

11. Васьяков А. А., Дорохов А. С., Трушина Л. Н. Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2012. № 2 (53). С. 51-53.

**References**

1. Berdyshev V. E., Tseplyaev A. N., Shaprov M. N., Kharlashin A. V., Sedov A. V., Tseplyaev V. A., Borisenko I. B. Theory and Calculation of Technological Parameters of Agricultural Machines. Volgograd, 2018.
2. Borisenko I. B., Pyndak V. I., Novikov A. E. Development of Chisel Tillage Tools and Their Theoretical Justification. Agricultural machinery: maintenance and repair. 2021. № 2. Pp. 12-19.
3. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. Journal of Agricultural Research. 2014. Pp. 941-951.
4. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. Biosystems Engineering. 2018. No 171. Pp. 1-15.
5. Novikov A. E., Borisenko I. B., Chamurliov O. G., Chamurliov G. O., Plyushchikov V. G. Wave Destruction of Closed Soils. Virtual modeling, prototyping and industrial design. 2018. Pp. 422-427.
6. Borisenko I. B., Sidorov A. N., Meznikova M. V., Sytilin M. N. Technological Process of Basic Processing as a Factor of Resource Saving in the Cultivation of Agricultural Crops. Optimization of Agricultural Land Use and Strengthening of the Export Potential of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation on the Basis of Convergent Technologies: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 112-118.
7. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokhov V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
8. Vetokhin V. I. Design of Soil Rippers Based on the Method of Displaying Rational Deformation of the Reservoir. Tractors and agricultural machines. 1994. № 1. Pp. 21-24.
9. Gapich D. S., Motorin V. A., Novikov A. E., Oleynikov R. N. Metallographic Studies of the Alloyed Cutting Edge of the Ploughshare. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 4 (60). Pp. 369-378.
10. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Romanenko V. N. Application of Descriptive Geometry Methods for Graphic Construction of Unfolding Plough Working Surfaces. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 1 (52). Pp. 42-44.
11. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Trushina L. N. Graphic construction of working surfaces of plough bodies. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 2 (53). Pp. 51-53.

**Информация об авторах**

**Швабауэр Юрий Александрович**, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Субботин Станислав Игоревич**, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Гапич Дмитрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

**Author's Information**

**Shvabauer Yuriy Aleksandrovich**, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Subbotin Stanislav Igorevich**, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Gapich Dmitriy Sergeevich**, Doctor Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

**DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42****ENERGY ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF BALLASTS FOR GAS-DISCHARGE LIGHT SOURCES****Rakutko E. N., Rakutko S. A.**

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production  
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru)

Received 31.10.2023

Submitted 29.11.2023

**Summary**

The paper discusses the methodology for energy assessment of the operating efficiency of the "gas-discharge lamp + ballast" set.

**Abstract**

**Introduction.** The problem of energy saving is the most important in various sectors of the agro-industrial complex. This especially applies to optical electrical technologies. Gas-discharge lamps (GL) have long occupied their niche in lighting and irradiation installations used in various energy technology processes. As elements of an electrical circuit, GLs have a number of features that require consideration when analyzing and calculating circuits based on them. **Object** of the study is the operating patterns of the GL type LB-40 when working with ballasts of various types. **The aim** is to adapt the method of analyzing non-sinusoidal alternating current circuits for its use in irradiation installations with GL to identify energy saving reserves. **Materials and methods.** We used an electrical circuit for sequential connection of a GL and ballast of various types: active, for which resistance was used; inductive (we took ballasts of various brands), capacitive. A sinusoidal mains voltage was supplied to the input of the circuit. The instantaneous values of the operating current and voltage on the GL were recorded using an C1-82 oscilloscope. **Results and conclusions.** The resulting oscillograms of current and voltage showed a large non-sinusoidality of the current flowing through the GL with resistive and capacitive ballast. As a consequence, large pulsations of the current are observed. For inductive ballasts of two types, ABI and UBI, the current amplitude coefficient takes the value of 1.38 relative units, which is acceptable. The energy intensity of these types of ballast is 1.38 and 1.21 rel. units, respectively. The efficiency of replacing ABI ballast with UBI as an energy-saving measure is 15%.

