

М. И. МАЙОРОВ, доктор техн. наук, профессор

А. М. МАЙОРОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», Российская Федерация, г. Саранск

M. I. MAYOROV, Associate professor, Doctor of Engineering sciences, Professor

A. M. MAYOROV, Ph. D. of Physics and Mathematics, Associate professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education

"National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev", The Russian Federation, Saransk

ИМПУЛЬСНЫЕ ЗАЖИГАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВЕТИЛЬНИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕПЛИЧНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

PULSED IGNITING DEVICE FOR LAMPS USED IN GREENHOUSES

Аннотация. Предложен вариант импульсных зажигающих устройств, удовлетворяющий, в отличие от используемых, требованиям руководства по эксплуатации ламп типа ДНаТ, используемых для освещения теплиц, в части характеристик высоковольтного импульса. Представлен расчет параметров элементов импульсных зажигающих устройств.

Ключевые слова: газоразрядная лампа, зажигающее устройство, высоковольтный импульс, эксплуатация ламп, освещение теплиц, импульсное зажигающее устройство, тепличное хозяйство.

Abstract. A variant of the pulsed igniting device that satisfies, in contrast to the used requirement of the operating manual of the sodium lamps used for lighting of greenhouses, part of the characteristics of high-voltage pulse is offered. The calculation of the elements of the pulse ignition devices is presented.

Keywords: gas discharge lamp lighting device, high-voltage pulse, operation lamps, lighting greenhouses, the pulsed igniting device, and greenhouses.

Качественное освещение – одно из основных условий получения хорошего урожая при выращивании в теплице или любой другой закрытой системе. Большинство теплиц со светокультурой на территории России освещается лампами типа ДНаТ. Для зажигания этих ламп в схемах с электромагнитным пускорегулирующим аппаратом (ПРА) необходимо применение импульсных зажигающих устройств (ИЗУ).

Для зажигания газоразрядных ламп высокого давления в схемах с электромагнитным ПРА необходимо, чтобы ИЗУ генерировало импульсы с определенной амплитудой напряжения и длительностью. Для зажигания некоторых типов ламп высокого давления, согласно данным руководства по эксплуатации, необходимы параметры импульса, приведенные в таблице.

Мощность лампы, Вт	Амплитуда импульса, В		Длительность импульса на уровне 0,5 мкс, не менее	Энергия импульса, Дж, не менее
	не менее	не более		
ДНаТ супер 600	4 000	5 000	2,0	0,002
ДНаТ 1000				

Параметры генерируемого ИЗУ импульса определяются как особенностями электронной схемы прибора, так и характеристиками импульсного трансформатора,

такими как коэффициент трансформации, индуктивность первичной и вторичной обмоток, ток насыщения.

Отечественными предприятиями им-

пульсные зажигающие устройства, обеспечивающие параметры высоковольтного импульса, соответствующие приведенным в таблице, выпускаются только для схемы «параллельного поджига» (осциллограмма импульса приведена на рисунке 1, кривая 1).

ИЗУ имеет 2 вывода и подключается параллельно лампе, включенной в сеть последовательно с балластным дросселем, являющимся элементом ПРА, ограничивающим ток через лампу. В этой схеме ток лампы не протекает через ИЗУ, что обуславливает достоинства этих схем: простоту, дешевизну и универсальность ИЗУ. Недостатком таких схем является то, что высоковольтные импульсы напряжения воздействуют не только на лампу, но и на балластный дроссель, и на соединительные провода между дросселем и лампой. Это снижает надежность ПРА, вызывает необходимость усиления изоляции балластных дросселей, вызывает зависимость параметров выходного импульса ИЗУ от длины подводящих проводов и от конструкции балластного дросселя [1].

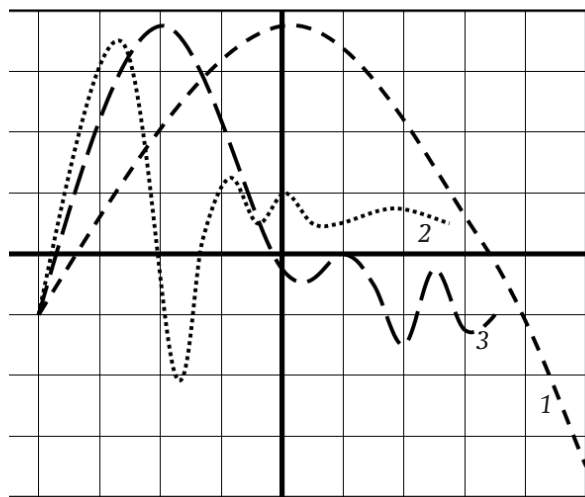


Рисунок 1 – Осциллограммы импульсов, генерируемых разными типами ИЗУ:

