

Выпрямительное устройство 50ВУК-120

Выпрямительное устройство 50ВУК-120 предназначено для питания ксеноновой лампы мощностью 3 кВт. Рассчитано на питание от сети трехфазного переменного тока напряжением 3х220 или 3х380 В с глухим заземлением нейтрали (нулевым проводом) при частоте 50 Гц.

Нормальная работа выпрямителя возможна при колебании напряжения питающей сети от 85 до 110% номинального значения.

Номинальный выпрямленный ток 120 А.

Номинальное выпрямленное напряжение 25 В.

Напряжение холостого хода выпрямителя в момент розжига ксеноновой лампы 95 В.

Стабильность установленного тока ксеноновой лампы в номинальном режиме $\pm 5\%$.

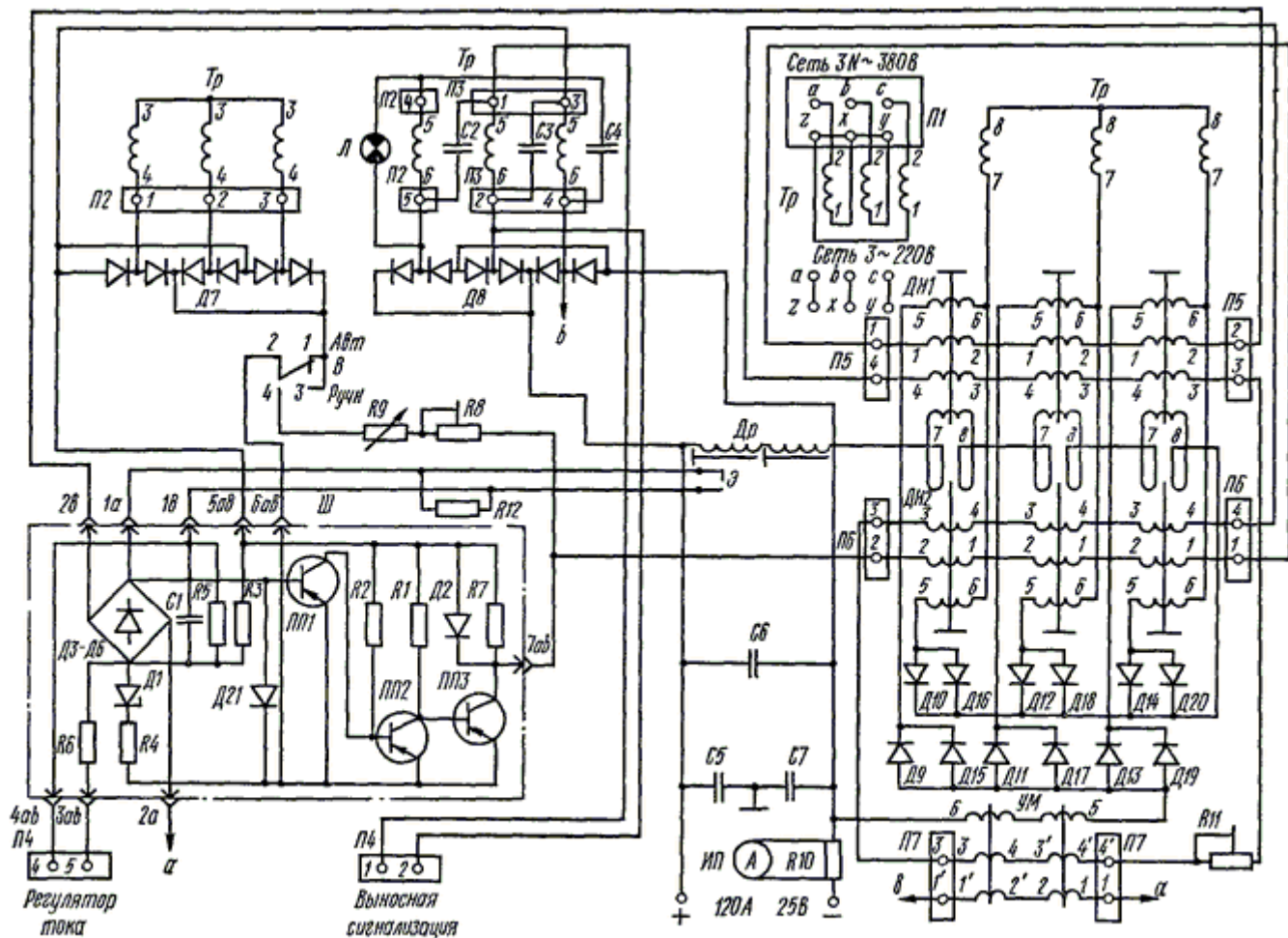
Устройство допускает плавное изменение тока в цепи нагрузки от 60 до 130 А при номинальных значениях напряжения входа и выхода.