**Keywords:** *energy saving, optical electrical technologies, gas-discharge light sources.*

**Citation.** Rakutko E. N., Rakutko S. A. Energy assessment of the efficiency of ballasts for gas-discharge light sources. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 373-381 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42.

**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

631.371:621.327

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЛЛАСТОВ ДЛЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА**

**Ракутько Е. Н., научный сотрудник**

**Ракутько С. А., доктор технических наук, главный научный сотрудник**

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Актуальность.** Проблема энергосбережения является важнейшей в различных отраслях АПК. Особенно это относится к оптическим электротехнологиям. Газоразрядные лампы (ГЛ) достаточно давно заняли свою нишу в осветительных и облучательных установках, применяемых в различных энерготехнологических процессах. Как элементы электрической цепи ГЛ имеют ряд особенностей, требующих учета при анализе и расчете схем на их основе. **Объект исследования** – закономерности работы ГЛ типа ЛБ-40 при ее работе с балластами различных типов. Цель – адаптация метода анализа цепей несинусоидального переменного тока для его использования в облучательных установках с ГЛ при выявлении резервов энергосбережения. **Материалы и методы.** Использовали электрическую схему последовательного включения ГЛ и балласта различных типов: активного, в качестве которого использовали сопротивление; индуктивного (брали балласты различных марок), емкостного. На вход схемы подавали синусоидальное сетевое напряжение. Фиксировали мгновенные значения рабочего тока и напряжения на лампе с помощью осциллографа С1-82. **Результаты и выводы.** Полученные осциллограммы тока и напряжений показали большую несинусоидальность тока, протекающего через ГЛ при резистивном и емкостном балласте. Как следствие, при этом наблюдаются большие пульсации тока. Для индуктивных балластов двух типов, АБИ и УБИ, коэффициент амплитуды тока принимает значение 1,38 отн.ед., что является допустимым. Энергоемкость этих типов балласта составляют 1,38 и 1,21 отн.ед. соответственно. Эффективность замены балласта АБИ на УБИ как энергосберегающего мероприятия составляет 15%.

**Ключевые слова:** *энергосбережение, оптические электротехнологии, газоразрядные источники света.*

**Цитирование.** Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Энергетическая оценка эффективности балластов для газоразрядных источников света. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 373-381. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-42.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Газоразрядные источники света, или газоразрядные лампы (ГЛ) достаточно давно заняли свою нишу в осветительных и облучательных установках, применяемых в различных энерготехнологических процессах (ЭТП). Лампы являются широко распространенными источниками оптического излучения (ОИ). Как результат постоянного инженерного поиска они постоянно совершенствуются в плане повышения эффективности генерации излучения и удельной мощности разряда [1].

Принцип действия ГЛ заключается в использовании явления возникновения потока излучения при протекании электрического тока через газовую среду. Они широко используются в промышленных и технических приложениях [2]. Процессы зажигания и стабилизации газоразрядных ламп достаточно подробно рассмотрены в различных литературных источниках [3]. Суть процесса заключается в том, что получив дополнительную энергию от протекающего тока, электроны в атомах среды, наполняющей ГЛ, переходят на более высокие орбитали. Затем возвращаются на стабильный уровень, испуская фотоны в ультрафиолетовой (УФ) части спектра. Созданное УФ излучение затем преобразуется в видимый свет с помощью возбуждения флуоресцентного покрытия на стеклянной колбе ГЛ [4]. Для излучения желательного спектра специальным образом подбирается химический состав покрытия [5].

Как элементы электрической цепи ГЛ имеют ряд особенностей, требующих учета при анализе и расчете схем на их основе. Данный тип ламп включается в сеть с помощью пускорегулирующего аппарата (ПРА), необходимый для зажигания разряда в лампе и его стабилизации. В простейшем случае ПРА представляет собой балластное сопротивление (или просто балласт). В силу того, что ПРА имеет некоторое электрическое сопротивление, а также реактивного характера их элементов, часть энергии, потребляемой схемой из сети, формирует потери, что приводит к снижению коэффициента мощности [6]. Потери необходимо учитывать при расчете электрических схем [7].

