

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиотехники и электродинамики  
наименование кафедры

**Методы повышения коэффициента мощности при  
использовании APFC корректоров**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента **4** курса **4032** группы

направления 03.03.03 «Радиофизика»

код и наименование направления

института физики

наименование института

Васина Константина Анатольевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

Ассистент, к.ф.-м.н

должность, уч. ст., уч. зв.

Д.А. Колосов

личная подпись, дата

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

уч. ст., уч. зв.

О.Е. Глухова

личная подпись, дата

инициалы, фамилия

Саратов 2022 г.

Коррекция коэффициента мощности (PFC – от англ. Power Factor Correction) - процесс приведения потребления конечного устройства, обладающего низким коэффициентом мощности при питании от силовой сети переменного тока, к состоянию, при котором коэффициент мощности соответствует принятым стандартам.

Существуют 2 типа корректоров – пассивный и активный.

Пассивный корректор несколько сглаживает импульсы тока, но для повышения коэффициента мощности необходимо использовать в схеме дроссель с большой индуктивностью, который имеет большие габаритные размеры, и следовательно, возникают проблемы с установкой его в компьютерный блок питания. Коэффициент мощности пассивного корректора, как правило, составляет около 0,85.

Активный корректор (APFC) представляет собой импульсный источник питания, с возможностью повышения напряжения. Коэффициент мощности данного корректора может достигать 0.95...0.98 при работе с полной нагрузкой. При этом форма входного тока, при использовании с импульсным блоком питания, незначительно отличается от потребления резистивной нагрузки.

Цель работы – выполнить расчет, построить и экспериментально исследовать корректор коэффициента мощности с импульсными источниками питания и сравнить результаты с коррекцией и без коррекции

Рассмотрим и определим выходные характеристики корректора коэффициента мощности, построенного на базе микросхемы LT1249. Для этого воспользуемся схемой, приведенной в даташите микросхемы и программным комплексом LTSpice. Схема электрическая принципиальная представлена на рисунке 1

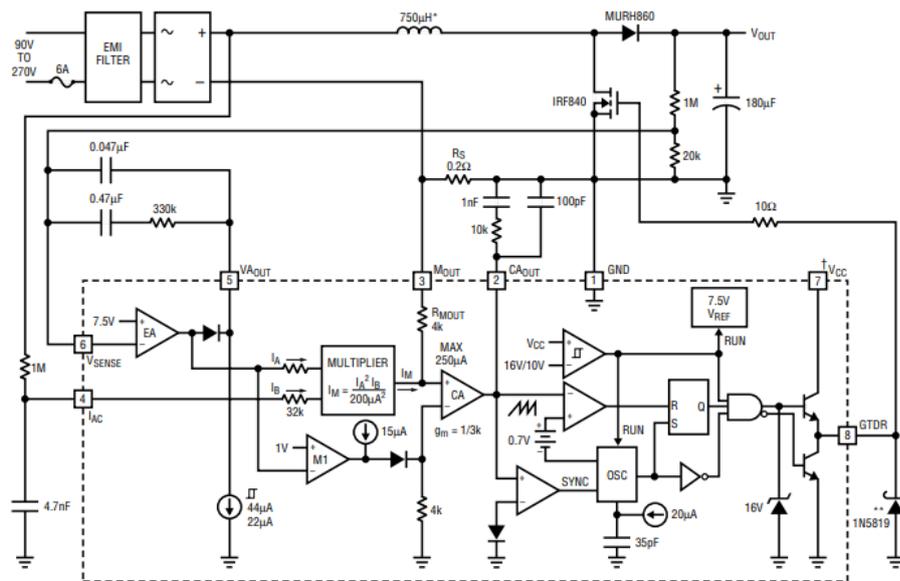


Рисунок 1 - Схема электрическая принципиальная корректора коэффициента мощности

Выполним построение схемы в LTSpice, зададим сетевую частоту 50Гц, входное амплитудное значение напряжение 165В, установим нагрузку на выходе 250м.