Коэффициент полезного действия не менее 73%.

Коэффициент мощности не менее 0,5.

Режим работы выпрямителя - повторно-кратковременный (через каждые 50—60 мин перерыв).

Устройство рассчитано на работу в закрытом, хорошо вентилируемом помещении, при температуре окружающего воздуха от +5 до +35°C и относительной влажности воздуха в помещении не более 85%.



Принципиальная электрическая схема выпрямителя 50 ВУК-120

Напряжение трехфазной питающей сети подводится к зажимам а, б, с входной панели П1 с помощью переключек. Устройство может быть включено «треугольником» (положение переключек а-х, с-у) или «звездой» (положение переключек х-у-з). Схема устройства может быть разделена на три части: цепь главного тока, цепь управления и вспомогательный выпрямитель.

В цепь главного тока входят трехфазный силовой трансформатор Тр (обмотки 7-8 и 5-6) балластные дроссели насыщенные ДН1 и ДН2, обмотки 3-4, силовой выпрямительный мост Д9-Д19, обмотки 5-6 усилителя магнитного УМ и дроссель фильтра Др.

Напряжение питающей сети понижается силовым трансформатором Тр до величины, необходимой для питания нагрузки. Силовой трансформатор также изолирует первичную обмотку от вторичной. Балластные дроссели насыщения ДН1 и ДН2 являются исполнительными органами регулирования и предназначены для автоматического поддержания установленной величины тока нагрузки.

Выпрямительный мост Д9-Д14 служит для получения выпрямленного тока нагрузки и собран по шестифазной схеме на кремниевых вентилях.

Для защиты вентилях от перенапряжения параллельно им включены селеновые выпрямители Д15-Д20. Транзисторный усилитель служит для автоматического

поддержания установленного тока нагрузки. Магнитный усилитель УМ является датчиком величины тока нагрузки.

Дроссель фильтра предназначен для сглаживания пульсаций выпрямительного тока с целью увеличения срока службы ксеноновых ламп.

Цепь управления предназначена для регулирования величины выпрямленного тока, состоящая из цепи внешнего подмагничивания, в которую входят обмотки 1-2 дросселей ДН1 и ДН2, транзисторный усилитель, обмотки 1-2 магнитного усилителя УМ, резисторов R8 и R9. Питание системы подмагничивания осуществляется от обмоток 3-4 трансформатора Тр через селеновый выпрямитель Д7.

Вспомогательный выпрямитель (подпитка) предназначен для получения повышенного напряжения на выходе выпрямительного устройства в момент розжига ксеноновой лампы, в который входят селеновый выпрямитель Д8, конденсаторы С2-С4 и обмотки 5-6 трансформатора Тр. Чтобы воспрепятствовать проникновению в выпрямитель импульсов перенапряжения при зажигании лампы, выход выпрямительного устройства заблокирован конденсаторами С5 и С7. В устройстве предусмотрены два режима работы.

Основной режим - автоматическое поддержание установленного тока нагрузки и дистанционное регулирование его величины от выносного регулятора тока.

Аварийный режим - ручное управление током нагрузки при помощи регулятора тока R9 в случае выхода из строя транзисторного усилителя. Переход из основного режима в аварийный осуществляется переключателем тумблера «В» из положения «АВГ» в положение «Ручн».

Принцип работы систем внешнего подмагничивания и размагничивания заключается в следующем.