Таким образом, использование ГЛ в оптических электротехнологиях (ОЭТ), основанных на использовании оптического излучения (ОИ) для облучения животных, птицы, растений сопряжено с проблемами энергосбережения [8]. Следует так же учитывать, что на генерирование ОИ затрачивается до 20% используемой энергии [9]. Возникающие потери влияют так же на экологичность ОЭТ. Поэтому повышение энергоэкологичности применения ОЭТ является достаточно актуальным.

Теоретический подход к энергосбережению предусматривает анализ потока энергии в рассматриваемом технологическом процессе. Потери в каждом отдельном его этапе определяют общую эффективность использования энергии [10]. Такой подход позволяет спроектировать проведение отдельных энергосберегающих мероприятий, оценить их эффективность, обосновать режимы различных процессов, сформировать энергосберегающий алгоритм управления [11].

ЭТП в отраслях сельского хозяйства в целом не обладают высокой эффективностью использования энергетических ресурсов. Особенно это справедливо для ОЭТ. Однако действие энергии ОИ на живой организм не имеет альтернативы в силу уникальности производимого эффекта [12, 13]. Поэтому следует ожидать увеличения масштабов применения ОИ в сельском хозяйстве в перспективе, что выводит вопросы энерго- и ресурсосбережения в установках ОИ на первоочередной план [14].

В связи с этим изучение характеристик ГЛ и методов оценки эффективности цепей с ГЛ представляет собой важную научную и практическую задачу [15]. Оценка эффективности является необходимым этапом разработки энергосберегающих мероприятий (ЭСМ), позволяющих обеспечить меньшую энергоемкости процесса.

*Целью исследования* является адаптация метода анализа цепей несинусоидального переменного тока для его использования в облучательных установках с газоразрядными лампами при выявлении резервов энергосбережения.

**Материалы и методы.** Использовали электрическую схему последовательного включения лампы  $E$  и балласта  $L$  (рисунки 1). На вход схемы подавали синусоидальное сетевое напряжение  $u_c$ . Фиксировали рабочий ток через цепь  $i$  и рабочее напряжение  $u_L$ .

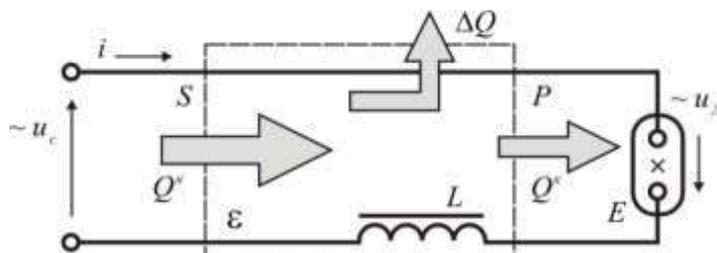


Рисунок 1 – Схема к анализу энергетической эффективности балласта  
Figure 1 – Scheme for analyzing the energy efficiency of ballast

Схему включения характеризовали потребляемой энергией  $Q_n$  (полной мощностью  $S$ ), которая формирует энергию потерь  $\Delta Q$  и полезную энергию, передаваемую лампе  $Q_k$  (активную мощность  $P$ ). В качестве основного параметра, характеризующего энергетическую эффективность балласта, использовали величину энергоемкости  $\varepsilon$ , отн.ед., вычисляемую по формуле

$$\varepsilon = \frac{Q_n}{Q_k} = \frac{S}{P}. \quad (1)$$

При анализе цепей переменного тока, в том числе с ГЛ, используют величину коэффициента мощности или коэффициента искажения.

$$\cos \varphi = \frac{1}{\varepsilon}. \quad (2)$$

Эта величина не имеет наглядной интерпретации как угол сдвига между кривыми мгновенных значений тока и напряжения на лампе, а характеризует степень отклонения кривых от синусоидальных.

