

Специальность 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения»

Методическое обеспечение дисциплины

Б1.В.14«Пускорегулирующие аппараты»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины
ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ**

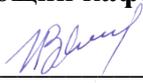
Смоленск – 2021 г.

Методические материалы составил:

к.т.н., доцент  М. В. Беляков
подпись ФИО

« 24 » июня 2021 г.

Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:

 Якименко Игорь Владимирович
подпись ФИО

«02» июля 2021 г.

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Лабораторный практикум
по дисциплине**

ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ

Смоленск – 2021 г.

1. Цели лабораторного практикума

Лабораторный практикум по дисциплине «Пускорегулирующие аппараты» служит для практического подкрепления лекционного материала и привития навыков работы с пускорегулирующими аппаратами люминесцентных источников излучения.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаб. В-225 «Источники излучения и ПРА» учебно-лабораторного корпуса филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Цель студента при работе в лаборатории по дисциплине «Пускорегулирующие аппараты» – отработка навыков работы с пускорегулирующими аппаратами люминесцентных источников излучения.

2. Теоретическое введение и состав лабораторного оборудования

Цель работы: изучение работы разрядной лампы с активным, индуктивным и емкостно-индуктивным балластами.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В работе используется люминесцентная лампа низкого давления мощностью 15 Вт типа ЛБ15; параметры лампы и ДОО для нее приведены в таблице 1.

Таблица 1– Параметры ламп и ДОО (ГОСТ 6825-91)

Параметры ламп				Параметры ДОО (для 50 Гц)			
Тип лампы	$P_{л, ном}, Вт$	$U_{л}, В$	$I_{л, ном}, А$	$U_n, В$	$I_{калибр}, А$	$Z_{полн}, Ом$	K_n
Люминесц.	15	55 ± 9	0,31	220	0,31	325	0,12

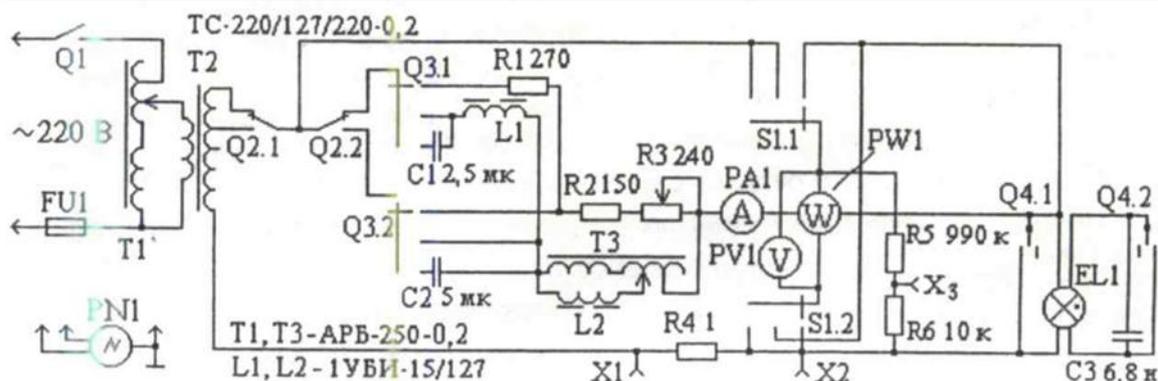


Рис.1– Принципиальная схема экспериментальной установки

С разделительного трансформатора Т2 снимается питающее напряжение 127 или 220 В, оно выбирается переключателем Q2. На лампу EL1 напряжение подается через балласт, тип которого выбирается переключателем S1. В верхнем положении S1 включается активный балласт, в среднем положении- индуктивный, в нижнем-емкостно-индуктивный; все балласты регулируемые. Переключатель Q3 в левом положении замыкает лампу, что необходимо для изменения сопротивления балластов.