При работе устройства по обмоткам 5-6 дросселей насыщения ДН1 и ДН2 протекает пульсирующий ток, создающий подмагничивание магнитопроводов дросселей. Для улучшения регулировочных свойств дросселей насыщения в них предусмотрена отрицательная обратная связь по току, осуществляемая введением в схему обмоток размагничивания 7-8. Благодаря этому при помощи обмоток 1-2 осуществляется глубокая регулировка тока нагрузки. При работе устройства в аварийном режиме величина тока подмагничивания и обмотках 1-2 дросселей насыщения ДН1 и ДН2 устанавливается ручным регулятором тока R9. Резистор R8 служит для ограничения тока подмагничивания, а следовательно, и тока нагрузки.

При работе в основном режиме обмотки подмагничивания 1-2 дросселей ДН1 и ДН2 питаются через транзисторный усилитель, который стабилизирует ток нагрузки.

Схема транзисторного усилителя может быть условно разбита на три части: измерительную, усилительную и исполнительную.

Измерительная часть предназначена для сравнения фактического тока нагрузки устройства с заданным значением тока нагрузки и работает следующим образом. Выпрямительный мост ДЗ-Д6 питается от обмоток 5-6 трансформатора Тр через обмотки 1-2 и магнитный усилитель УМ. Сопротивление обмоток 1-2 и магнитного усилителя УМ зависит от тока нагрузки, протекающего через обмотки подмагничивания 5-6 УМ.

Выпрямительный мост Д3-Д6 нагружен на выносной регулятор тока.

Напряжение, снимаемое с регулятора тока, подается на базу транзистора ПП1. Встречно этому напряжению включено опорное (эталонное) напряжение, снимаемое со стабилитрона Д1 и имеющее полярность, отпирающую транзистор ПП1. Таким образом, на базу транзистора подается результирующий сигнал, пропорциональный разности опорного напряжения и напряжения на регуляторе тока.

Вследствие большого коэффициента усиления оконечный транзистор ПП3 работает в режиме, близком к ключевому, что позволяет регулировать значительные токи при малой мощности рассеивания транзистора. Соотношение длительности открытого и закрытого состояний транзистора ПП3 определяет величину тока подмагничивания. Изменяя сопротивление регулятора тока, можно изменять величину сигнала на базе транзистора ПП1, т. е. изменять величину тока подмагничивания, а следовательно, и тока нагрузки. Установленный при помощи выносного регулятора ток нагрузки должен сохранять заданное значение как при изменении напряжения на нагрузке, так и при изменении напряжения питающей сети. Стабилизация тока нагрузки происходит следующим образом. При изменении напряжения ток нагрузки отклоняется от заданного значения, падает напряжение на УМ, а значит, и на регуляторе тока, что влечет за собой изменение тока подмагничивания - ток нагрузки принимает заданное значение.

Аналогично происходит стабилизация тока нагрузки при изменении напряжения питающей сети. Напряжение на выносном регуляторе тока зависит не только от тока нагрузки, но и от напряжения питающей сети.

Чтобы скомпенсировать составляющую напряжения на регуляторе тока, которая зависит от напряжения питающей сети, последовательно со стабилитроном Д1 включается резистор R4.

Для получения оптимального значения амплитуды пульсации сигнала на регуляторе тока параллельно выпрямленному мосту Д3-Д6 включен конденсатор С1. Чтобы исключить опасность перенапряжения на выпрямительном мосту Д3-Д6 и базе транзистора ПП1 при случайном обрыве цепи регулятора тока, выход моста зашунтирован резистором R5.

С регулятором тока последовательно включен резистор R6, ограничивающий величину тока выхода устройства.

Для улучшения условий зажигания ксеноновой лампы необходим ток коллектора транзистора ПП3 на холостом ходу устройства.

На холостом ходу устройства падение напряжения на УМ достигает наибольшего значения, а напряжение на регуляторе тока практически исчезает, что приводит к недопустимой перегрузке выходного транзистора ПП3, поэтому в схему введены магнитоуправляемый контакт Э, установленный над зазором дросселя Др, и резистор R12, ограничивающие величину тока на коллекторе ПП3 в режиме холостого хода и обеспечивающие зажигание ксеноновой лампы.

В режиме холостого хода магнитоуправляемый контакт Э разомкнут, мост Д3-Д6 разгружается, так как последовательно с R5 и С1 включается R12, напряжение на мосту растет, и ток на коллекторе ПП3 падает до необходимого значения (1,5 А). При этом транзистор вновь работает в ключевом режиме. Диод Д21 введен для защиты от опасных напряжений на базе транзистора ПП1.

