

О зависимости уровня гармоник тока тепличных облучателей от уровня питающего напряжения

Н.П. КОНДРАТЬЕВА¹, Д.А. ФИЛАТОВ², П.В. ТЕРЕНТЬЕВ²

¹ Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск

² Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород

E-mail: filatov_da@inbox.ru

Аннотация

В статье показаны результаты исследования влияния уровня питающего напряжения на гармонический состав токов тепличных облучателей. Установлено, что его изменение влияет на уровень гармоник тока всех типов исследованных тепличных облучателей. При снижении номинального питающего напряжения на 10 % коэффициент нелинейного искажения по току THD_i снижается на 9 % для облучателей с лампами «ДНаЗ», на 10 % для облучателей с индукционными лампами и на 3 % для облучателей со светодиодами. При повышении номинального напряжения на 10 % THD_i повышается на 23 % для облучателей с лампами «ДНаЗ», на 10 % для облучателей с индукционными лампами и на 3 % для облучателей со светодиодами. Таким образом, наименьшее влияние изменение уровня питающего напряжения оказывает на уровень гармоник тока облучателей со светодиодами, а затем – облучателей с индукционными лампами. Наибольшее влияние изменение уровня питающего напряжения оказывает на уровень гармоник тока облучателей с лампами «ДНаЗ». Получены математические модели зависимости THD_i от уровня питающего напряжения для тепличных облучателей со светодиодами, с индукционными лампами и с лампами «ДНаЗ». Эти математические модели могут использоваться в расчётах полного тока при выборе трансформаторов и кабельных линий питания тепличных облучателей, при проектировании новых или реконструкции действующих систем облучения тепличных комбинатов и при расчётах потерь электроэнергии в электрических сетях тепличных комбинатов при технико-экономическом обосновании проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Ключевые слова: тепличные облучатели, питающее напряжение, общее гармоническое искажение по току.

Введение

Облучатели со светодиодами (СД) и с индукционными люминесцентными безэлектродными лампами (ИЛ), спектр излучения которых можно задавать комбинацией СД и составом люминофора соответственно, перспективны для тепличного овощеводства. При выращивании растений в светкультуре появляется возможность контроля и управления физиологическими процессами, протекающими в растениях. Анализ работ отечественных и зарубежных учёных [1–12] показал, что близкие данные по продуктивности растений могут получаться при использовании облучателей с СД и с ИЛ с красно-синим излучением при установленной мощности на 30–50 % меньшей, чем у облучателей с НЛВД для тепличных комбинатов и плодопитомников, используемых в настоящее время.

В связи с открывшимися перспективами, научный и практический интерес представляет взаимное влияние перспективных облучателей и систем электроснабжения в сравнении

с тем же для действующих облучателей с НЛВД. Тепличные облучатели – нелинейные электроприёмники, генерирующие высшие гармоники тока. Последние могут снижать качество функционирования всевозможных устройств и электроустановок или вызывать их повреждение, увеличивать дополнительные потери электроэнергии в электроприёмниках и электрических сетях [13]. Исследования качества электроэнергии, получаемой от централизованной электросети, показали, что на многих сельскохозяйственных предприятиях России диапазон уровня напряжения колеблется в широких пределах [14].

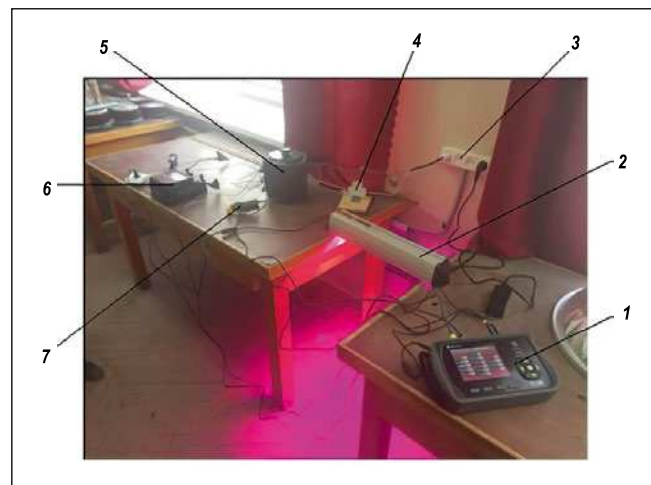
Цель работы – изучить влияние уровня питающего напряжения на гармонический состав токов тепличных облучателей.