ЭСМ на данном этапе преобразования энергии является выбор балласта с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость ( $\varepsilon' < \varepsilon$ ). Значение коэффициента эффективности ЭСМ  $k^{ЭСМ}$ , отн. ед., определяли по формуле

$$k^{ЭСМ} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}. \quad (3)$$

Величины  $u_d$  и  $i$  при работе ГЛ принимают различные мгновенные значения при изменении  $u_c$  в течение периода  $T$ .

Действующее значение тока за период определяли по формуле

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (4)$$

Вычисляли значение коэффициента амплитуды, который характеризует форму кривой тока

$$k_a = \frac{I_m}{I}, \quad (5)$$

где  $I_m$  – амплитудное (максимальное) значение тока.

Известно, что для синусоидального тока

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad k_a = \frac{I_m}{I} = \sqrt{2}.$$

Чем больше значение  $k_a$  отличается от  $\sqrt{2}$ , тем больше кривая тока отличается от синусоиды. Балластное устройство должно обеспечивать выполнение условия  $k_a < 1,7$ . При больших значениях  $k_a$  существенно сокращается продолжительность работы ГЛ [16].

Исследовали работу лампы типа ЛБ 40 (мощностью  $P=40$  Вт) с балластами различных типов: активном, в качестве которого использовали сопротивление; индуктивном (брали балласты различных марок), емкостном. Мгновенные значения величин определяли с помощью осциллографа С1-82.

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием пакета EXCEL.

**Результаты и обсуждение.**

На рисунке 2 показаны усредненные (с сохранением характерных соотношений) осциллограммы мгновенных значений величин, характеризующих работу ГЛ, при работе с различными видами балластного сопротивления: а) активном; б) индуктивном; в) емкостном. Кривые получены путем анализа литературных источников и собственных измерений.

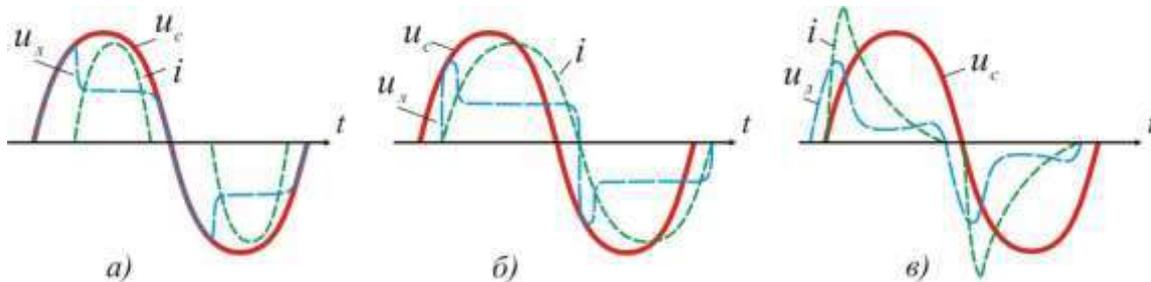


Рисунок 2 – Осциллограммы мгновенных значений величин для различных видов балласта  
Figure 2 – Oscillograms of instantaneous values of quantities for various types of ballast

Выявлено, что при активном и емкостном балласте форма кривой тока существенно отличается от синусоидальной. Что бы обеспечивался нормальный срок службы ГЛ, эта кривая должна быть близка к синусоидальной. Поэтому дальнейшие измерения проводили на индуктивных балластах двух различных марок. Форма тока у них близка к синусоидальной.

На рисунке 3 показаны снятые с экрана осциллографа мгновенные значения тока  $i$  (масштаб  $\mu_i = 0,01$  А/дел) и напряжения (масштаб  $\mu_u = 2$  В/дел.). Кривая  $u$  соответствует балласту марки АБИ 40/220, кривая  $u'$  – балласту марки УБИ. В таблице 1 указаны мгновенные значения тока и напряжений для последующего численного анализа.