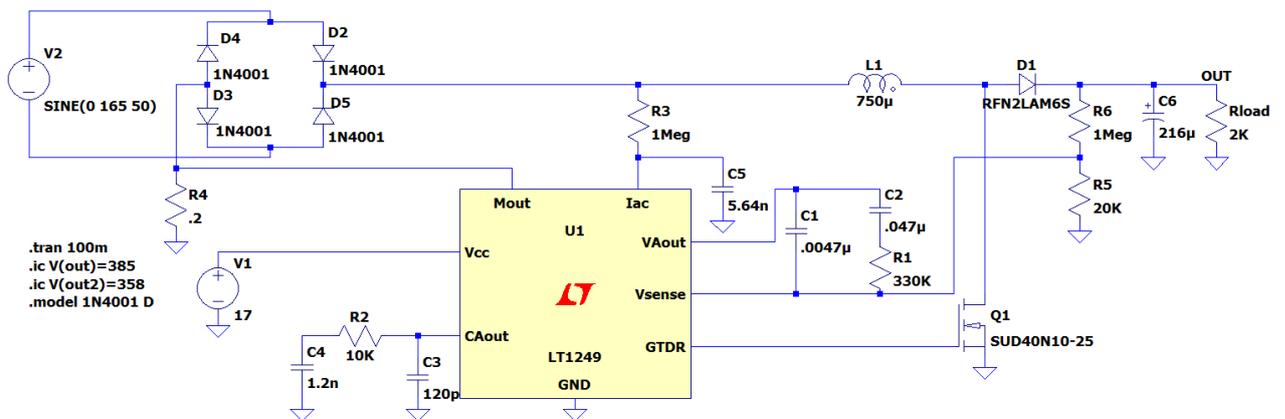


Рисунок 2 - Построение схемы ККМ в LTSpice

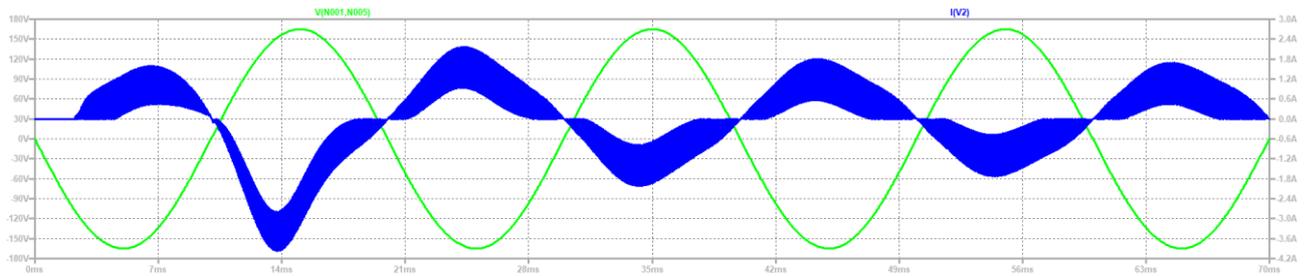


Рисунок 3 - График входного напряжения(зеленый) и тока(синий) на промежутке 30-100мс

Из полученных характеристик, изображенных на рисунке 3, определим коэффициент мощности [6]. Период входного напряжения составляет 20мс, разница между графиком тока и напряжения составляет 9.12мс.

$$\cos\varphi = \frac{360^\circ \cdot \Delta\lambda}{\lambda} \quad (1)$$

$$\cos\varphi = \frac{360^\circ \cdot 9.12}{20} = 164.16^\circ = 0.96$$

Таким образом, коэффициент мощности данной схемы составляет 0.96, что является достаточно высоким результатом.

Выполним построение схемы блока питания с корректором коэффициента мощности и сравним результаты со схемой без коррекции:

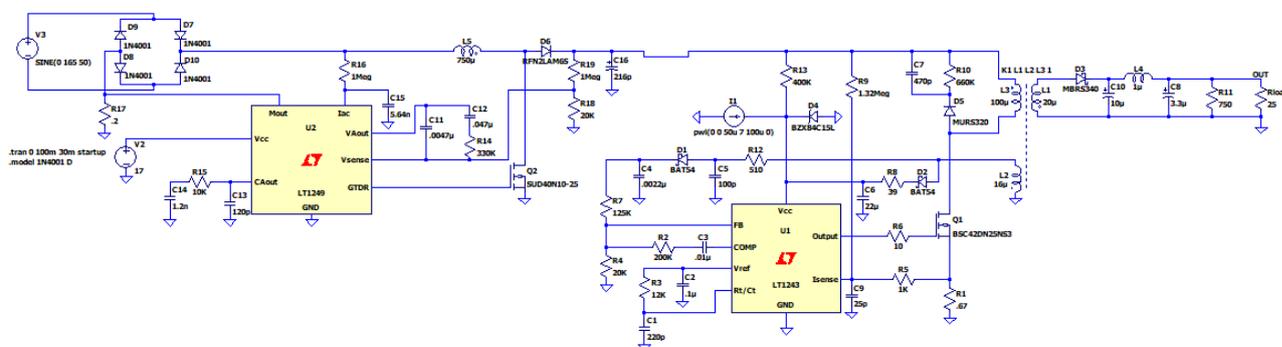


Рисунок 3 - Схема электрическая принципиальная корректора коэффициента мощности с блоком питания