Материалы и методы

Объектом исследования являются облучатели серии «ЖСП» с НЛВД с зеркальным отражателем (серия «ДНаЗ») производства ОАО «КЭТЗ», облучатели с СД серии «ДСО» производства ООО «ОКБ Луч» и облучатели с ИЛ фирмы S&O.

Внешний вид измерительного электротехнического комплекса показан на рис. 1. В состав этого комплекса входят: 1 – анализатор качества электроэнергии AR-6 фирмы Circutor, 2 – тепличный облучатель, 3 – источник питания ~ 220 В, 4 – автоматический выключатель, 5 – регулятор напряжения типа РНО-250–2-М, 6 – амперметр, 7 – токовые измерительные клещи на 5 А. Регулировка питающего напряжения для источника света осуществлялась линейным автотрансформатором. Показания электрических

Рис. 1. Электротехнический комплекс для измерения электрических параметров тепличных облучателей



параметров снимались анализатором качества электроэнергии. Измерения проводились на 2 источниках света каждого типа (по 3 измерения каждой точки). В течение первого часа после включения облучатели выходили на номинальный режим работы, измерения не проводились. Затем были проведены замеры гармонического состава токов облучателей в номинальном режиме. После этого проводились измерения уровня гармоник при изменении уровня питающего напряжения с шагом 2 В.

Результаты

Величину гармонического содержания сигнала переменного тока, включающего гармонический состав токов, характеризует, в частности, коэффициент нелинейных искажений по току THD_i ¹.

На рис. 2 показаны результаты исследований влияния уровня питающего напряжения (ПН) на THD_i тепличного облучателя «ЖСП» с лампой «ДНаЗ. При снижении номинального ПН на 10 % общее гармоническое искажение по току снижается на 9 %. При увеличении номинального ПН на 10 % общее гармоническое искажение по току увеличивается на 23 %.

На основании результатов исследований с помощью программы «MS Excel» получено математическое выражение изменения THD_i при изменении уровня ПН:

$$THD_i = THD_{i_{ном}} \cdot (1,6 \cdot K_U - 0,6),$$

$$R^2 = 0,9414,$$

где $THD_{i_{ном}}$ – номинальный THD_i , %; $K_U = U_{ф}/U_{ном}$ – изменение уровня ПН, о.е.; $U_{ф}$ – фактическое ПН, В; $U_{ном}$ – номинальное ПН, В; R^2 – коэффициент детерминации, о.е.

На рис. 3 показаны результаты исследований влияния уровня ПН на THD_i тепличного облучателей фирмы S&O, с ИЛ. При снижении номинального ПН на 10 % THD_i снижается на 10 %. При увеличении номинального ПН на 10 % THD_i увеличивается на 10 %.

¹ В иностранной литературе THD (Total Harmonic Distorsion) – коэффициент суммарных гармонических искажений.

Рис. 2. Зависимость THD_i от K_U для облучателя с лампой «ДНаЗ»