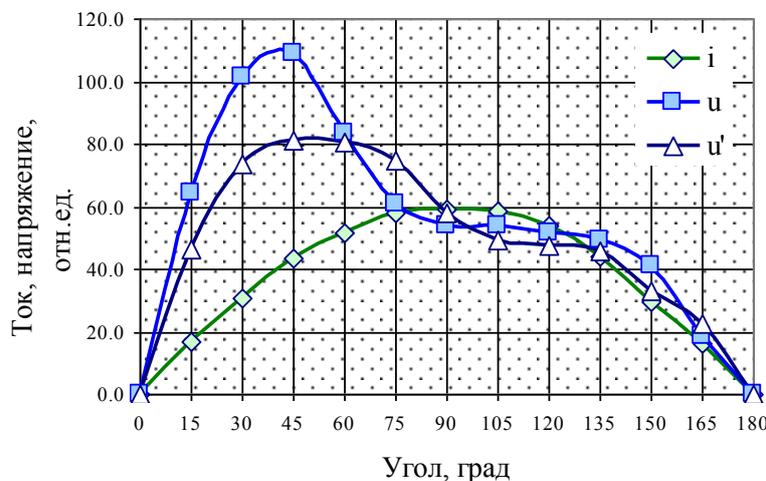


Рисунок 3 – Осциллограммы тока и напряжений для балластов различных марок  
Figure 3 – Oscillograms of current and voltage for ballasts of various types

Таблица 1 – Мгновенные значения тока и напряжений  
Table 1 – Instantaneous current and voltage values

k	Угол $\alpha$ , град / Corner $\alpha$ , degree	$i$ , отн.ед. / $i$ , Relative Units	$u$ , отн.ед. / Relative Units	$u'$ , отн.ед. / Relative Units	$i^2$	$u^2$	$u'^2$
0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	15	16,9	64,4	46,5	285,6	4140,9	2162,3
2	30	30,7	101,4	73,8	942,5	10282,0	5446,4
3	45	43,5	109,2	81,3	1892,3	11924,6	6609,7
4	60	51,8	83,3	80,9	2683,2	6930,6	6536,7
5	75	58,0	60,9	74,9	3364,0	3708,8	5602,5
6	90	59,3	54,0	58,1	3516,5	2916,0	3369,8
7	105	58,7	54,0	49,5	3445,7	2916,0	2450,3
8	120	54,0	51,8	47,6	2916,0	2678,1	2261,0
9	135	43,8	49,5	45,8	1918,4	2450,3	2093,1
10	150	29,6	41,0	33,3	876,2	1676,9	1108,9
11	165	16,3	18,8	22,4	265,7	351,6	499,5
12	180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\Sigma =$					22106,1	49975,7	38140,2

Действующие значения тока  $|I|$  и напряжения  $|U|$  для балласта первого типа

$$|I| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} i^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 22106,1^2} = 43 \text{ отн.ед.}$$

$$|U| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} u^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 49975,7^2} = 64,53 \text{ отн.ед.}$$

Коэффициент амплитуды

$$k_a = \frac{59,3}{43} = 1,38 \text{ отн.ед.}$$

Действующие значения тока  $I$  и напряжения  $U$  в физических единицах

$$I = |I| \cdot \mu_I = 43 \cdot 0,01 = 0,43 \text{ А}$$

$$U = |U| \cdot \mu_U = 64,53 \cdot 2 = 129,07 \text{ В}$$

Полная мощность

$$S = I \cdot U = 0,49 \cdot 129,07 = 55,4 \text{ ВА}$$

Энергоёмкость балласта марки АБИ  $\varepsilon = 1,38$  отн.ед. (коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,72$  отн.ед.).

Для балласта марки УБИ аналогичные вычисления провели по кривой  $u'$ . Действующее значение напряжения  $|U'|$

$$|U'| = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u'^2 dt} \approx \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} u'^2} = \sqrt{\frac{2}{24} \sum_{k=1}^{12} 38140,2^2} = 56,4 \text{ отн.ед.}$$

Действующее значение напряжения  $U'$  в физических единицах

$$U' = |U'| \cdot \mu_U = 112,7 \text{ В.}$$

Полная мощность

$$S' = I \cdot U' = 0,49 \cdot 112,7 = 48,4 \text{ ВА}$$

Энергоемкость балласта марки УБИ  $\varepsilon' = 1,21$  отн.ед. (коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,83$  отн.ед.).

