

УДК: 621.311(075)

ЭНЕРГОИНЖИНИРИНГ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СЕЛЕКЦИОННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Голубова О.С., Гулин С.В. *ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет». Санкт-Петербург, Пушкин, Россия (196601, СПб, Пушкин, Петербургское шоссе, д.2), e-mail: olga-muzycheva@mail.ru*

В статье изложены причины необходимости учета материальных и энергетических потерь, которые вызваны перерасходом электроэнергии, увеличением установленной мощности и сокращением срока службы ламп. Исходные данные для расчета экономической эффективности стабилизации определяются с учетом реальных отклонений напряжения U_c (для действующих облучательных установок) или с учетом существующих норм и стандартов на качество напряжения (для проектируемых облучательных установок). Для оценки эффективности использовались статистические характеристики отклонения напряжения на шинах трансформаторной подстанции комплекса. С учетом предварительной информации измерения напряжения велись в диапазоне 0...20% от номинального. Анализ полученных данных показывает на существенный (до 18%) перерасход электроэнергии при сокращении срока службы ламп на 18—20%. В климатических сооружениях нестабильность U_c ведет к нарушению условий биологических экспериментов ввиду колебаний спектра и интенсивности излучения ГЛ. Компенсация отклонений U_c позволит снизить расход электроэнергии более чем на 25% и сократить годовую потребность в лампах на 20%.

Ключевые слова: облучательная установка, отклонение напряжения, учет, энергетические потери, эффективность

POWER ENGINEERING OF SPECTRAL PARAMETERS OF IRRADIATOR UNITS IN SELECTION CLIMATIC CONSTRUCTIONS

Golubova O.S., Gulin S.V. *St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, Russia (196601, St.-Peterburg, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2) e-mail: olga-muzycheva@mail.ru*

This article explains the necessity of assessing material and power losses that are caused by the over-expenditure of electricity, the increase of the installed capacity and the reduction of the lamps' operating period. Background data for the calculation of the economic efficiency of stabilization has been specified in accordance with the actual voltage deviations U_c (for active irradiation facilities) or in accordance with the applicable rules and standards for the voltage quality (for irradiation facilities on the project stage). In order to evaluate the efficiency, statistical characteristics of the voltage deviation on busbars of the transformer substation of the complex have been used. Analysis of the data received demonstrates the significant (up to 18%) over-expenditure of electricity accompanied by the reduction of operating period of the lamps up to 18-20%. In the climate buildings U_c instability leads to violation of conditions of biological experiments due to fluctuation of the spectrum and intensity of gas-discharge lamps radiation. Correction of U_c deviations will allow to decrease the electricity consumption up to more than 25% and reduce the yearly need in lamps up to 20%.

Keywords: irradiation unit, voltage deviation, accounting, power losses, efficiency

В соответствии с данными биологических исследований [2] заданная спектральная плотность и интенсивность излучения газоразрядных ламп (ГЛ) являются важнейшими параметрами радиационного режима селекционных климатических сооружений (СКС).

До настоящего времени не выработана четкая методика оценки влияния на продуктивность растений колебаний спектра и интенсивности излучения, поступающего от ГЛ. Поэтому при инжиниринге показателей параметров ГЛ ограничимся учетом материальных и энергетических потерь, вызванных перерасходом электроэнергии, увеличением установленной мощности и сокращением срока службы ГЛ [1].

Экономический эффект от внедрения устройств стабилизации в действующие облучательные установки СКС будет определяться разностью между затратами на стабилизацию параметров ГЛ и дополнительными затратами, обусловленными нестабильностью U_c . Тогда экономию от внедрения стабилизации \mathcal{E}_c в общем виде можно представить как

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{Z}_л - (E_n K_c + I_c), \quad (1)$$

где $\mathcal{Z}_л$ – дополнительные затраты, обусловленные нестабильностью U_c , руб.;

K_c – капитальные затраты на стабилизацию параметров ГЛ, руб.;

E_n – нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений;

I_c – эксплуатационные издержки на стабилизацию, руб.

Дополнительные затраты, обусловленные отклонениями параметров ГЛ, в соответствии с общими положениями для осветительных установок [4] и с учетом специфики облучения растений включают в себя:

1. Затраты (\mathcal{Z}_y) на установку дополнительных мощностей ГЛ для обеспечения гарантированного минимума облученности физиологически активной радиации (ФАР) не ниже нормируемого. Сюда входят затраты на ГЛ, пускорегулирующую и установочную аппаратуру, на дополнительные мощности в энергосистеме .
2. Затраты на дополнительно израсходованную электроэнергию ($\mathcal{Z}_э$).
3. Дополнительные затраты на приобретение и преждевременную замену ГЛ в результате сокращения срока их службы ($\mathcal{Z}_л$).

Тогда суммарные затраты определяются как

$$\mathcal{Z}_c = \mathcal{Z}_y + \mathcal{Z}_л + \mathcal{Z}_э. \quad (2)$$

Рассмотрим составляющие \mathcal{Z}_c .

Сумма затрат на установку дополнительных мощностей ГЛ для обеспечения гарантированной облученности ФАР определится как

$$\mathcal{Z}_y = P_n (C_л + C_y + C_m) (K_d - 1), \quad (3)$$

где P_n – номинальная мощность облучательной установки, кВт,

$C_л$, C_y , C_m – стоимость 1 кВт установленной мощности ГЛ, пускорегулирующей аппаратуры, мощности в энергосистеме, руб.;

K_d – коэффициент дополнительно установленной мощности, определяемый по номограммам [5].

Затраты на дополнительно израсходованную электроэнергию определяются из выражения

$$Z_3 = C_3 P_{нт} (K_3 - 1), \quad (4)$$

где C_3 – стоимость 1 кВт.ч электроэнергии, руб;

K_3 – коэффициент дополнительного расхода электроэнергии, определяемый по тем же номограммам,

t – время работы облучательной установки, час.