Для повышения устойчивости работы устройства (устранение автоколебаний) в схеме предусмотрена отрицательная обратная связь между демпферными обмотками 3-4 дросселей насыщения ДН1, ДН2 и обмотками 3-4 усилителя магнитного УМ (цепь демпфирования). Регулируется величина обратной связи введенным в схему резистором R11.

Спецификация электрической схемы выпрямительного устройства 50ВУК-120

Обозначение на схеме	Наименование и тип	Основные данные, номинал	Количество	Примечание
R1	Резистор ПЭВ-20-91 Ом±10%	91 Ом	1	-
R2	Резистор МЛТ-2-560 Ом±10%	5600 Ом	1	-
R3	Резистор МЛТ-1-1,1 кОм±10%	1,8 кОм	1	-
R4	Резистор МЛТ-2-56 Ом±10%	56 Ом	1	-
R5	Резистор МЛТ-2-390 Ом±10%	390 Ом	1	-
R6	Резистор МЛТ-2-82 Ом±10%	82 Ом	1	-
R7, R11	Резистор ПЭВ-15-62 Ом±10%	62 Ом	2	-
R8	Резистор	11 Ом	1	-
R9	Резистор ППБ-50Г-47 Ом±5%	47 Ом	1	-
R12	Резистор МЛТ-1-1,2 кОм±10%	1,2 кОм	1	-
C1	Конденсатор К50-6-50-100	100 мкФ	2	В параллель
C2-C4	Конденсатор КБГ-МН-2-200-10±10%	10 мкФ	9	3 в параллель
C6	Конденсатор МБГО-1-300-30-11	30 мкФ	1	-
Л	Лампа СЦ-21	100 В; 8 Вт	1	-
Д1	Диод полупроводниковый Д814В	26 мА; 10 В	1	-
Д2	Выпрямитель селеновый 40ГД2Я	0,6 А	1	-
Д3-Д6, Д21	Диод полупроводниковый Д226Б	300 мА; 400 В	5	-
Д7	Выпрямитель селеновый 75КТ6Г	*	1	-
Д8	Выпрямитель селеновый 75КТ18Г	*	1	-

Д9-Д14	Вентиль В2-200-5Б	200 В; 500 А	*	-
Д15-Д20	Выпрямитель селеновый 30ГД4Я	200 А	6	-
ПП1	Транзистор МП13Б	*	1	-
ПП2, ПП3	Транзистор П217Б	*	2	-
В	Переключатель	220 В; 6 А	1	-
Э	Контакт магнитоуправляемый КЭМ2Б	*	1	-
Ш	Разъём РПЗ-16	*	1	-
ИП	Амперметр М4200, кл. 1,5	0-200 А	1	-
Р10	Шунт ШСМ-75-200-0,5-В	75 мВ; 200А	1	-
УМ	Усилитель магнитный ДН23	*	1	-
ДН1, ДН2	Дроссель насыщения ДН24	*	2	-
Тр	Трансформатор Тр274	*	1	-
Др	Дроссель Др71	*	1	-
П7-П7	Панель	*	7	-

В схеме предусмотрено устройство для облегчения розжига ламп, представляющее собой вспомогательный маломощный выпрямитель. Выпрямление напряжения подпитки с выпрямителя Д8 по дается на клеммы «+» и «—» устройства.

Величина выпрямленного тока устройства контролируется амперметром ИП, включенным параллельно шунту R10.

Контроль подачи питающего напряжения на устройство осуществляется с помощью сигнальной лампы Л. В устройстве также предусмотрены зажимы 1-2 панели П4 для подключения выносной сигнализации.

Выпрямительное устройство выполнено в виде стойки-рамы, спереди и сзади закрывается легкоъемными кожухами. Все узлы устройства установлены на сварной раме. Транзисторный усилитель - съемный блок, подключающийся к схеме при помощи разъема.