1 – ИЗУ-Т 70-1000 (двухвыводное); 2 – ИЗУ 400/220В-012; 3 – Z 1000 S, 1000 В/дел; 0,5 мкс/дел; «0» – 1 клетка ниже центра экрана

На рисунке 1 приведены осциллограммы импульсов, генерируемых ИЗУ «последовательного поджига» (рисунке 1, кривые 2, 3). Из данных рисунка видно, что эти ИЗУ не обеспечивают параметры высоковольтного импульса, определяемого в таблице. Так, длительность импульса, генерируемого ИЗУ 400/220В-012, составляет 0,5 мкс на уровне 3кВ, а для Z 1000 S – 1 мкс на уровне 3кВ. При-

менение этих ИЗУ вызывает необходимость досрочной замены еще исправных ламп, которые не зажигаются из-за недостаточной длительности импульса. Импульсные зажигающие устройства для схемы «последовательного поджига» имеют три вывода, два из которых включаются последовательно с лампой [1–5]. ИЗУ последовательного поджига имеют определенные потери мощности, значительные размеры и массу (вследствие того, что вторичная обмотка импульсного трансформатора должна быть рассчитана на протекающий через нее ток лампы). Однако эта схема является наиболее распространенной, так как она не требует усиления изоляции балластных дросселей.

Задача создания эффективного, дешевого трехвыводного ИЗУ для разрядных ламп большой мощности является актуальной.

Данная задача решается за счет того, что небольшое дополнение «превращает» двухвыводное ИЗУ в трехвыводное устраняя недостатки двухвыводных ИЗУ [6].

Предложено разделить две функции импульсного трансформатора трехвыводного ИЗУ – генерирование высоковольтного импульса и пропускание полного тока лампы, доверив их двум отдельным индуктивностям. Кажущееся усложнение конструкции позволило генерировать импульсы с заранее выбранными характеристиками, используя импульсный трансформатор с большим числом витков тонкого провода, а для пропускания полного тока лампы применить высокочастотный дроссель с малым сопротивлением, защищающий дроссель ПРА от пробоя. Это разделение оказалось особенно эффективным для ИЗУ, рассчитанного на большие токи и большие длительности импульса.

На рисунке 2а изображена схема пускорегулирующего аппарата с импульсным зажигающим устройством [6], содержащим двухвыводное импульсное зажигающее устройство 1 подключенное параллельно газоразрядной лампе 2, включенной в сеть последовательно с балластным дросселем 3, и дополнительно введенным высокочастотным дросселем 4, защищающим балластный дроссель от пробоя высоковольтными импульсами ИЗУ. Импульсное зажигающее устройство и высокочастотный дроссель могут быть размещены в одном корпусе с тремя выводами (рисунке 2б).

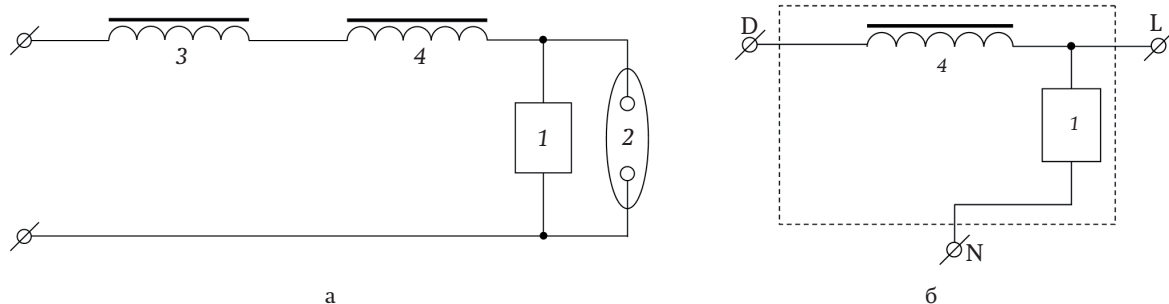


Рисунок 2 – Схема пускорегулирующего аппарата с ИЗУ [6]:
 а – содержащее двухвыводное ИЗУ; б – содержащее трехвыводное ИЗУ