Активный балласт для питающего напряжения 127 В состоит из постоянного резистора R2 и переменного резистора R3, для напряжения 220 В последовательно с ним включается еще резистор R1.

Индуктивный балласт для питающего напряжения 127 В состоит из регулятора напряжения T3, на нулевой вывод и движок которого включен дроссель L2.

Емкостно-индуктивным балласт для питающего напряжения 127 В состоит из конденсатора C2, включенного последовательно с регулируемым индуктивным балластом T3L2, для напряжения

220 В последовательно с индуктивным балластом L1T3L2 включается конденсатор C1.

Режим работы схемы контролируется измерительными приборами PA1, PV1 и PW1. Постоянно к схеме не подключен двухканальный осциллограф PN1, который используется для получения совмещенных во времени осциллограмм токов и напряжений.

Цель работы заключается в ознакомлении с работой разрядных ламп с индуктивным балластом; изучается разгорание лампы ЛБ-80, определяются параметры лампы и балласта, рассматривается компенсация реактивной мощности.

Описание установки: в работе используются парортутные лампы мощностью 80 Вт: люминесцентная лампа низкого давления ЛБ-80. Параметры лампы сведены в таблицу 1. Схема установки приведена на рис. 2.

Таблица 1

Параметры лампы ЛБ-80

Параметры лампы				Параметры ДООИ			
Тип лампы	$P_{л,ном}$, Вт	$U_{л.}$, В	$I_{л,ном.}$, А	$U_{п,ном.}$, В	$I_{кал.}$, А	$Z_{полн.}$, Ом	$k_{др}$
ЛБ-80	80	102±10	0,865	220	0,865	223	0,08

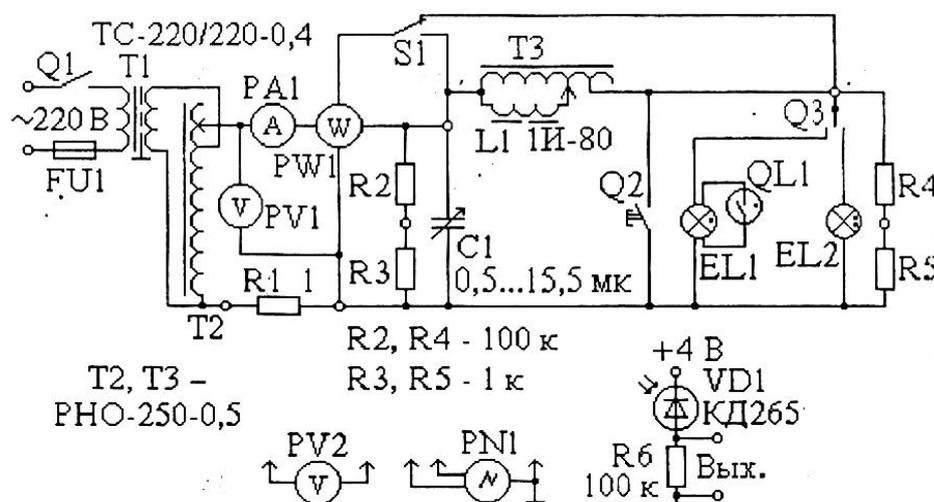


Рис. 2 - Принципиальная схема установки

Режим работы схемы контролируется измерительными приборами: напряжение питания (устанавливается регулятором напряжения T2) – вольтметром PV1, ток и мощность схемы – амперметром PA1 и ваттметром PW1 (переключатель S1 в нижнем положении), мощность лампы – также ваттметром PW1 (переключатель S1 в верхнем положении). Ток лампы измеряется амперметром PA1, если при этом не включен магазин C1. Напряжение на лампах и дросселе измеряется отдельным вольтметром PV2, постоянно в схему не включенном и снабженном гибкими изолированными проводами с вилками, которые вставляются в соответствующие гнезда на панели установки. При замкнутой лампе показания ваттметра равны потерям мощности в дросселе; они должны измеряться при синусоидальном токе через дроссель, равном рабочему току лампы. При работающей лампе потери мощности в дросселе равны разности мощности схемы и мощности лампы, за счёт больших потерь на высших гармониках тока они незначительно отличаются от потерь при замкнутой лампе.