Выполним анализ схемы и определим входные характеристики напряжения и тока

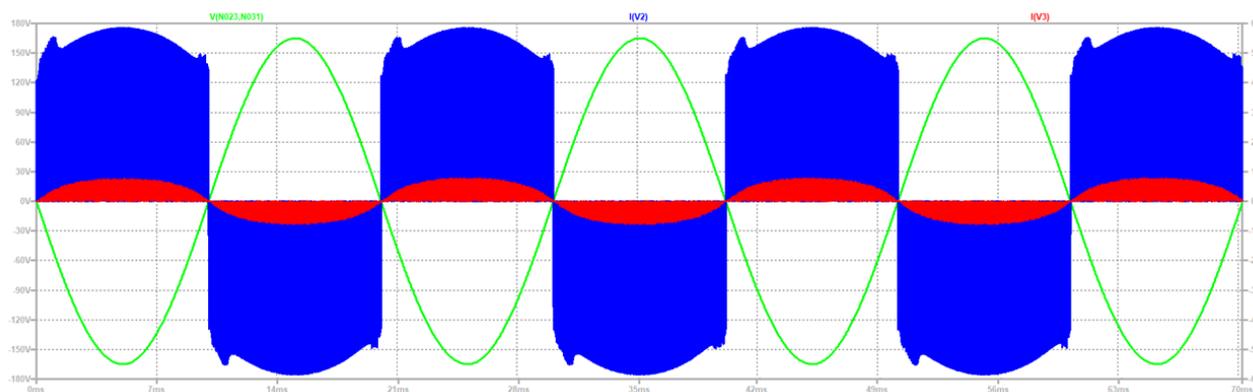


Рисунок 4 - График входного напряжения(зеленый), тока без коррекции(синий), и тока с коррекцией(красный) в блоке питания на промежутке 30-100мс

Коэффициент мощности в схеме блока питания с коррекцией составляет 0.99, что почти близко к идеальному.

Для выполнения практической и экспериментальной части разработана схема APFC корректора на базе микросхемы FAN7530. Ниже приведена схема и перечень элементов APFC корректора с рассчитанными номиналами компонентов схемы.

