

Люминесцентные свойства трансформаторного масла при его очистке

Михаил Владимирович Беляков¹,

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: bmw20100@mail.ru;

Геннадий Николаевич Самарин^{1,2},

доктор технических наук, главный научный сотрудник;

Денис Сергеевич Пятченков³,

магистрант

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Российская Федерация;

³Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Российская Федерация

Реферат. Метод адсорбции позволяет с большой эффективностью регенерировать трансформаторное масло, при этом необходим постоянный контроль за его параметрами. Перспективен метод оптической спектральной люминесцентной диагностики. (Цель исследования) Изучить спектральные люминесцентные характеристики трансформаторного масла различного в процессе его очистки. (Материалы и методы) Выполнили исследование спектральных люминесцентных характеристик трансформаторного масла на многофункциональном приборе спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» с установленным на ноутбуке программным обеспечением Rapogata Pro и внешней темной камерой для исследования образцов масла. Провели измерение спектральных характеристик возбуждения и люминесценции отработанного и регенерированного трансформаторного масла ГК на дифракционном спектрофлуориметре. Рассчитали интегральные энергетические и статические параметры спектров. (Результаты и обсуждение) Определили, что при регенерации масла существенно увеличиваются максимумы спектра возбуждения на длинах волн 355, 396 и 443 нанометров. Показали, что наибольшая поглощательная способность отмечается на участке 370-428 нанометров. Установили, что для $\lambda_{\text{в}} = 396$ нанометров люминесценция очищенного масла больше, чем при $\lambda_{\text{в}} = 355$ нанометров. Выявили, что статистические параметры неочищенного масла заметно отличаются от параметров регенерированных масел (данная тенденция наблюдается как для спектров возбуждения, так и для спектров фотолюминесценции), статистические параметры регенерированного масла незначительно различаются между собой. Отметили, что все спектры имеют правостороннюю асимметрию. (Выводы) Указали, что фотолюминесценция трансформаторного масла в процессе очистки при длине волны возбуждения 396 нанометров наиболее подходящая для диагностики. Констатировали, что полученные результаты могут быть использованы при разработке оптико-электронной системы контроля качества очистки трансформаторного масла.

Ключевые слова: оптическая спектральная диагностика, трансформаторное масло, регенерация, фотолюминесценция, интегральные и статистические параметры.

Для цитирования: Беляков М.В., Самарин Г.Н., Пятченков Д.С. Люминесцентные свойства трансформаторного масла при его очистке // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. №3(52). С. 3-11. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-3-11. EDN MIYPLC.

Luminescent Properties of Transformer Oil During its Purification

Mikhail V. Belyakov¹,

Dr.Sc.(Eng.), leading researcher, e-mail: bmw20100@mail.ru;

Gennadiy N. Samarin^{1,2},

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;

Denis S. Pyatchenkov³,

master's student

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russian Federation;

³Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

Abstract. The adsorption method makes it possible to regenerate transformer oil with great efficiency, while constant monitoring of its parameters is necessary. The method of optical spectral luminescent diagnostics is promising. (Research purpose) The research purpose is studying the spectral luminescent characteristics of various transformer

oil during its purification. (Materials and methods) A study of the spectral luminescent characteristics of transformer oil was carried out on a multifunctional spectrofluorimeter device «Fluorat-02-Panorama» with the Rapogama Rgo software installed on a laptop and an external dark camera for the study of oil samples. The spectral characteristics of excitation and luminescence of spent and regenerated GC transformer oil were measured using a diffraction spectrofluorimeter. Integral energy and static parameters of the spectra were calculated. (Results and discussion) It was determined that during oil regeneration, the maxima of the excitation spectrum at wavelengths of 355, 396 and 443 nanometers significantly increase. It has been shown that the greatest absorption capacity is observed in the area of 370-428 nanometers. It was found that for $\lambda_b = 396$ nanometers, the luminescence of the purified oil is greater than for $\lambda_b = 355$ nanometers. It was found that the statistical parameters of crude oil differ markedly from the parameters of regenerated oils (this trend is observed for both excitation and photoluminescence spectra), the statistical parameters of regenerated oil differ slightly among themselves. It was noted that all the spectra have a right-sided asymmetry. (Conclusions) Indicated that photoluminescence of transformer oil during purification at an excitation wavelength of 396 nanometers is the most suitable for diagnostics. It was stated that the results obtained can be used in the development of an optoelectronic quality control system for transformer oil purification.