Выносной регулятор подключается к зажимам 4-5 панели П4. Выносная сигнальная лампа подключается к зажимам 1-2. Наружное заземление устройства производится при помощи болта. Панель управления установлена наклонно в верхней части стойки, на которой размещены: амперметр ИП, переключатель В перехода с автоматического на ручное управление током нагрузки, сигнальная лампа Л и регулятор тока R9 ручного управления током нагрузки.

Выпрямительное устройство с кремниевыми вентилями главного выпрямительного моста не требует их формовки.

Режим работы выпрямительного устройства 50ВУК-120

Наименование	Номинальный режим	Холостой ход	Примечание
Ток нагрузки, А	120	-	-
Напряжение на выходе, В	25	Не менее 95	-
Напряжение на выходе при отключенной подпитке, В	25	54	-
Напряжение на обмотке питания подмагничивания (зажимы 1-2-3 панели П2), В	19,5	20	Линейное
Напряжение на главной обмотке силового трансформатора (выводы 7), В	39	40	Линейное
Напряжение на главной обмотке дросселя насыщения ДН1 и ДН2 (выводы 5-6), В	16,5	0	Измерено прибором переменного тока
Напряжение на на обмотке подмагничивания дросселя насыщения ДН1 или ДН2 (зажимы 1-2 панели П5 или П6), В	104	0	То же
Напряжение на одной катушке обмотки подмагничивания дросселя насыщения (выводы 1-2), В	75	0	То же
Напряжение на всей обмотке подмагничивания дросселей ДН1, ДН2 (зажим 2 панели П5, зажим 2 панели П6), В	0-1	0-1	То же
Напряжение на демпферной обмотке дросселя насыщения ДН1, ДН2 (зажимы 3-4 панели П% или зажимы 3-4 панели П6), В	53	0	То же
Напряжение на размагничивающей шине дросселей ДН1, В	0,6	0	То же
Напряжение, подводимое на мост подпитки (зажимы 5 панели П2, 2, 4 - панели П3), В	26	106	Линейное
Обратное напряжение на силовых вентилях (Д9-Д14), В	13	70	Измерено прибором постоянного тока
Выпрямленное напряжение на мосту питания цепи подмагничивания ("+", "-" Д7), В	25	21-25	Измерено в 8 крайних положениях
Падение напряжения на балластной обмотке магнитного усилителя УМ (зажимы 1-1 панели П7), В	104	106	Приставка установлена
Выпрямленное напряжение на Д3-Д6,	10	2,5-7	Измерено в крайних

В			положениях выносного регулятора тока
Напряжение на Д1, В	9,5	2,5-7,5	То же
Напряжение на Д2, В	3	1-13	То же
Напряжение на эмиттер-коллектор ПП1, В	0,3	0	То же
Напряжение на эмиттер-коллектор ПП2, В	0,15	0	-
Напряжение на эмиттер-коллектор ПП3, В	21	0	-
Ток подмагничивания с ручным регулятором, А	1,1	0,3-2	Измерено в 8 крайних положениях

Таблица возможных неисправностей и их устранение на выпрямительном устройстве 50ВУК-120

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Выпрямленный ток мал и не регулируется от выносного регулятора, но регулируется от ручного	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрыв в цепи выносного регулятора 2. Обрыв в цепи эмиттер-коллектор транзистора ПП1 3. Обрыв в эмиттерной (коллекторной) цепи триода ПП3 4. Пробой (короткое замыкание) в эмиттерной (коллекторной) цепи триода ПП2 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Восстановить цепь 2. Устранить обрыв 3. Устранить обрыв. При выходе из строя транзистора заменить его 4. Заменить транзистор
Выпрямленный ток 100А и не регулируется выносным регулятором тока	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитоуправляемый контакт Э отошел от зазора на дросселе фильтра Др 2. Обрыв в цепи контакта Э 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить магнитоуправляемый контакт Э против зазора на дросселе Др 2. Устранить обрыв в цепи контакта Э
<p>Выпрямленный ток мал и не регулируется ни от выносного регулятора, ни от ручного.</p> <p>Выпрямленный ток велик и не регулируется от выносного регулятора тока</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрыв в цепи обмотки подмагничивания дросселей насыщения ДН1, ДН2 2. Короткое замыкание в цепи регулятора 3. Пробой (короткое замыкание) эмиттерной (коллекторной) цепи триода ПП1 или ПП3 4. Обрыв в эмиттерной (коллекторной) цепи триода ПП2 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Восстановить цепь 2. Устранить короткое замыкание 3. Заменить транзистор 4. При выходе из строя транзистора заменить его. Устранить обрыв

"Импульсные источники питания для кинопроекторных ламп" (Статья.
Авторы: Апальков Н.К. Лапшин В.А. Лобач Н.Г. Скутаревский В.А. Чернышев Н.А.)

