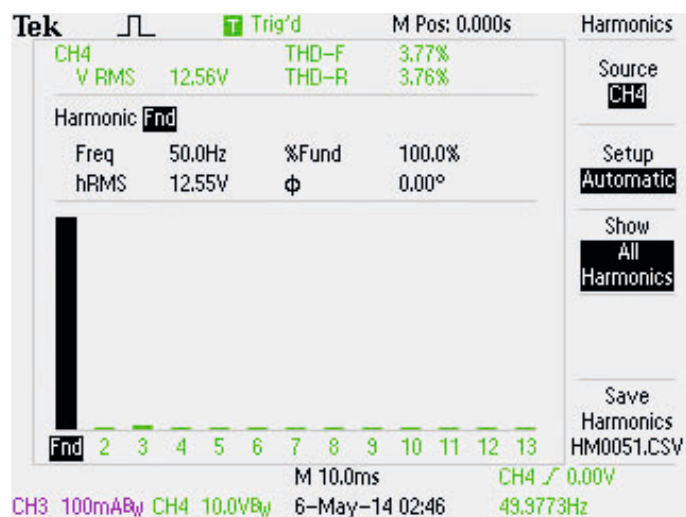


Рис. 15. КНИ напряжения сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

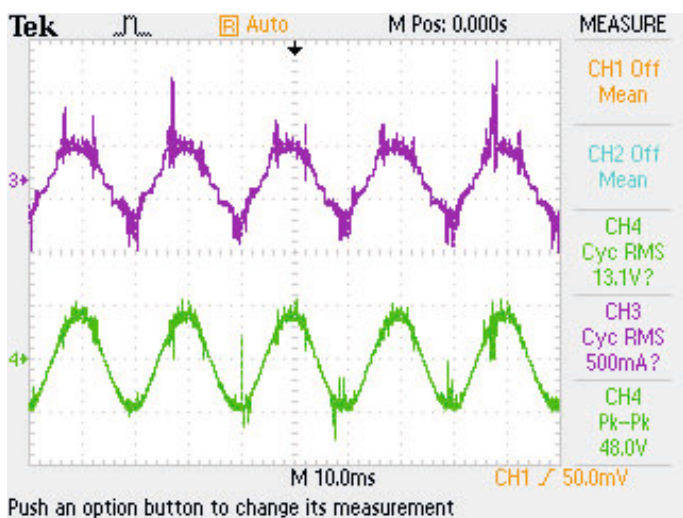


Рис. 16. Осциллограммы тока и напряжения сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

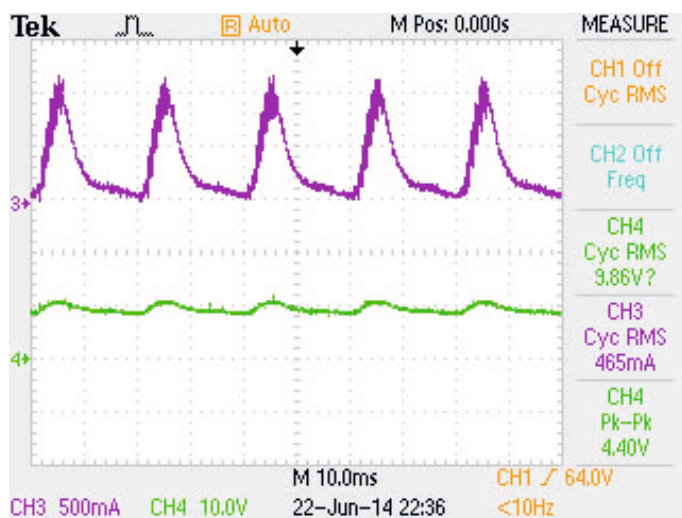


Рис. 17. Осциллограммы тока и напряжения на СД при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

Таблица 1.

#### Данные элементов схемы

$D_1$	$D_2$	$C$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$R_1$	$R_2$
1N4001 (тип)		2200 мкФ	0,1 мкФ	10 мкФ	1 мкФ	240 Ом	5 кОм (потенц.)

Таблица 2

#### Значения величин для расчёта $L_{max}$ и $C_{min}$

$R_{Lmin}$	$D_{max}$	$f_s$	$V_o$	$V_{cnp}$	$L$	$L_{max}$	$C$	$C_{min}$
20 Ом	0,107	63 кГц	12 В	20 мВ	113,4 мкГ	126 мкГ	1000 мкФ	4 мкФ

## 2. Мощный светодиод

ВАХ, зависимость освещённости от тока и напряжения получены для мощного СД с помощью цифровых мультиметров *Fluke 15B*, *Fluke 17B* и люксметра *Lutron LX1102*.

Как видно из рис. 1, ток очень сильно зависит от напряжения. С ростом тока СД его световой поток растёт с замедлением (рис. 2), и формы кривых на рис. 1 и 3 близки друг к другу.

## 3. Светодиодное устройство управления

### Линейный регулятор

Схема линейного регулятора, работающего как понижающий преобразователь, приведена на рис 4.

### Повышающе-понижающий преобразователь

ППП (рис. 5) также включается в сеть через диодный мост и обеспечивает высокую частоту работы коммутатора постоянного напряжения, который питает СД. Преобразователь работает по принципу передачи энергии индуктивности (рис. 6). Когда переключатель включён, индуктивность запасает энергию, а переключатель отключает передачу этой энергии в нагрузку.