Для возможного подключения к схеме осциллографа, который может использоваться для наблюдения осциллограмм тока, напряжений и светового потока, предусмотрены датчик тока – резистор R1 и делители напряжения 1:100 (R2R3 и R4R5). Кривые светового потока ламп осциллографируются с помощью светодиода VD1, расположенного около ламп, при этом вход осцилло-

графа подключается к нагрузочному резистору R_6 . При измерении средних значений потока к R_6 подключается вольтметр, имеющий высокоомный вход.

Для исключения замыкания металлического корпуса установки, с которым соединен корпус осциллографа, на фазное напряжение питающей сети схема питается через разделительный трансформатор T_1 с коэффициентом трансформации 1:1 и достаточным запасом по мощности, необходимым для исключения существенного искажения формы питающего напряжения нелинейной нагрузкой. Трансформатор T_1 обеспечивает безопасное напряжение прикосновения менее 42 В (получается при касании телом заземленного корпуса установки и одного из выводов схемы), однако недопустимо касание одновременно двух точек схемы, так как в этом случае напряжение между ними может превышать 220 В.

Цель работы заключается в изучении схем включения мощных осветительных светодиодов (СД), схемы построены на основе микросхем импульсных преобразователей построенного напряжения (зарубежное обозначение DC/DC), обеспечивающих стабилизацию режима работы нагрузки.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В установке применена микросхема МС34063А, полным аналогом которого является отечественная микросхема КР1156ЕУ5 (рис. 3).

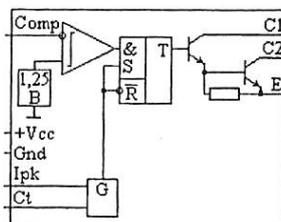


Рис. 3 – Микросхема КР1156ЕУ5

Запускающие импульсы, вырабатываемые генератором G , поступают на триггер T , выходной сигнал которого, в свою очередь, управляет силовым ключом на транзисторах VT_1 , VT_2 . Частота повторения импульсов меняется в зависимости от напряжения питания и нагрузки преобразователя, при этом максимальное значение частоты определяется емкостью внешнего конденсатора, подключаемого к выводу C_t микросхемы. Вход I_{pk} генератора прерывает выходной импульс, если падение напряжения на датчике тока через силовой ключ превысит определенный порог (примерно 0,3 В, это напряжение не очень стабильно); этот вход используется для защиты микросхемы от перегрузки выходным током. Микросхема содержит термокомпенсированный источник опорного напряжения ($U_{оп} = 1,25$ В) и компаратор, запрещающий работу триггера и силового ключа при превышении заданного значения напряжения на входе $Comp$.

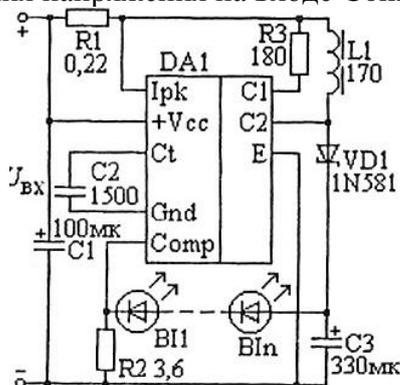


Рис. 4 – Схема 1

В схеме, представленной на рисунке 4, микросхема применяется для стабилизации выходного тока нагрузки на основе повышающего преобразователя напряжения, в котором выходное напряжение больше входного.

Схема содержит входные и выходные фильтрующие конденсаторы $C1$, $C3$, накопительный дроссель $L1$, выпрямительный диод Шотки $VD1$, конденсатор $C2$, определяющий, вместе с нагрузкой, частоту преобразователя, резисторы $R1...R3$.