Пускорегулирующий аппарат с импульсным зажигающим устройством работает следующим образом. При включении в сеть импульсное зажигающее устройство 1 начинает генерировать высоковольтные импульсы преимущественно амплитудой в пределах от 3 до 5 кВ. Высоковольтные импульсы создают проводящий канал в газовом межэлектродном промежутке лампы 2. В этом канале затем формируется плазма сильноточного разряда, питаемого через балластный дроссель 3 и высокочастотный дроссель 4 от сети. Высокочастотный дроссель 4 ограничивает импульсное напряжение, воздействующее на балластный дроссель 3 во время генерации импульса, до уровня, определяемого предельно допустимым для данного балластного дросселя 3 (обычно 2 кВ). После зажигания лампы 2 последняя шунтирует зарядную цепь импульсного зажигающего устройства 1, вследствие чего оно автоматически отключается. В случае незажигания лампы 2 или ее отсутствия импульсное зажигающее устройство 1 продолжает генерировать импульсы. В ряде случаев импульсное зажигающее устройство 1 снабжается блоками отключения, прекращающими генерацию импульсов в случае, если лампа 2 в течение нескольких минут не зажигается (это время зависит от типа и мощности лампы и составляет 1...2 мин для ламп НЛВД и 10...15 мин для МГЛ).

В ограничении импульсного напряжения, воздействующего на балластный дроссель во время генерации импульса, до уровня, определяемого предельно допустимым для данного балластного дросселя, участвует и собственная емкость балластного дросселя. Однако в ряде случаев для ограничения импульсного напряжения, воздей-

ствующего на балластный дроссель во время генерации импульса, до уровня, определяемого предельно допустимым для данного балластного дросселя, следует включить дополнительную емкость (преимущественно до 2000 пФ), подсоединив ее через высокочастотный дроссель параллельно импульсному зажигающему устройству.

Для высоковольтного импульса прямоугольной формы, генерируемого с помощью импульсного трансформатора с замкнутым магнитопроводом, произведение длительности импульса на амплитуду будет ограничиваться размерами и максимально достижимой величиной магнитной индукции сердечника импульсного трансформатора V_{max} . Действительно, для одного витка

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad (1)$$

$$\varepsilon\Delta t = \Delta BS. \quad (2)$$

Для данного сердечника максимальное значение $\varepsilon\Delta t = \text{const}$ для одного витка.

Учитывая (1) и (2), параметры высокочастотного дросселя выбирают, преимущественно исходя из соотношения

$$\Delta BS w \geq 0,5\varepsilon \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon(t) dt, \quad (3)$$

где ΔB – максимально возможное в данной схеме изменение магнитного потока в высокочастотном дросселе во время действия импульса ИЗУ; $\varepsilon(t)$ – функция, описывающая зависимость напряжения от времени в импульсе, генерируемом ИЗУ; $\int_{t_1}^{t_2} \varepsilon(t) dt$ – «площадь» импульса в раз-
 мерности В·с; $(t_2 - t_1)$ – длительность импульса; S – площадь поперечного сечения маг-

нитепровода высокочастотного дросселя; w – число витков обмотки высокочастотного дросселя.

В одном из вариантов ИЗУ, выпол-

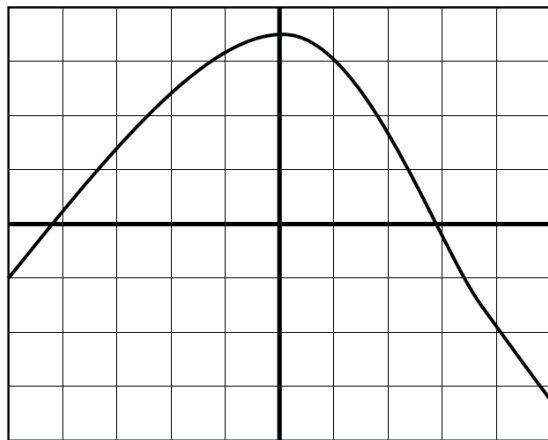


Рисунок 3 – Осциллограмма импульса генерируемого ИЗУ с высокочастотным дросселем на основе сердечника ETD 44 ($w = 80$ витков): 1000 В/дел; 0,5 мкс/дел; «0» – 1 клетка ниже центра экрана

ненного по схеме (рисунок 2б), высокочастотный дроссель был изготовлен на ос-

нове ферритового сердечника ETD 44 ($S = 173 \text{ мм}^2$). Для импульса «площадь» 5000 В2 мкс и $\Delta V = 0,4 \text{ Тл}$ имеем, согласно (3), $w > 73$ витков. На рисунке 3 приведена осциллограмма импульса, генерируемого этим вариантом ИЗУ. В качестве двухвыводного импульсного зажигающего устройства 1 (рисунок 2б) применено ИЗУ-Т 70-1000, осциллограмма импульса которого приведена на рисунке 3.

Из приведенных данных следует, что параметры импульса удовлетворяют требованиям руководства по эксплуатации, приведенные в таблице 1. При этом амплитуда импульса на балластном дросселе не превышала 2000 В.