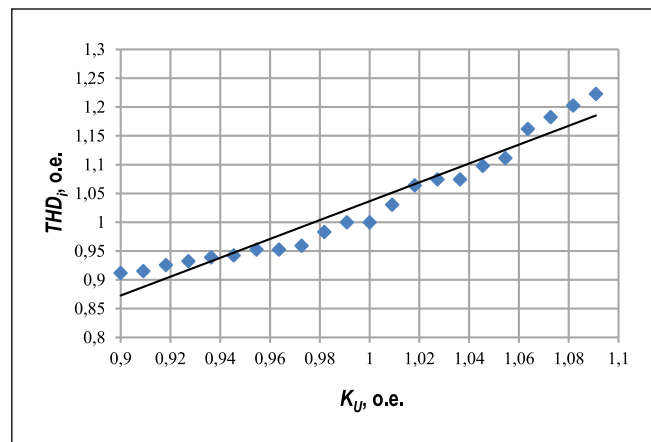


Рис. 3. Зависимость THD_i от K_U для облучателя с индукционной лампой

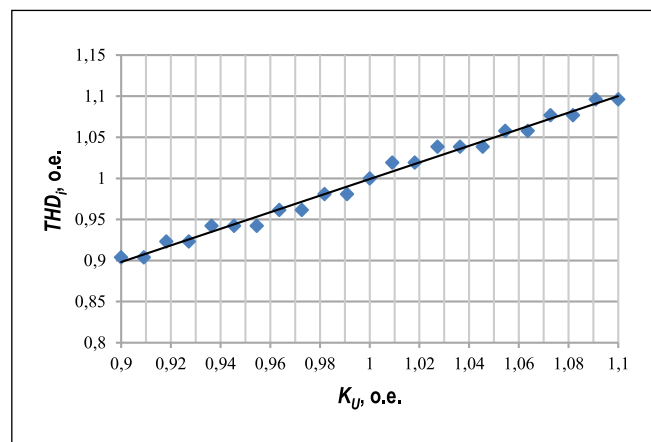
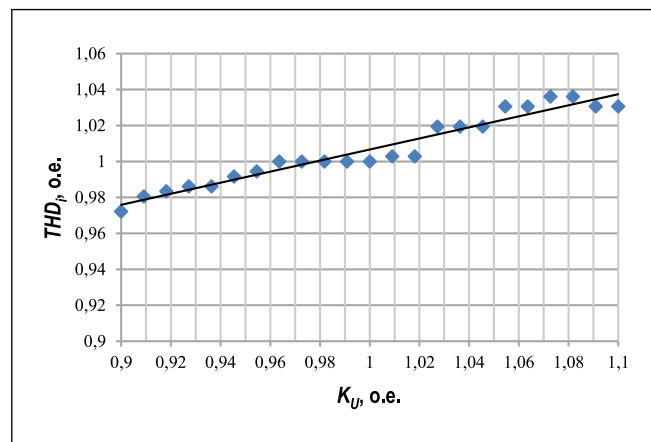


Рис. 4. Зависимость THD_i от K_U для облучателя со светодиодами



На основании результатов исследований с помощью программы «MS Excel» получено математическое выражение изменения THD_i при изменении уровня ПН:

$$THD_i = THD_{i_{ном}} \cdot K_U, R^2 = 0,9896.$$

На рис. 4 показаны результаты исследований влияния уровня ПН на THD_i тепличных облучателей «ДСО», с СД. При снижении номинального ПН на 10 % THD_i снижается на 3 %. При увеличении номинального ПН на 10 % THD_i увеличивается на 3 %.

На основании результатов исследований с помощью программы «MS Excel» получено математическое выражение изменения THD_i при изменении уровня ПН:

$$THD_i = THD_{i_{ном}} \cdot (0,3 \cdot K_U + 0,7),$$

$$R^2 = 0,9435.$$

Обсуждение

Изменение уровня ПН влияет на уровень гармоник тока всех типов исследуемых тепличных облучателей.

Так, при снижении номинального ПН на 10 % THD_i снижается на 9 % для облучателей с лампами «ДНаЗ», на 10 % для облучателей с ИЛ и на 3 % для облучателей с СД. При повышении номинального ПН на 10 % THD_i повышается на 23 % для облучателей с лампами «ДНаЗ», на 10 % для облучателей с ИЛ и на 3 % для облучателей с СД. Таким образом, наименьшее влияние изменение уровня ПН оказывает на уровень гармоник тока облучателей с СД и, затем, с ИЛ. Наибольшее влияние изменение уровня ПН оказывает на уровень гармоник тока облучателей с лампами «ДНаЗ».