Напряжение на СД в зависимости от входного напряжения регулируется ШИМ. Более высокая частота обеспечивает высокий коэффициент мощности, но, так как напряжение на СД обратной полярности относительно входного, во избежание появления высокочастотных помех необходимо использовать входной фильтр.

## 4. Применение

На экспериментальной установке (рис. 7) оба преобразователя подключались к сети через понижающий трансформатор 220/24 В (50 Гц). Нагрузка – две параллельные цепочки из трёх последовательно соединённых мощных СД. Как следует из рис. 1, 2 и 3, напряжение на каждом СД для оптимальной работы должно составлять 3 В, а общее напряжение на нагрузке – около 9 В.

### Линейный регулятор

В качестве линейного регулятора использовался стабилизатор тока *LM317* (рис. 8). Выходное напряжение  $V_{out}$  устанавливалось на желаемом уровне согласно выражению (1) с помощью потенциометра  $R_2$  в качестве переменного резистора.



$$V_{out} = 1,25V \left( 1 + R_2/R_1 \right) + I_{ADJ} R_2. \quad (1)$$

Сведения об элементах схемы по рис. 8 приведены в табл. 1.

### Повышающе-понижающий преобразователь

Схема ППП основывалась на микросхеме SG3524 (регулятор напряжения с ШИМ) (рис. 9).

Максимальная  $L$  для работы в режиме прерывистого тока, которая обеспечивает меньшие потери мощности на коммутаторе, может рассчитываться по уравнению (2), а минимальная ёмкость конденсатора – по уравнению (3) [1].

$$L_{max} = R_{Lmin} (1 - D_{max})^2 / 2f_s, \quad (2)$$

$$C_{min} = D_{max} V_o / f_s \cdot R_{Lmin} \cdot V_{crr}. \quad (3)$$

Как видно из рис. 9, для подавления высокочастотных помех используется входной фильтр. В табл. 2 приведены некоторые данные схемы [2–5], где  $L_{max}$  – максимальная индуктивность,  $C_{min}$  – минимальная ёмкость конденсатора,  $R_{Lmin}$  – минимальное сопротивление нагрузки,  $D_{max}$  – максимальный коэффициент заполнения,  $f_s$  – частота переключения,  $V_o$  – выходное напряжение,  $V_{crr}$  – напряжение пульсаций на конденсаторе  $C$  [1]. В качестве переключателя  $S$  и диода  $D$  использовались транзистор *IRF540N Mosfet* и ультрабыстрый диод *Mur460* соответственно.

### 5. Результаты измерений

Для измерений применялся осциллограф *TPS2024B* с программным обеспечением «*TPS2PWR1*».

#### Линейный регулятор

Рис. 10 характеризует уровень нелинейных искажений тока сети при использовании линейного регулятора, при этом КНИ равен 80,5%. Коэффициент мощности при этом составляет 0,70, а КНИ напряжения сети – 5,53% (рис. 11).

Формы тока и напряжения приведены на рис. 12, а напряжение и ток СД – на рис. 13. Как видно из рис. 12, напряжение сети синусоидально, и для снижения уровня гармоник и, соответственно, повышения коэффициента мощности следует и форму тока также приближать к синусоидальной.

#### Повышающе-понижающий преобразователь

Как видно из рис. 14, ППП обеспечивает коэффициент мощности 0,958 и КНИ 13,8%. При этом КНИ напряжения сети составляет 3,77% (рис. 15), формы тока и напряжения сети подобны друг другу и обе синусоидальны (рис. 16), а ток СД непостоянен и имеет заметные пики (рис. 17).

### 6. Выводы

Применение в качестве устройства управления светодиодным источником света линейного регулятора позволило получить КНИ тока и напряжения сети, соответственно, 80,5% и 5,32% и коэффициент мощности 0,701, а применение ППП с коррекцией коэффициента мощности – 13,8%, 3,77% и 0,958 соответственно, что соответствует стандарту *IEC61000 3–2*.

Оба варианта преобразователей могут относительно неплохо обеспечивать сглаженное напряжение постоянного тока, но для сети применение ППП более благоприятно. Управляющее устройство на основе линейного регулятора может обеспечивать ток СД лучшей формы, чем – на основе ППП. Однако он больше греется, чем ППП. В свою очередь, в ППП следует устанавливать входной фильтр (во избежание высокочастотных помех).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kazmierczuk, M.K. Pulse Width Modulated DC-DC Power Converters. – Singapore: Wiley, 2008.
2. Data sheet SG3524. Regulating Pulse-Width Modulators. Texas Instrument, 2003.
3. Data sheet IRF540N. IRF540N Power Mosfet. International Rectifier, 2001.
4. Data sheet MUR460. Ultrafast Plastic Rectifier. Vishay General Semiconductor, 2012.
5. Data sheet IR2117. Single Channel Driver. International Rectifier, 2007.



**Мерал Алтинай (Meral Altınay), Ph.D.**  
(2005). Доцент Технологического факультета  
Университета Коджаэли



**Бекир Чакыр (Bekir Çakır), Ph.D. (1995).**  
Профессор Технического факультета  
Университета Коджаэли



**Эрдал Шехирли (Erdal Şehirli), M.Sc. (2009).**  
Преподаватель электронной технологии  
Университета Кастамону. Докторант (Ph.D.)  
Института электротехнического  
образования Университета Коджаэли