По сравнению с высоковольтным импульсом, генерируемом ИЗУ Z1000S (рисунок 1), в котором так же использован ферритовый сердечник ETD 44, длительность импульса в предложенном авторами варианте ИЗУ, в 2 раза больше и превышает 2 мкс при 3000 В. Это позволяет более эффективно использовать лампы за счет продления их срока службы в реальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рохлин Г. Н. Справочная книга по светотехнике. М. : Знак, 2006. 972 с.
2. Пат. № 2567739 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 41/00. Устройство для зажигания газоразрядных ламп / Майоров М. И., Майоров А. М., Горюнов В. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева». – № 2014131496/07 ; заявл. 29.07.2014 ; опубл. 10.11.2015 , Бюл. № 31.
3. Пат. №107441 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 41/23. Устройство для зажигания газоразрядных ламп / Майоров М. И., Майоров А. М., Горюнов В. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева». – № 2011108093/07 ; заявл. 02.03.2011 ; опубл. 10.08.2011 , Бюл. № 22.
4. Пат. № 103436 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 41/23. Устройство для зажигания газоразрядной лампы / Майоров М. И., Майоров А. М., Горюнов В. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева». – № 2010140266/07 ; заявл. 01.10.2010, опубл. 10.04.2011 , Бюл. №10.
5. Пат. № 126249 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 41/23 Устройство для зажигания газоразрядных ламп / Майоров М. И., Майоров А. М., Горюнов В. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2012125587/07 ; заявл. 19.06.2012 , опубл. 20.03.2013 , Бюл. № 8.
6. Пат. № 167448 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 41/23 Пускорегулирующий аппарат с импульсным зажигающим устройством / Майоров М. И., Майоров А. М.; заявитель и патентообладатель Майоров Михаил Иванович. – № 2016121783 ; заявл. 31.05.2016 , опубл. 10.01.2017 , Бюл. № 1.

REFERENCES

1. Rokhlin G. N. Spravochnaya kniga po svetotekhnike. M. : Znak, 2006. 972 p.
2. Pat. № 2567739 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁷ N 05 V 41/00. Ustroystvo dlya zazhiganiya

gazorazryadnykh lamp / Mayorov M. I., Mayorov A. M., Goryunov V. A.; заявитель i патентообладатель FGBOU VPO «Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N. P. Ogareva». – № 2014131496/07 ; заявл. 29.07.2014 ; opubl. 10.11.2015 , Byul. № 31.

3. Pat. №107441 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁷ N 05 V 41/23. Ustroystvo dlya zazhiganiya gazorazryadnykh lamp / Mayorov M. I., Mayorov A. M., Goryunov V. A.; заявитель i патентообладатель GOU VPO «Mordovskiy gosudarstvennyy universitet imeni N. P. Ogareva». – № 2011108093/07 ; заявл. 02.03.2011 ; opubl. 10.08.2011 , Byul. № 22.

4. Pat. № 103436 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁷ N 05 V 41/23. Ustroystvo dlya zazhiganiya gazorazryadnoy lampy / Mayorov M. I., Mayorov A. M., Goryunov V. A.; заявитель i патентообладатель GOU VPO «Mordovskiy gosudarstvennyy universitet imeni N. P. Ogareva». – № 2010140266/07 ; заявл. 01.10.2010, opubl. 10.04.2011 , Byul. №10.

5. Pat. № 126249 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁷ N 05 V 41/23 Ustroystvo dlya zazhiganiya gazorazryadnykh lamp / Mayorov M. I., Mayorov A. M., Goryunov V. A.; заявитель i патентообладатель FGBOU VPO «Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N. P. Ogareva». – № 2012125587/07 ; заявл. 19.06.2012, opubl. 20.03.2013 , Byul. № 8.

6. Pat. № 167448 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁷ N 05 V 41/23 Puskoreguliruyushchiy apparat s impul'snym zazhigayushchim ustroystvom / Mayorov M. I., Mayorov A. M.; заявитель i патентообладатель Mayorov Mikhail Ivanovich. – № 2016121783 ; заявл. 31.05.2016, opubl. 10.01.2017 , Byul. № 1.

Майоров Михаил Иванович, доцент, доктор техн. наук, профессор кафедры «Конструкторско-технологическая информатика»

Тел. 8-927-183-53-97

E-mail: mayorovmi@mail.ru

431440, Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Карла Маркса, д. 4, кв. 25

Майоров Александр Михайлович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Конструкторско-технологическая информатика»

Тел. 8-917-694-33-86

E-mail: allexx1383@mail.ru

431440, Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Чкалова, д. 36