В Научно-исследовательском институте прикладных физических проблем (г. Минск) разработаны источники питания для безобтюраторной кинопроекции, осуществляемой с помощью серийных кинопроекторов различных типов.

Источники питания изготовлены в результате модернизации серийных блоков питания, которыми укомплектованы кинопроекторы. Они могут работать как в режиме постоянного, так и в режиме импульсного тока дуги кинопроекторной лампы.

Отличительные особенности этих источников: вдвое большая выходная мощность, в два-четыре раза меньшее потребление электроэнергии, в четыре раза меньшие масса и габариты по сравнению с серийными источниками питания кинопроекторов.

При использовании импульсного источника питания киноэкран освещается с помощью синхронизирован с работой лентопротяжного механизма кинопроектора импульсов света прямоугольной формы с частотой 48 Гц. Использование прямоугольных импульсов позволяет на 8–12% повысить световой поток на экран по сравнению с импульсами света, формируемыми с помощью механического обтюратора и имеющих форму, близкую к синусоидальной. Кроме того, электронный генератор импульсов позволяет легко регулировать длительность, частоту и скважность импульсов света, оптимизируя процесс освещения кадрового окна.

Габаритные размеры, посадочные места, органы управления и соединительные разъемы у модернизированных источников питания те же, что и у серийных. Это максимально упрощает замену источников питания при переводе кинопроектора на безобтюраторную кинопроекцию. Практическая эксплуатация импульсных источников питания показала, что вместо источника питания типа 50-ВУК-120 целесообразно применять модернизированный источник питания типа БПК-1000, вместо 49-ВК-160 — модернизированный и почти вдвое укороченный по высоте 50-ВУК-120, а вместо 56-ВУК-300 — модернизированный 50-ВУК 120, естественно, при полном обеспечении требуемых эксплуатационных параметров.

При такой замене импульсные источники, обладающие значительно меньшими габаритами и не имеющие электрических наводок и помех, характерных для серийных источников питания с мощными электромагнитными дросселями насыщения, можно располагать непосредственно под кинопроекторами. Таким образом, экономятся не только площади киноаппаратных, но и сводятся к минимуму потери электроэнергии в силовых проводах, соединяющих кинопроектор с источником питания, расположенным обычно в отдельном помещении, удаленном на 5–10 м от кинопроектора.

В этой статье кратко излагаются основные результаты эксплуатации в минском кинотеатре «Москва» кинопроектора КП-30В с ксеноновыми дуговыми лампами, работающими в импульсном режиме.

Опытная эксплуатация импульсного источника питания в кинотеатре преследовала две основные цели: определение технических характеристик и проверку работоспособности импульсного источника питания в длительном режиме работы в кинопроекторе типа КП-30В, а также определение световых характеристик такого же кинопроектора с дуговой лампой типа ДКсШ-3000-3 и ее ресурса при работе с импульсным источником питания.

Использовались кинопроектор КП-30В с проекционной ксеноновой дуговой лампой типа ДКсШ-3000-3; источник постоянного тока — штатный источник питания кинопроектора типа 56ВУК-300; источник импульсного тока — опытный образец импульсного источника питания с условным названием 50-ВУК-120И, изготовленный на основе модернизации серийного источника питания типа 50-ВУК-120; осциллограф С1-65 для измерения амплитудного значения величины тока и напряжения горения лампы при импульсном питании кинопроектора; измерительные клещи для измерения тока потребления в питающих фазах цепи переменного тока 220 В, 50 Гц.

Освещенность широкоформатного киноэкрана измерялась с помощью штатного кинолюксметра ЛК-1 в 30 точках экрана. В кинопроекторе была применена ксеноновая лампа, уже проработавшая 230 ч в обычном режиме постоянного тока в кинопроекторе КП-30В.