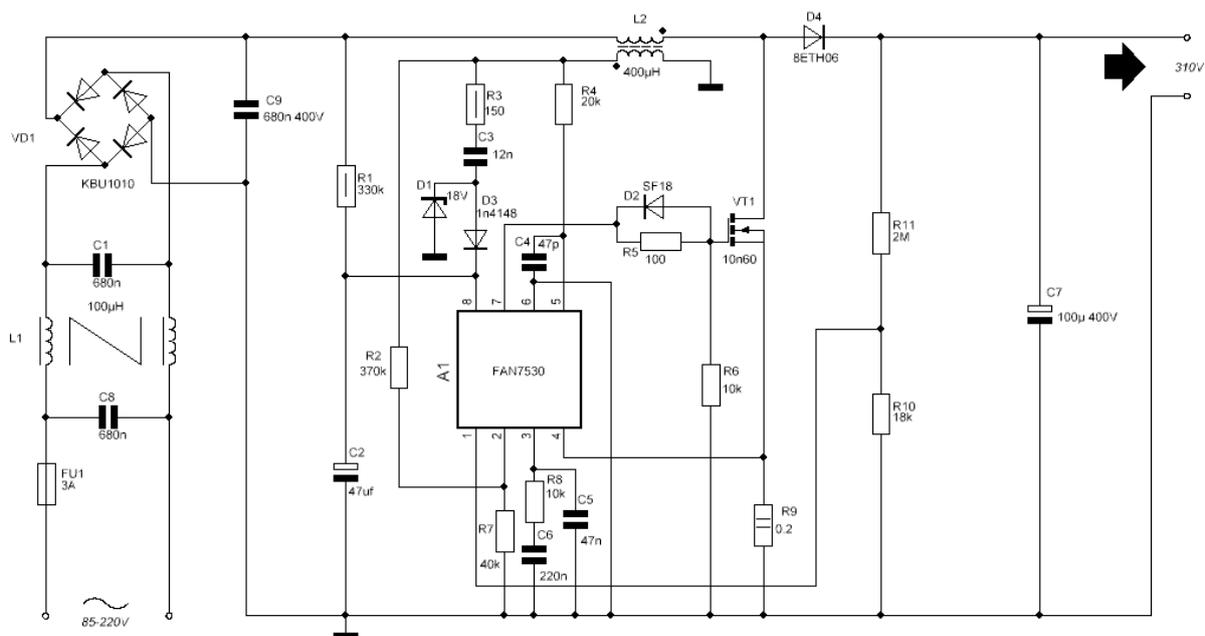


Рисунок 5 - Схема APFC корректора на 100Вт с номиналами компонентов

Таблица 1 - Перечень элементов схемы APFC корректора

Поз. обозначение	Наименование	Кол	Примечание
A1	Микросхема PFC корректора FAN7530	1	
C1, C8	Конденсатор фильтрующий	2	680nF, 400V
C2	Конденсатор электролитический	1	47µF, 50V
C3	Конденсатор пленочный	1	12nF
C4	Конденсатор кремниевый	1	47pF
C5	Конденсатор пленочный	1	47nF
C6	Конденсатор пленочный	1	220nF
C7	Конденсатор электролитический	1	100µF, 400V
C9	Конденсатор пленочный	1	680nF, 400V

D1	Стабилитрон	1	18V
D2	Диод SF18	1	
D3	Диод 1n4148	1	
D4	Диод быстродействующий 8ETN06	1	600V, 8A
U1	Предохранитель плавкий	1	3A
L1	Дроссель синфазный	1	100μH
L2	Дроссель	1	400μH, первич.75вит, вторич.11вит
R1	Резистор 330k	1	1Вт
R2	Резистор 370k	1	0,25Вт
R3	Резистор 150	1	1Вт
R4	Резистор 20k	1	0,25Вт
R5	Резистор 100	1	0,25Вт
R6, R8	Резистор 10k	2	0,25Вт
R7	Резистор 40k	1	0,25Вт
R9	Резистор 0.2	1	2Вт
R10	Резистор 18k	1	0,25Вт
R10	Резистор 2M	1	0,25Вт
VD1	Диодный мост KBU1010	1	10A, 1000V
VT1	MOSFET транзистор 10n60 (корп.ТО-247)	1	10A, 600V

Построение печатной платы выполним с помощью программного комплекса DipTrace [18]. При разработке используем корпуса, размеры и тип элементов из библиотеки программы, предварительно сравнив их с действующими компонентами. Ниже приведена разводка печатной платы APFC корректора.



Выполним проверку работоспособности платы APFC корректора и определим ее характеристики для сравнения с теоретическими значениями. В качестве безопасности все подключения выполняются через гальваническую развязку на входе корректора.

Определить графики входного напряжения и тока позволяет цифровой осциллограф Hantec DSO5102P.

В эксперименте первой задачей является определение коэффициента мощности и входного тока импульсного источника без корректора. Затем на вход источника питания подключается плата APFC корректора и так же определяются параметры коэффициента мощности и входного тока. Далее результаты сравниваются, и определяется эффективность корректора коэффициента мощности.

На осциллографе используются 2 канала: первый определяет сигнал входного напряжения, второй – сигнал входного тока. Для определения входного тока необходимо сместить сигнал 2-го канала. Для этого воспользуемся следующей схемой:

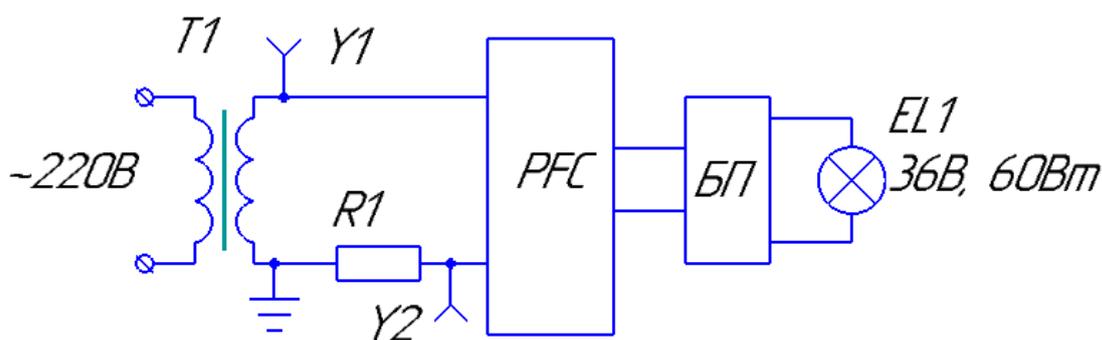


Рисунок 8 - Схема подключения платы коррекции к осциллографу

Здесь, Y1 и Y2 – щупы 1-го и 2-го каналов осциллографа, T1 – гальваническая развязка, EL1 – нагрузка на выходе источника питания мощностью 60Вт. Резистор R1 используется мощностью 2Вт и сопротивлением 8,2Ом.

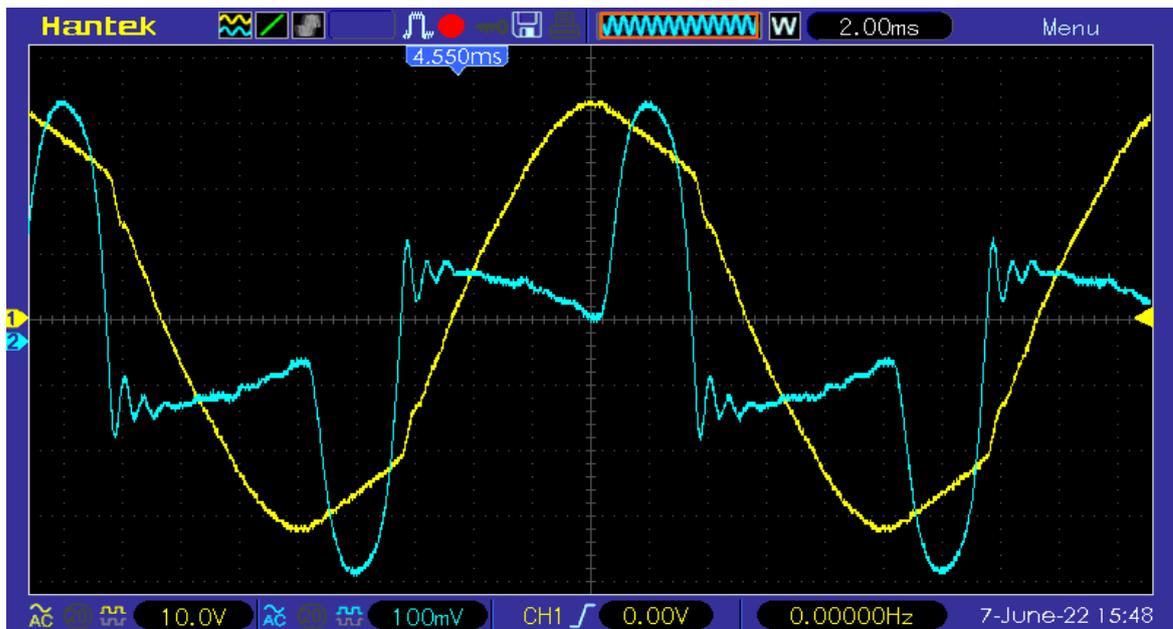


Рисунок 9 - Графики входного напряжения(желтый) и входного тока(синий) с осциллографа, при использовании источника питания без платы коррекции

На рисунке 9 представлены графики входного напряжения и тока при использовании источника питания без коррекции. Напряжение на нагрузку выставлено 18В, ток потребления составляет 1.2А. Задержка сигнала тока и напряжения составляет 2мс. Таким образом, коэффициент мощности составляет 0.8.

