

ПУЛЬСАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ПТИЦЕВОДСТВЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЧЕЛОВЕКА

Гладин Д.В., кандидат с.-х. наук,
технический директор ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП»;
e-mail: gdv72.72@mail.ru; тел.+7 921 255 61 51

В настоящее время в птицеводстве широко используется светодиодное освещение [1], к преимуществам которого относятся:

Значительное сокращение потребления электроэнергии – в 10-15 раз по сравнению с лампами накаливания и в 2-3 раза – с люминесцентными светильниками [2,3].

Улучшение в несколько раз равномерности освещения как при напольном, так и клеточном содержании птицы, возможность использования безопасных светодиодных светильников в местах, где размещение других источников света затруднено из-за нарушения требований электро- и пожаробезопасности, а иногда и просто невозможно. Например, внутри клеток с птицей в многоярусных клеточных батареях [4,5].

Возможность использования различной цветовой температуры и цвета (длины волны) излучения светодиодных источников света, а также их сочетания в процессе содержания и выращивания птицы, в зависимости от эффективности [6,7].

Использование нескольких сотен градаций освещенности, необходимых в процессе выращивания и содержания птицы, начиная от максимального уровня, задаваемого мощностью и количеством светодиодных светильников, до полного выключения освещения с возможностью программного задания более точной настройки освещения на необходимых участках уровней освещенности.

Эффективность, надежность, низкая себестоимость и простота организации управления светодиодным освещением на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [8,9].

Безопасность эксплуатации и обслуживания оборудования в птичниках, особенно в период мойки, за счет использования низкого напряжения питания (24-48 В) светодиодных светильников в птичниках и выноса части оборудования систем освещения, использующего напряжение промышленной сети 220 В/380 В, в предназначенные для него места – щитовые, серверные и т.п. [10,11].

При этом необходимо учитывать, что потенциал совершенствования и повышения эффективности светодиодного освещения еще далеко не исчерпан. Например, их световая эффективность, максимальные значения которой сейчас составляют чуть больше 200–250 лм/Вт, в ближайшем будущем могут достичь 300–350 лм/Вт. Оптимизм вызывают и исследования в области совместного использования нескольких современных технологий светотехники в птицеводстве. Например, опыты, проведенные в ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН РФ на оборудовании ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» показали высокую эффективность совместного использования оптоволоконных световодов и светодиодных источников света (рис.1) для увеличения равномерности освещения клеточных батарей с птицей и

улучшения электро- и пожаробезопасности при эксплуатации осветительного оборудования [12].

Тем не менее, источники света имеют технические характеристики, влияние которых на человека и птицу еще недостаточно изучено. Особенно это актуально в свете того, что выводы по влиянию этих параметров освещения на зоотехнические показатели птицы носят у некоторых специалистов открыто-спекулятивный характер.

Одной из таких важных характеристик любого источника света является периодическое изменение во времени значения его светового потока, которое приводит к пульсации освещенности в месте, где он установлен. Осветительные приборы (ОП), питающиеся от сети переменного тока 230В/50 Гц, должны потреблять электрическую энергию по синусоидальному закону синфазно с изменением напряжения в сети для уменьшения отдаваемых в сеть помех.



Рис. 1. Светодиодное освещение с использованием оптоволоконных световодов.

Так как мгновенная потребляемая мощность равна произведению тока на напряжение, потребляемая устройством мощность зависит от времени по квадрату синуса, т.е. имеет выраженный пульсирующий характер:

$$P(t) = I_0 \sin(\omega t) \times U_0 \sin(\omega t) = I_0 U_0 \sin^2(\omega t) \quad (1)$$

I_0 и U_0 – соответственно входной ток и напряжение в сети,

P – потребляемая мощность,

ω – частота переменного тока.

При этом частота изменения потребляемой светильником мощности и пульсация его светового потока будет удвоенной по отношению к сети питания и равна 100 Гц.