Резистор $R1$ служит датчиком схемы ограничения тока через силовой ключ, рассчитывается он на максимально допустимый ток ключевого транзистора; эта схема предотвращает выход схемы из строя при случайной перегрузке выхода. Датчик тока $R2$ задает рабочий ток нагрузки, напряжение на нем равно образцовому – 1,25 В относительно вывода Gnd; выходной ток микросхемы по выводу 5 достаточно мал, поэтому ток через резистор $R2$ можно считать равным току через нагрузку – току светодиодов. Резистор $R3$ ограничивает коллекторный ток транзистора $VT1$, от которого зависит степень насыщения силового ключа – транзистора $VT2$. Глубокое насыщение опасно тем, что во время вызванной им задержки размыкания ключа ток в дросселе, продолжает нарастать, может достигнуть недопустимого для элементов устройства значения. Для того чтобы время выхода транзистора $VT2$ из насыщения не превысило 2 мкс, ток его базы не должен быть более 1/10 от максимального тока силового ключа.

В работающем преобразователе в течение некоторого времени транзисторы $VT1$, $VT2$ (см. рис. 1) открыты импульсом генератора G микросхемы, и ток дроссель $L1$ нарастает по линейному закону. Как только падение напряжения на резисторе $R1$ достигает 300 ± 50 мВ, выходной импульс генератора прерывается и переключает триггер T . В результате транзисторы $VT1$, $VT2$ закрываются, накопленная в дросселе $L1$ энергия через диод $VD1$ передается в нагрузку. Процессы накопления энергии в дросселе и передачи её в нагрузку повторяются, напряжение на конденсаторе $C3$ и ток через СД повышаются, напряжение на датчике тока $R2$ поступает на вход компаратора.

Когда напряжение на входе преобразователя достигнет необходимого значения, входной сигнал компаратора запретит переключение триггера микросхемы, а когда оно снизится, вновь разрешит выдавать на силовой ключ очередной открывающийся импульс. Таким образом, фиксированные порции энергии по мере необходимости передаются из источника питания в нагрузку. Частота передачи порций энергии, зависящая от емкости конденсатора C_t , напряжение на входе преобразователя и ток нагрузки, может меняться в широких пределах – 0,1...100 кГц.

В схеме преобразователя напряжения нагрузки включается на вход параллельно конденсатору $C3$, часть выходного напряжения через делитель $R4R2$ (резистор $R4$ на схеме не показан; он включается между выходом схемы и входом компаратора $Comp$) подается на компаратор, который сравнивает напряжение на $R2$ с образцовым напряжением 1,25 В. В такой схеме стабилизируется выходное напряжение.

Потери мощности в схеме складываются из мощности, необходимой для работы схемы, «ключевых» потерь, связанных с напряжением насыщения переключающихся транзисторов, главным образом, $VT2$, потерь мощности в дросселе $L1$, потерь в делителе напряжения $R4R2$, которые могут быть небольшими при малом токе через делитель. Светодиоды VI следует включать в цепь обратной связи вместо резистора $R4$, при этом преобразователь становится стабилизатором выходного тока; при указанном сопротивлении $R2$ расчетный ток через светодиоды равен 347 мА.

Для ограничения выходного напряжения, повышающегося при возможном разрыве цепи светодиодов, установлен стабилизатор, не показанный на рисунке 5.