Методика испытаний заключалась в следующем. После того, как киноустановка с обтюратором и источником постоянного тока была включена в штатном режиме 100 А, 30 В, с помощью измерительных клещей измерялся ток потребления по трем фазам. Весь комплекс измерений электрических и световых характеристик лампы и освещенности киноэкрана проводился при постоянном токе горения. Затем в кинопроекторе снимался обтюратор, кинопроекционная дуговая ксеноновая лампа подключалась к импульсному источнику питания. После нового включения киноустановки проводился тот же комплекс измерений электрических и световых характеристик, что и при постоянном токе горения лампы.

Качество изображения кинокадра проверялось с помощью тестофильма изображения (35 КФИ).

В результате испытаний установлено:

- максимальная выходная мощность импульсного источника питания при длительной (более 11 ч) непрерывной работе — 5 кВт;
- средняя величина освещенности киноэкрана со штатным источником питания типа 56-ВУК-300 и при наличии обтюратора 106 лк. Световой поток 7900 лм, ток лампы $const = 100$ А, напряжение горения лампы 30 В. Ток потребления от сети переменного тока 20 А;
- средняя величина освещенности киноэкрана при отсутствии обтюратора 101 лк. Световой поток 7600 лм, ток лампы — импульсный, 100 А (амплитудное значение), эффективное значение 55 А, напряжение горения лампы 26 В. Ток потребления от сети переменного тока 5 А;
- средняя величина освещенности киноэкрана при отсутствии обтюратора 150 лк. Световой поток 11300 лм, ток — импульсный, 150 А (эффект. = 90 А), напряжение горения лампы 28 В.
- Нарботка дуговой лампы типа ДКсШ-3000-3 в импульсном режиме с амплитудной мощностью 5 кВт составила более 400 ч.

После 400 ч эксплуатации лампы мощностью 3 кВт в импульсном режиме с пиковой мощностью 5 кВт освещенность экрана снизилась не более, чем на 5% по сравнению с началом испытаний. Испытания продолжаются для определения ресурса серийных ксеноновых дуговых ламп в импульсном режиме работы.

Выводы

1. При использовании импульсного питания кинопроекционной лампы не отмечено появление «тяги» или других искажений изображения кадра, а также помех в звуковом сопровождении фильма.
2. Применение импульсного питания лампы позволяет в четыре раза сократить потребление электроэнергии от питающей сети переменного тока при сохранении уровня освещенности экрана и в два раза снизить тепловую нагрузку на оптические и механические узлы кинопроектора. Это повышает надежность узлов работы и увеличивает их ресурс, особенно интерференционных зеркал.
3. Использование импульсного питания лампы позволяет снять с киноустановки обтюратор и таким образом снизить уровень шумов и вибрации во время работы кинопроектора и улучшить условия работы обслуживающего персонала.
4. Ксеноновая дуговая лампа постоянного тока мощностью 3 кВт может долго (более 400 часов, и испытания еще не закончены) работать в кинопроекторе в режиме прямоугольных импульсов тока с пиковой мощностью 5 кВт и более. При работе 3-кВт дуговой лампы в импульсном режиме 5 кВт в кинопроекторе со снятым обтюратором освещенность киноэкрана равнялась освещенности, создаваемой кинопроектором с обтюратором и 5-кВт дуговой лампой с водяным охлаждением.
5. Работоспособность импульсного источника питания 50-ВУК-120И сохраняется при непрерывном режиме работы в течение 10 и более часов.

В НИИ ПФП разработана технология модернизации серийных источников питания мощностью от 0,25 до 10 кВт для кинопроекторов различных типов отечественного и чешского производства.

Эти высокоэкономичные импульсные источники питания для безобтюраторной кинопроекции уже испытаны, в 1999 г. началась их опытная эксплуатация в испытательных лабораториях Белоруссии и России и кинозалах Минска. Несколько экземпляров импульсных источников мощностью 1–3 кВт передано в Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения для проведения полного комплекса испытаний и научно-исследовательских работ.

На Международной специализированной выставке и конференции в Санкт-Петербурге в июле 1999 г. демонстрировалась работа экспериментального безобтюраторного кинопроектора с импульсным источником питания мощностью 1 кВт.