При использовании одного светильника между пульсацией освещенности и периодическим изменением светового потока единственного ее источника будет прослеживаться прямая зависимость. Если светильников несколько, из-за разной удаленности, различия технических характеристик и других

СВЕТОДИОДНЫЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПТИЦЕВОДСТВА

**новейшие технологии на основе
мировых и отечественных исследований**

- ✓ *максимальная энергоэффективность*
- ✓ *специально подобранный спектр излучения*
- ✓ *оптимальная равномерность освещения при любом содержании птицы*
- ✓ *отсутствии вредного влияния пульсаций светового потока светильников*
- ✓ *увеличенный срок службы*
- ✓ *безопасность эксплуатации оборудования напряжением 24-48 В*
- ✓ *оптимальное сочетание «цена-качество»*

С 2009 года

**В эксплуатации более 2 000 000
светильников на 5 100 птичниках,
Наши клиенты более 305 предприятий**

**МЫ ГОТОВЫ
ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВАШЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

162600, Россия, Вологодская обл.,
г. Череповец, пр. Победы, д. 85-Д, оф. 3
телефон: 8 (8202) 490-111
e-mail: info@ntp-ts.ru
сайт: www.ntp-ts.ru



Создавая полезное...



особенностей, пульсация освещенности может быть меньше, чем наблюдалась бы от одного светильника. Такой способ используется для уменьшения пульсации освещенности при одновременном использовании люминесцентных источников света, подключенных на разные фазы промышленной электрической сети.

Основными техническими характеристиками пульсации освещенности согласно ГОСТ Р 54945-2012 [13], являются:

- коэффициент пульсации освещенности, который служит критерием относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока источников света и определяется по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \times 100 \quad (2)$$

E_{\max} , E_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значение освещенности за период ее колебания, лк;

$E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за период ее колебания, лк.

- частота пульсации освещенности, которая при значении 300 Гц (300 колебаний в секунду) согласно ГОСТ Р 54945-2012 является граничной для определения коэффициента пульсации. Любые значения K_{Π} при частоте свыше 300 Гц не оказывают влияния на общую и зрительную работоспособность.

В общем случае пульсации освещенности присутствуют при использовании любых источников искусственного света, так как их электропитание осуществляется от сети переменного тока, априори имеющего периодические изменения напряжения с частотой 50 Гц в среднеквадратичном значении 220 В. Например, лампа накаливания (ЛН), у которой способ получения видимого света заключается в излучении нагретой до высокой температуры нити из тугоплавкого металла. При этом изменение светового потока сглаживается инерционностью изменения температуры нити, а коэффициент пульсаций не превышает значений 30-35 % для наименее мощных ламп накаливания при частоте 100 Гц, так как они обладают и меньшей теплоемкостью.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) относятся к газоразрядным источникам света и в общем случае также имеют частоту пульсаций равную 100 Гц [14].

Не обладая инерционностью изменения светового потока как у ЛН, при использовании электромагнитных пускорегулирующих аппаратов коэффициент пульсаций у ЛЛ может превышать 40%.

Использование более дорогих и современных электронных ЭПРА позволяет уменьшить коэффициент пульсаций ЛЛ до 1-3%.

Компактные люминесцентные лампы (ККЛ), обладая небольшой стоимостью и малыми размерами по сравнению с трубчатыми ЛЛ, в настоящее время еще находят широкое применение в бытовом освещении. Большинство из них имеет коэффициент пульсации равный или больше 8%.

Светодиоды существенно отличаются от ламп накаливания и разрядных ламп в способе получения видимого светового излучения и требуют наличия в светодиодном светильнике преобразователя параметров сетевого напряжения до характеристик, пригодных для питания светодиодов – постоянный ток и малое напряжение. Распространенный в настоящее время тип светодиода с кристаллом синего свечения и люминофором для получения спектра белого света имеет напряжение питания около 3 В постоянного тока. Как правило, светодиоды объединяются последовательно в электрическую цепь, а источник

питания (ИП) обеспечивает преобразование параметров промышленной сети в заданный постоянный ток в некоторых пределах выходного напряжения.

Такой ИП практически всегда имеет в своем составе электронные элементы, которые предназначены для снижения пульсации светового потока и увеличения ее частоты в целях уменьшения их влияния на здоровье человека. Наиболее распространенный способ – выходные конденсаторы, которые позволяют снизить пульсации напряжения до 20%. При большой мощности светодиодных светильников эффективно снизить пульсации до значений 1-3% позволяют двухкаскадные схемы и активные фильтры. Большинство светодиодных светильников без функции управления световым потоком имеет коэффициент пульсаций менее 8-10%.

Для использования светодиодных светильников в птицеводстве необходимо управление их световым потоком от полного выключения до максимального уровня свечения, причем зависимость светового потока от управляющего воздействия должна подчиняться четко определенному закону, чаще всего линейному. Нерегулируемые источники света в птицеводстве сейчас практически не используются.