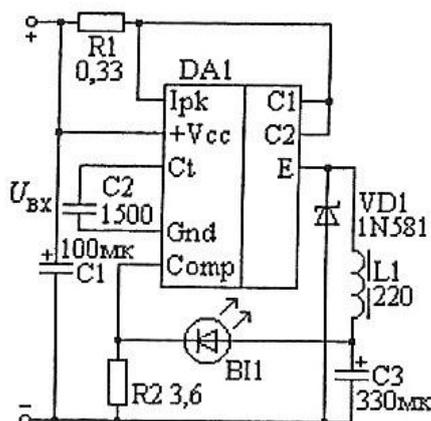


Рис. 5 – Схема 2

Вторая схема стабилизатора тока, приведена на рисунке 3, построенная на основе понижающего преобразователя напряжения. Он работает аналогично повышающему преобразователю, но транзистор VT2 микросхемы, включенный в этом случае по схеме с общим коллектором, никогда в насыщение не входит. В обеих схемах через датчик тока (резистор R2) течет ток нагрузки (ток через светодиоды), поэтому потери мощности заметно возрастают относительно малых значений, характерных для стабилизаторов напряжения.

Преобразователи напряжения смонтированы в пластиковом корпусе, на крышке которого установлены контактные гнезда, для измерения напряжения в нужных точках схем. Так как в установке используются мощные светодиоды, они установлены на радиаторы.

Установка питается от стабилизированного источника ИПС-1, диапазон выходного напряжения источника 0...15 В, ток нагрузки до 1 А. Ток в цепях преобразователей измеряется косвенно, они вычисляются по измеренным напряжениям и сопротивлениям соответствующих резисторов; входной ток преобразователей измеряется отдельным амперметром. Входная и выходная мощности преобразователей, а также мощность нагрузки вычисляются перемножением соответствующих напряжений и токов, так как в этих точках схемы действуют постоянные напряжения и токи.

3. Перечень лабораторных работ и методические рекомендации по выполнению рабочего задания

Лабораторный практикум включает 4 лабораторные работы (по 4 часа).

Лабораторная работа № 1. Изучение работы разрядной лампы с разными типами балластов

Лабораторная работа № 2. Изучение схемы включения с индуктивным балластом

Лабораторная работа № 3. Изучение схемы с расщепленной фазой

Лабораторная работа № 4. Изучение схем включения светодиодов

3. Контрольные вопросы

1. Схема измерения параметров ЛЛ.
2. Схема измерения параметров дросселя.
3. Номинальная ЛЛ, ее параметры.
4. ДОИ, его параметры.

5. Пусковой режим работы бесстартерного ПРА, измерение параметров этого режима.
6. Рабочий режим работы бесстартерного ПРА, измерение параметров этого режима.
7. Резонансная схема бесстартерного ПРА, ее работа.
8. Условия надежного зажигания ЛЛ; условия, обеспечивающие большой срок службы ЛЛ.
9. ЛЛ для бесстартерных ПРА, высокоомные и низкоомные электроды.
10. Назначение и устройство стартера тлеющего разряда.
11. Работа стартера тлеющего разряда.
12. Параметры стартеров тлеющего разряда и условия их измерения.
13. Установки для измерения параметры стартеров тлеющего разряда.
14. Работа лабораторного стенда.
15. Необходимость балласта для работы разрядных ламп, преимущества и недостатки активного, индуктивного, емкостного и емкостно-индуктивного балластов.
16. Зависимость стабильности работы схем от коэффициента m .
17. Чем определяется и какой получается сдвиг по фазе осциллограмм и векторов?
18. Измерение осциллограмм: фазировка, напряжение прикосновения.
19. Регулировка и измерение сопротивления балластов.
20. Способы компенсации реактивной мощности схемы. Почему $k_{\max} < 1$? Расчет емкости компенсирующего конденсатора.
21. Определение коэффициента пульсаций, способы измерения $k_{п,ф}$, $k_{п,Е}$.
22. Разгорание разрядных газовых и парометаллических ламп различного давления.
23. Регулировка и измерение параметров дросселя.
24. Преимущества и недостатки схемы с расщепленной фазой.
25. Чем определяется и какой получается сдвиг по фазе осциллограмм и векторов; какой желателен сдвиг токов ламп в схеме с расщепленной фазой?
26. Измерение осциллограмм: фазировка, напряжение прикосновения.