Заключение

Получены математические модели зависимостей THD_i от уровня ПН для тепличных облучателей с СД, с ИЛ и с лампами «ДНаЗ», которые могут использоваться:

- в расчётах полного тока при выборе трансформаторов и кабельных линий питания тепличных облучателей и при проектировании новых или реконструкции действующих облучательных установок тепличных комбинатов;

- в расчётах потерь электроэнергии в электрических сетях тепличных комбинатов при технико-экономическом обосновании соответствующих проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корепанов Д.А., Кондратьева Н.П., Чиркова Н.М. Всхожесть семян клюквы болотной при использовании разных спектров фотосинтетической радиации // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии.– 2012.– № 3 (32). – С. 82–83.
2. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Василькин А.Н. Сравнительная оценка энергоэкологичности светокультуры салата (*Lactuca Sativa L.*) под натриевыми и индукционными лампами / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. С. 331–338.
3. Прикупец Л.Б., Емелин А.А., Тараканов И.Г. Светодиодные фитооблучатели: из фитотрона в теплицу? / Теплицы России.– 2015.– № 2. – С. 52–56.
4. Соколов А.В., Юферев Л.Ю. Энергосберегающая система освещения для защищённого грунта // Инновации в сель-

ском хозяйстве.– 2014.– № 4(9). – С. 76–69.

5. Johkan M., Shoji K., Goto F., Hahida S., Yoshihara T. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany*.– 2012. – Vol. 75. – P. 128–133.

6. Fan X.X., Xu Z.G., Liu X.Y., Tang C.M., Wang L.W., Han X.L. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae*.– 2013. – Vol. 153. – P. 50–55.

7. Lin K.H., Huang M.Y., Huang W.D., Hsu M.H., Yang Z.W., Yang C.M. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa L. var. capitata*) // *Scientia Horticulturae*.– 2013. – Vol. 150. – P. 86–91.

8. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martínez F.R., Canseco M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa L.*) and broccoli (*Brassica oleracea L.*) seedlings // *Annual Research & Review in Biology*.– 2014. – Vol. 19. – P. 2983–2994.

9. Sase S., Mito C., Okushima L., Fukuda N., Kanesaka N., Sekiguchi K., Odawara N. Effect of overnight supplemental lighting with different spectral LEDs on the growth of some leafy vegetables // *Acta Horticulturae*.– 2012. – Vol. 956. – P. 327–333.

10. Lee J.S., Lim T.G., Kim Y.H. Growth and phytochemicals in lettuce as affected by different ratios of blue to red radiation / *Acta Horticulturae*.– 2014. – Vol. 1037. – P. 843–848.

11. Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa L.*). *International journal of molecular sciences*.– 2014. – Vol.15. – P. 4657–4670.

12. Отчёт по испытаниям ламп ДНаТ-400 и индукционных люминесцентных ламп 250W M-S и Bi-S. URL: <http://growlife.ru/otchet-po-ispytaniyu-lamp-dnat-400-i-indukcionnyx-lyuminescentnyx-lamp-250w-m-s-i-bi-s> (дата обращения: 23.02.2019).

13. Кондратьева Н.П., Терентьев П.В., Филатов Д.А. Сравнительный экспериментальный анализ по электромагнитной совместимости разрядных и светодиодных искусственных источников света для растениеводства // Вестник НГИЭИ.– 2018.– № 12 (91). – С. 39–49.

14. Филатов Д.А., Терентьев П.В. Электромагнитная совместимость сис-

тем электроснабжения и электрооборудования сельскохозяйственных предприятий при изменении уровня питающего напряжения // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии.– 2016.– № 3 (11). – С. 57–62.



Кондратьева Надежда Петровна, доктор

техн. наук, профессор. Окончила в 1978 г. Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства.

Зав. кафедрой «Автоматизированный электропривод» Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (ИжГСХА). Имеет свою научную школу в области сельскохозяйственной светотехники и занимается разработкой энергосберегающих световых технологий для предприятий АПК. Имеет звание «Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации»



Филатов Дмитрий Алексеевич, кандидат техн.

наук. Окончил в 2009 г. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. Доцент кафедры «Ме-

ханизация животноводства и электрификация сельского хозяйства» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Область научных интересов: источники света, электромагнитная совместимость, качество электроэнергии



Терентьев Павел Валерьевич, кандидат техн. наук.

Окончил в 2009 г. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. Доцент кафедры «Ме-

ханизация животноводства и электрификация сельского хозяйства» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Область научных интересов: источники света, электромагнитная совместимость, качество электроэнергии