Управлять световым потоком светодиодного светильника можно двумя способами:

– изменением непосредственно рабочего напряжения и тока светодиода в соответствии с управляющим воздействием;

– использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) напряжения и тока питания светодиода.

В настоящее время основным способом управления освещенностью в птичниках при использовании светодиодного освещения является широтно-импульсная модуляция (ШИМ) питающего напряжения светильников, использование которой позволяет существенно повысить эффективность, надежность и снизить себестоимость осветительного оборудования в птичнике.

Однако коэффициент пульсации освещенности при использовании ШИМ может достигать максимального значения, а возможность обеспечить безопасность такого освещения связана с увеличением частоты. Например, осветительное оборудование ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» использует частоту ШИМ питающего напряжения 977 Гц, значение которой гораздо выше требований ГОСТ Р 54945-2012 в 300 Гц.

Влияние пульсаций освещенности лучше всего изучено на человеке, что вполне естественно благодаря накопленным знаниям о строении собственного организма, биологических и физиологических процессах, а также возможности получить информацию о воздействии не только с помощью приборов, но и непосредственно от испытуемого.

Считается, что пульсации освещенности человеком могут осознанно фиксироваться до определенной частоты, которая носит название критическая частота слияния световых мельканий (КЧССМ). Ее значение равно 60-100 Гц. Конкретное значение КЧССМ может быть индивидуально для каждого человека. Пульсации освещенности ниже этой частоты способны вызывать ярко выраженные негативные эффекты у человека – недомогание, нарушения координации и сна, головные боли, эпилептические припадки и т.п. Особенно опасны частоты пульсаций ниже 25 Гц, совпадающие с альфа- и тета-ритмами головного мозга человека [15].

Пульсации на частотах выше КЧССМ не видны, не фиксируются в сознании, но могут оказывать негативное влияние, принцип которого имеет следующую природу:

При рассмотрении объектов глаза постоянно совершают крайне малые и очень быстрые движения, называемые саккадами (от старинного французского слова, переводимого как «хлопок паруса»). Пульсация освещенности приводит к тому, что саккады сбиваются, их число растет, человек видит прерывистый след из фантомов освещенных объектов, что вызывает перенапряжение глазных мышц и нарушает нормальную работу мозга.

Отраженный от рассматриваемого объекта свет попадает на сетчатку, электрические сигналы с которой направляются в мозг. Если свет оказывается пульсирующим, спектр сформированных сигналов меняется, нарушает нормальную электрическую активность мозга и вызывает утомление, снижает концентрацию внимания.

Значение частоты пульсаций освещенности, при которой нет никаких негативных последствий для человека, находящегося под таким освещением в разных исследованиях имеет различные значения. В ГОСТ Р 54945-2012, как было сказано выше, порогом является частота в 300 Гц, выше которой допустима любая глубина пульсаций освещенности. В рекомендации института инженеров электротехники и электроники IEEE PAR 1789 приводится расчет значения критической частоты пульсаций освещенности (КЧПО), выше которой будет гарантировано комфортное освещение для человека при любой глубине пульсаций, на основе критической пространственной частоты (КПЧ), значение которой равно 5,4 кГц.

Институт инженеров электротехники и электроники, обобщив данные множества независимых исследований, ввел следующие критерии уровней риска при пульсации освещенности:

1.) низкому уровню риска на частотах ниже $f = 90$ Гц соответствует уровень пульсаций в процентах, не превышающий $0,025 f$; более 90 Гц – не превышающий $0,08 f$. Для частот пульсаций выше 1250 Гц ограничений на уровень пульсаций нет.

2.) безопасному уровню риска, когда нет никакого биологического или статистически значимого воздействия, соответствует уровень пульсаций в 2,5 раза меньший: на частотах ниже 90 Гц – $0,01 f$, более 90 Гц – не превышающий $0,0333 f$.

Особого внимания заслуживает работа по выявлению влияния пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека [16]. Основой для опыта стала гипотеза авторов о том, что отрицательное воздействие на человека от однофазно включенных люминесцентных ламп может зависеть от изменения основной ритмической активности нейронов. Для проверки гипотезы в ходе эксперимента у группы испытуемых снимали электроэнцефалограмму мозга (ЭЭГ) при формировании на экране освещенности с пульсациями различной формы, амплитуды и частоты. В темноте, при отсутствии освещения, преобладающими частотами в спектре ЭЭГ были альфа- и тета-ритмы, свойственные человеку в нормальном состоянии на частотах 9-10 и 15-20 Гц соответственно. При наличии пульсирующего освещения появлялся навязанный ритм на частоте пульсаций света 120 Гц, а альфа-ритм существенно подавлялся.