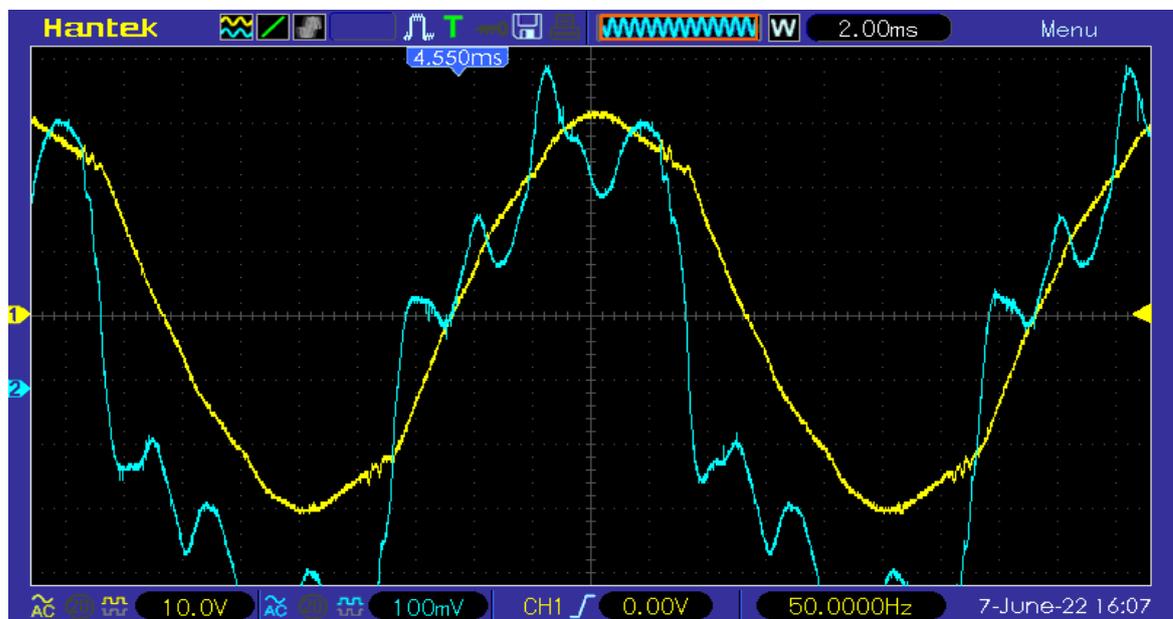


Рисунок 10 - Графики входного напряжения(желтый) и входного тока(синий) с осциллографа, при использовании источника питания(выходное напряжение 31В) с платой коррекции (Масштаб 2мс/клетк.)

На рисунке 10 представлены графики входного напряжения и тока при использовании источника питания (выходное напряжение 31В) с использованием платы коррекции. По осциллограмме видно, задержка сигнала тока и напряжения составляет 1.35мс. Коэффициент мощности при использовании источника питания с APFC корректором составляет 0.92.

Ниже приведена сравнительная таблица экспериментально полученных результатов

Таблица 2 - Экспериментальные значения при использовании источника питания с APFC корректором

Тип использования	Выходное напряжение на нагрузку, В	Коэффициент мощности	Процентное соотношение
Источник питания без корректора	18	0.8	-
	25	0.82	+2%
	31	0.84	+5%
Источник питания с APFC корректором	18	0.87	+8%
	25	0.9	+12%
	31	0.92	+15%

В данной работе были рассмотрены принцип работы и методы повышения коэффициента мощности при использовании APFC корректора. Как ранее отмечалось, повышение коэффициента мощности снижает реактивные потери и приближает полную мощность к активной мощности. Использование пассивных корректоров малоэффективно, поэтому на практике чаще используют именно активные корректоры (APFC).

Построение схемы активного корректора на базе микросхемы LT1249 в программном комплексе LTSpice позволило наглядно рассмотреть происходящие процессы и изменение входных характеристик при работе

импульсных источников питания со схемой коррекции и без нее. Таким образом, получены результаты коэффициента мощности источника питания без коррекции – 0.97, с использованием корректора – 0.99.

В экспериментальной части произведено сравнение работы импульсного источника питания с APFC корректором и без него. По полученным осциллограммам определены входное напряжение и входной ток, а также рассчитан коэффициент мощности. При использовании источника питания без корректора он составил 0.8. Подключение перед источником питания APFC корректора позволило повысить значение коэффициента мощности до 0.92, что является достаточно высоким результатом и составляет 15% от номинального коэффициента мощности блока питания.

Таким образом, целесообразно использовать схемы APFC корректора с маломощными источниками питания.

#### Список используемых источников

- 1 Коленченко А.М. Теоретические основы электротехники, ч.1, конспект лекций: учебное пособие / А.М. Коленченко, Е.Н. Коленченко; Мордов. гос. ун-т. – Саранск, 2014
- 2 Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению/Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Додэка XXI». — 272 с.: ил. (Серия «Силовая электроника»).
- 3 Володин В. Я. B68 LTspice: компьютерное моделирование электронных схем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 400 с.: ил. + Видеоуроки (на DVD) — (Электроника)
- 4 URL:<https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/70381/LINER/LT1249.html> (дата обращения: 11.03.2022)
- 5 Розанов Ю.К. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. 2-е изд., стереотипное. — М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 632 с.: ил.