Затраты, обусловленные преждевременной заменой ГЛ, можно представить в виде

$$Z_{л} = (C_{л} + C_3)(1 - K_{л})P_{н} \quad (5)$$

где $(C_{л} + C_3)$ – стоимость 1 кВт ГЛ и их замены, руб.;

$K_{л}$ – коэффициент сокращения срока службы ГЛ.

Исходные данные для расчета экономической эффективности стабилизации определяются с учетом реальных отклонений напряжения U_c (для действующих облучательных установок) или с учетом существующих норм и стандартов на качество напряжения (для проектируемых облучательных установок). Величина экономического эффекта зависит от величины и длительности отклонений напряжения, мощности облучательных установок, числа часов работы ГЛ в году, стоимости ГЛ и пускорегулирующей аппаратуры, затрат на устройства

В соответствии с изложенной инжиниринговой методикой была осуществлена оценка эффективности применения устройств стабилизации в селекционном комплексе Всероссийского института растениеводства (ВИР). Комплекс включает в себя 3000 га селекционных теплиц и более 30 камер искусственного климата. При этом более 70% потребляемой электроэнергии приходится на облучательные установки.

Для оценки эффективности использовались статистические характеристики отклонения напряжения на шинах трансформаторной подстанции комплекса. С учетом предварительной информации измерения напряжения велись в диапазоне 0...20% от номинального. Вероятность попадания контролируемого сигнала в заданный интервал $P(x)$ и среднеквадратичное отклонение $\sigma(x)$ определялись циклически в целом за сутки и за три временных интервала по 8 часов. Результаты измерений приведены в таблице 1. Математическое ожидание отклонения напряжения в течение суток составило 24,5 В, что соответствует напряжению в контрольной точке сети 404,5 В. Величины математических ожиданий перерасхода электроэнергии, сокращения срока службы ГЛ, отклонения потока излучения ФАР и спектральных диапазонов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Математические ожидания отклонений основных параметров облучательных установок селекционного комплекса ВИР

Параметры	Тип газоразрядных ламп			
	ДМ4-6000	ДРИ-2000	ДНаТ-400	ДРЛФ-400
Отклонение напряжения, %	6,3	6,3	6,3	6,3
Увеличение потребляемой мощности и расхода электроэнергии, %	17	15	16	18
Сокращение срока службы ГЛ, %	20	18	18	18
Отклонение излучения спектральных диапазонов, %				
400 - 700 нм	32	28	26	22
400 -500 нм	20	19	24	–
500 - 600 нм	24	22	16	–
600 - 700 нм	79	68	35	–

Анализ полученных данных показывает на существенный (до 18%) перерасход электроэнергии при сокращении срока службы ГЛ на 18–20%. В климатических сооружениях нестабильность U_Q ведет к нарушению условий биологических экспериментов ввиду колебаний спектра и интенсивности излучения ГЛ. Математическое ожидание отклонения интенсивности ФАР составило величину 22–28% номинальной. При этом отклонения излучения синего, зеленого и красного спектральных диапазонов достигают соответственно до 24, 22 и 68% от их номинальных значений.

При проектировании облучательных установок для теплиц и СКС нестабильность U_c учитывается в принятом коэффициенте запаса, величина которого доходит до 1,5 [3]. Это ведет к дополнительным потерям, обусловленный завышенной установленной мощностью облучательных установок.

Компенсация отклонений U_c позволит снизить расход электроэнергии более чем на 25% и сократить годовую потребность в лампах на 20%.

Литература

1. **Беззубцева М.М., Гулин С.В., Пиркин А.Г.** Менеджмент и инжиниринг в энергетической сфере агропромышленного комплекса. Учебное пособие. СПб.: СПбГАУ, 2016. – 152с.

2. **Тихомиров А.А.** Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы / А.А. Тихомиров, Шарупич В.П., Лисовский Г.М. – Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213 с.
3. **Гулин С.В.** Энергетическая эффективность спектральных параметров облучательных установок селекционных климатических сооружений// Известия МААО, №18 – 2013 – С.8-11.
4. **Гулин С.В.** Регулирование мощности газоразрядных источников облучения растений в вегетационных климатических установках// Проблемы механизации и электрификации сельского хозяйства. – Краснодар, 2014 – С.232-235.
5. **Гулин С.В.** Энергетические потери в облучательных установках при нестабильности питания/ С.В.Гулин// Энерго- и ресурсосберегающие технологические процессы оптического облучения в АПК: Сб. научных трудов СПбГАУ. СПб., 1992.– С. 13-20.

References

1. **Bezzubceva M.M., Gulin S.V., Pirkin A.G.** Management and engineering in the energy sector of the agro-industrial complex. Tutorial. SPb.: SPbGAU, 2016. – 152s.
2. **Tihomirov A.A.** Plant light culture: biophysical and biotechnological basis / A.A. Tihomirov, Sharupich V.P., Lisovskij G.M. – Novosibirsk: Izd. Sib. otd. RAN, 2000. – 213 s.
3. **Gulin S.V.** Energy efficiency of spectral parameters of irradiation installations of selection climatic structures // Izvestija MAAO, №18 – 2013 – С.8 -11.
4. **Gulin S.V.** Regulation of the power of gas-discharge sources of plant irradiation in vegetation climatic installations // Problems of mechanization and electrification of agriculture. – Krasnodar, 2014 – С.232-235.
5. **Gulin S.V.** Energy losses in irradiators with instability of feeding / S.V.Gulin // Energy and resource saving technological processes of optical irradiation in the agroindustrial complex, 1992.– S. 13-20.