Энергосберегающим мероприятием (ЭСМ) на данном этапе преобразования энергии в облучательной установке с ГЛ является выбор ПРА с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость.

Применение балласта марки УБИ по сравнению с балластом марки АБИ обеспечивает значение коэффициента эффективности ЭСМ

$$k^{\text{ЭСМ}} = \varepsilon / \varepsilon' = 1,15 \text{ отн.ед.}$$

Эксперименты с балластами различных типов показали существенные различия мгновенных значений токов и напряжений в цепи питания ГЛ. Рассмотрим работу с *активным* балластным сопротивлением. Кривые мгновенных значений напряжения на ГЛ и тока изменяются в соответствии с ее динамической ВАХ по определенным закономерностям. До того, как мгновенное значение сетевого напряжения не сравняется с напряжением зажигания, ток через схему практически не проходит. Затем происходит газовый пробой, лампа зажигается, и напряжение на ней остается равным напряжению горения. В момент достижения мгновенного значения сетевого напряжения величины напряжения погасания, разряд в лампе гаснет и ток в цепи прекращается. Общая продолжительность токовых пауз составляет значительную величину, что существенно ухудшает показатели работы лампы. Недостатками такой схемы является существенное отличие кривой мгновенных значений тока от синусоидальной, пониженный срок службы электродов, значительный расход электроэнергии.

*Индуктивный* балласт обеспечивает кривую мгновенных значений силы тока, близкую к синусоидальной. Процесс зажигания разряда происходит без заметной токовой паузы благодаря сдвигу фаз между напряжением сети и на лампе. В момент перехода тока через нулевое значение к зажимам лампы оказывается приложенным значительное мгновенное напряжение сети. При использовании такой схемы режим работы электродов облегчен, потери мощности значительно ниже. Однако индуктивный балласт дорог и материалоемок.

*Емкостный* балласт существенно искажает кривую тока. Применение конденсатора не позволяет ограничить максимальное значение тока. В течение полупериода изменения сетевого напряжения наблюдаются большие броски тока, после которых следуют токовые паузы. Применение такого балласта существенно снижает срок службы электродов.

Полученные экспериментально данные хорошо согласуются с известными закономерностями [17].

При любом виде балластного сопротивления отсутствует как таковой тот самый угол  $\varphi$ , косинус которого принято вычислять в электротехнических расчетах как коэффициент мощности. Однако активная мощность лампы  $P$  не равна произведению действующих значений тока  $I$  и напряжения на лампе  $U$ , поскольку кривые мгновенных значений этих величин несинусоидальны и отличаются по форме. Вычисление энергоемкости балласта и его коэффициента мощности возможно с применением предложенной методики.

ЭСМ в рассмотренном примере является выбор балласта с такими электрическими характеристиками, при которых обеспечивается меньшая энергоемкость. Замена балласта более старой марки АБИ ( $\varepsilon = 1,38$  отн.ед.) на более современный марки УБИ ( $\varepsilon' = 1,21$  отн.ед.) обеспечивает повышение энергоэффективности на 15%.

**Выводы.** Полученные осциллограммы токов и напряжений в цепи питания ГЛ через балласты различных типов показали большую несинусоидальность тока, протекающего через лампу при резистивном и емкостном балластах. Как следствие, при этом наблюдаются большие пульсации тока, неприемлемые в случае облучения биологических объектов.

Для индуктивных балластов двух типов, АБИ и УБИ, коэффициент амплитуды тока принимает допустимое значение 1,38 отн.ед. Энергоемкости этих типов балласта составляют 1,38 и 1,21 отн.ед. соответственно.

Эффективность замены балласта АБИ на УБИ как энергосберегающего мероприятия составляет 15%.

**Conclusions.** The obtained oscillograms of currents and voltages in the GL power circuit through ballasts of various types showed a large non-sinusoidal current flowing through the lamp with resistive and capacitive ballast. As a consequence, large current pulsations are observed, which are unacceptable in the case of irradiation of biological objects. For inductive ballasts of two types, ABI and UBI, the current amplitude coefficient takes on an acceptable value of 1.38 relative units. The energy intensity of these types of ballast is 1.38 and 1.21 rel. units respectively. The effectiveness of replacing ABI ballast with UBI as an energy-saving measure is 15%.