Таким образом, на основе современных исследований можно выделить следующие особенности:

- усвоение навязанных пульсаций освещенности продолжается все время действия раздражителя;
- пульсации на частоте выше 100 Гц начинают влиять уже при 2-3% глубине;
- глубина пульсаций 20 % и более дает точно такой же результат, как и 100 % пульсации;

- пульсации с частотой выше 300 Гц не оказывают влияния на электрическую активность мозга;
- на частоте 100 Гц нормальная работа мозга сохраняется до глубины пульсаций в 5-8%;

– мозг способен усваивать не одну, а до четырех частот раздражающего воздействия одновременно.

При использовании любых источников света существуют пульсации освещенности, при определенных параметрах которых наблюдаются негативные последствия для человека. Современные светодиодные системы освещения используют ШИМ питающего напряжения светильников для управления освещенностью в птичниках, при этом коэффициент пульсации имеет максимальные значения. Однако увеличение частоты позволяет снизить до безопасного уровня воздействие пульсаций освещенности, что используется в осветительном оборудовании компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП», где значение частоты ШИМ составляет 977 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленное птицеводство: монография / под общей редакцией В.И. Фисинина. – Сергиев Посад, 2016. – 531 с.
2. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства яиц: монография / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, И.А. Егоров, В.С. Лукашенко В.С. Буяров, О.Н. Сахно и др.; под общ. ред. В.И. Фисинина и А.Ш. Кавтарашвили. – Сергиев Посад, 2016. – 351 с.
3. Прогрессивные ресурсосберегающие технологии производства яиц / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, И.А. Егоров и др. // Под общ. ред. В.И. Фисинина, А.Ш. Кавтарашвили – Сергиев Посад, 2009. – 167 с.
4. Гладин Д.В. Повышение равномерности освещения клеточных батарей для кур-несушек / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, В.А. Гусев // Птицеводство. – 2018. – № 7. – С. 17–21.
5. Патент РФ на полезную модель № 154984. Клеточная батарея для содержания птицы / В.А. Гусев, А.В. Дубровин, И.П. Салеева ... Д.В. Гладин др. // опубликовано 20.09.2015, бюл. № 26.
6. Кавтарашвили А.Ш. Продуктивность кур при светодиодном освещении с изменяемой цветовой температурой / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, В.А. Гусев, Д.В. Гладин // Птицеводство. – 2017. – № 3. – С. 27–29.
7. Кавтарашвили А.Ш. Влияние цветовой температуры светодиодных светильников на продуктивные качества кур / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, Д.В. Гладин // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 2. – С. 35–37.
8. Шиколенко И.А. Применение ШИМ в регулировании освещенности рабочего места / И.А. Шиколенко, В.А. Завьялов // Молодой ученый. – 2013. – № 3(50). – С. 122–125.
9. Гладин Д.В. Управление светодиодным освещением в птичнике на основе широтно-импульсной модуляции питающего напряжения / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. – 2020. – № 4. – С. 52–56.
10. Гладин Д. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве / Д. Гладин // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 16. – С. 60–61.
11. Гладин Д. Локальное светодиодное освещение для клеточного выращивания цыплят-бройлеров. Требования нормативных документов по электробезопасности, особенности проектирования, производства, монтажа и эксплуатации светодиодного осветительного оборудования / Д. Гладин // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 26. – С. 54–60.
12. Кавтарашвили А.Ш. Влияние цветовой температуры излучения светодиодных светильников на продуктивные качества кур / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, Д.В. Гладин // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 2. – С. 35–37.
13. ГОСТ Р 54945-2012 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности. – Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2012. С. –16 с.
14. Шаракшанэ А.С. Фактические значения пульсации освещенности, создаваемой современными источниками света / А.С. Шаракшанэ, С.В. Мамаев, Р.Ш. Ротфуллин, А.В. Порубов // Оптический журнал. – 2017. – № 84(1). – С. 41–47.
15. Гладин Д.В. Влияние пульсации освещенности при использовании современных источников света в птицеводстве / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. – 2021. – № 3. – С. 18–20.
16. Ильянок В.А. Влияние пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека / В.А. Ильянок, В.Г. Самсонова // Светотехника. – 1963. – № 5.