#### Библиографический список

1. Левченко В. А. Увеличение физического срока службы мощных газоразрядных ламп низкого давления. Прикладная физика. 2015. № 5. С. 90-94.
2. Середенко Р. А. Классификация электрических разрядов на основе различных параметров. Качество жизни населения и экология: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 116-119.
3. Козлов Д. Г., Савицкас Р. К. К вопросу о процессах зажигания и стабилизации функционирования газоразрядных ламп. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (45). С. 61-64.
4. Lister G., Liu Y. Low-Pressure Gas Discharge Lamps. Handbook of Advanced Lighting Technology. 2017.
5. Заварина У. А., Микаева С. А. Люминесцентные лампы. Наука. Исследования. Практика. 2020. С. 91-93.
6. Сапрыка А. В., Вендин С. В., Рощубкин П. В. Влияние вольт-амперных характеристик газоразрядных ламп на работу осветительных установок в городских электрических сетях. Научно-технические инновации. 2019. С. 54-58.
7. Лакомов И. В., Помогаев Ю. М., Аксенов И. И. Особенности расчета электрической сети с газоразрядными лампами. Современные научно-практические решения в АПК. 2017. С. 132-135.
8. Ovchukova S. A., Kondratieva N. P., Kovalenko O. Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. Light & Engineering. 2021. № 29 (2). Pp. 21-25.
9. Ahmed S. Electronic ballast circuit configurations for fluorescent lamps. Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET). 2015.
10. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светокультуры. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 3. С. 11-17.
11. Карпов В. Н., Ракутько С. А. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. Санкт-Петербург, 2010.
12. Раджабов Р. Г., Иванова Н. В. Влияние инфракрасного облучения вымени нетелей на молочную продуктивность первотелок. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 4-1 (38). С. 65-69.
13. Довлатов И. М., Юферев Л. Ю. Анализ спектров поглощения электромагнитного излучения пигментами растений. Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 146-153.
14. Карпов В. Н. Практическое управление энергоэффективностью предприятия. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 118-125.
15. Гулин С. В., Ракутько С. А. Эффективность спектростабилизирующего регулирования потока разрядных источников излучения с позиций прикладной теории энергосбережения. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 28. С. 377-383.
16. Семенов А. Д., Волков А. В. Экспериментальная апробация математической модели натриевых ламп высокого давления. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 1. С. 136-139.
17. Малышев А. Новое - хорошо забытое старое: особенности питания бактерицидных и люминесцентных ламп и выбор ЭПРА для них. Полупроводниковая светотехника. 2021. № 6 (74). С. 26-30.

#### References

1. Levchenko V. A. Increasing the Physical Service Life of High-Power Low-Pressure Discharge Lamps. Applied Physics. 2015. № 5. Pp. 90-94.
2. Seredenko R. A. Classification of Electrical Discharges Based on Various Parameters. Quality of Life of the Population and Ecology: Collection of Articles of the III All-Russian Scientific and Practical Conference. Penza, 2023. Pp. 116-119.
3. Kozlov D. G., Savitskas R. K. On the Process of Ignition and Stabilization of the Functioning of Gas-Discharge Lamps. Proceedings of the Voronezh State Agrarian University. 2015. № 2 (45). Pp. 61-64.
4. Lister G., Liu Y. Low-Pressure Gas Discharge Lamps. Handbook of Advanced Lighting Technology. 2017.
5. Zavarina U. A., Mikaeva S. A. Fluorescent lamps. Science. Investigations. Practice. 2020. Pp. 91-93.
6. Sapryka A. V., Vendin S. V., Roshchubkin P. V. Influence of Volt-Ampere Characteristics of Gas-Discharge Lamps on the Operation of Lighting Installations in Urban Electric Networks. Knowledge-intensive technologies and innovations. 2019. Pp. 54-58.
7. Lakomov I. V., Pomogaev Y. M., Aksenov I. I. Features of Calculation of the Electric Network with Gas Discharge Lamps. Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex. 2017. Pp. 132-135.
8. Ovchukova S. A., Kondratieva N. P., Kovalenko O. Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. Light & Engineering. 2021. № 29 (2). Pp. 21-25.

9. Ahmed S. Electronic ballast circuit configurations for fluorescent lamps. Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET). 2015.
10. Rakutko S. A., Rakutko E. N. Modeling and Numerical Analysis of Energy Ecology of Light Culture. Agricultural Machinery and Technologies. 2019. V. 13. № 3. Pp. 11-17.
11. Karpov V. N., Rakutko S. A. Energy Saving in Optical Electrotechnologies of the Agro-Industrial Complex. Applied Theory and Particular Methods. St. Petersburg, 2010.
12. Radjabov R. G., Ivanova N. V. Effect of infrared irradiation of heifer udders on milk productivity of first-calf heifers. Proceedings of the Donskoi State Agrarian University. 2020. № 4-1 (38). Pp. 65-69.
13. Dovlatov I. M., Yuferev L. Y. Analysis of Absorption Spectra of Electromagnetic Radiation by Plant Pigments. Innovations in agriculture. 2019. № 2 (31). Pp. 146-153.
14. Karpov V. N. Practical management of energy efficiency of the enterprise. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. № 55. Pp. 118-125.
15. Gulin S. V., Rakutko S. A. Efficiency of Spectralizing Control of the Flow of Discharge Radiation Sources from the Standpoint of the Applied Theory of Energy Saving. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2012. № 28. Pp. 377-383.
16. Semenov A. D., Volkov A. V. Experimental Approbation of a Mathematical Model of High Pressure Sodium Lamps. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2018. № 1. Pp. 136-139.
17. Malyshev A. New – well-forgotten old: features of nutrition of bactericidal and fluorescent lamps and the choice of EPRA for them. Semiconductor lighting engineering. 2021. № 6 (74). Pp. 26-30.

#### Информация об авторах

**Ракутько Елена Николаевна**, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филтровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: [elena.rakutko@mail.ru](mailto:elena.rakutko@mail.ru)

**Ракутько Сергей Анатольевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филтровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru)

#### Author's Information

**Rakutko Elena Nikolaevna**, Researcher of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filtrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: [elena.rakutko@mail.ru](mailto:elena.rakutko@mail.ru)

**Rakutko Sergey Anatolyevich**, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filtrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-43

## APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS FOR INSPECTION OF HYDRAULIC STRUCTURES

**Istomin A. P., Solodovnikov D. A., Istomin S. A., Kovalenko I. A.**

*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences"  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [istomin-ap@vfanc.ru](mailto:istomin-ap@vfanc.ru)

Received 18.09.2023

Submitted 29.11.2023

**The research was carried out within the framework of the state task FNFE-2022-0004 "Reclamation complexes: assessment, control of the state and management of processes using digital technologies"**

#### Abstract

**Introduction.** A significant number of hydraulic structures (GTS) located on the territory of the Volgograd region are in an accident and inoperable condition. The unsatisfactory technical condition of the GTS has a negative impact on the security of settlements and economic facilities, the ecological condition of the territory, the integrated use of water resources of the Facility. **Object.** The object of research is the overflow dam on the Arable Erik of the Kashirinsky water tract. **Materials and methods.** The research was carried out using the GPR "Oko-3", equipped with a 2-frequency antenna unit 150 + 400 MHz. Georadiolocation survey is a non-destructive research method, which is based on the phenomenon of reflection of electromagnetic waves from surfaces on which electrical properties change. **Results and conclusions.** As a result of the georadiolocation study of the overflow dam on the Arable bridge of the Kashirinsky waterway, it was found that voids and pronounced soil decompression were not found to be critically dangerous for the hydraulic structure. The studies allowed to identify and localize inhomogeneities in the body of the dam, expressed in areas of disturbed soil structure in the body of the dam, as well as local areas of increased soil moisture. The use of non-destructive testing methods, including the use of such modern equipment as the GPR "Oko-3" with a 2-frequency antenna unit 150 + 400 MHz allows for a high degree of accuracy to carry out a survey of hydraulic structures.