Keywords: optical spectral diagnostics, transformer oil, regeneration, photoluminescence, integral and statistical parameters.

For citation: Belyakov M.V., Samarín G.N., Pyatchenkov D.S. Lyuminesscentnye svoystva transformatornogo masla pri ego ochistke [Luminescent properties of transformer oil during its purification]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 3-11. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-3-11. EDN MIYPLC.

УДК 635.1:58.035:631.544 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-12-20

Сравнительный анализ выращивания растения репы сорта Луна на гидропонике со светодиодным облучением и в открытом грунте

Дмитрий Александрович Бурьнин,

аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: burynin@gmail.com;

Сергей Александрович Качан,

младший научный сотрудник;

Александр Анатольевич Смирнов,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Юрий Алексеевич Прошкин,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Репа корнеплодная имеет высокую питательную ценность и выраженный вкус. В ее составе присутствуют биологически активные компоненты. На данный момент недостаточно информации о выращивании репы корнеплодной в закрытых агроэкосистемах (на гидропонике). (Цель исследования) Выполнить сравнительный анализ выращивания репы в закрытой регулируемой агроэкосистеме и в открытом грунте, выявить особенности вегетации. (Материалы и методы) Выращивали репу сорта Луна в закрытой агроэкосистеме со светодиодным облучением на двух стеллажах общей площадью 5,2 квадратных метра, оборудованных гидропонными системами периодического затопления, и в открытом грунте на площади 40 квадратных метров. Определили массу сырого вещества надземной, подземной частей; относительное содержание хлорофилла в ботве; массу сухого вещества; содержание нитратов; концентрации сахаров и других твердых растворенных веществ в корнеплодах. Выполнили элементный анализ корнеплодов для четырех элементов (Ca, K, Mg, Na). Применили методы системного подхода. (Результаты и обсуждение) Установили, что сырая масса подземной части репы, выращенной на гидропонике и в открытом грунте, не имела статистически значимых различий; сухая масса вещества, содержание сахаров и других твердых веществ в корнеплодах, выращенных в открытом грунте, были больше на 14 процентов. Выявили, что содержание нитратов в корнеплодах, выращенных в открытом грунте, меньше на 57 процентов по сравнению с гидропоникой. Показали, что интенсивность облучения 180 микромоль в секунду на квадратный метр стала основным ограничивающим фактором для накопления питательных веществ в корнеплодах репы на гидропонике. (Выводы) Констатировали возможность выращивания репы корнеплодной на гидропонике при интенсивности облучения 180 микромоль в секунду на квадратный метр. Привели два пути повышения питательной ценности, улучшения вкусовых качеств и уменьшения содержания нитратов в корнеплодах репы в закрытой агроэкосистеме: увеличение интенсивности света и фотопериода.

Ключевые слова: закрытая агроэкосистема, гидропоника, искусственное облучение, фитосветодиоды, репа корнеплодная.

Для цитирования: Бурнин Д.А., Качан С.А., Смирнов А.А., Прошкин Ю.А. Сравнительный анализ выращивания растения репы сорта Луна на гидропонике со светодиодным облучением и в открытом грунте // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 12-20. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-12-20. EDN NITXLM.

Comparative Analysis of Cultivation of Turnip Cv. Luna in Hydroponics with LED Lighting and in Open Ground

Dmitriy A. Burynin,

postgraduate, junior researcher, e-mail: burynin@gmail.com;

Sergey A. Kachan,

junior researcher;

Aleksandr A. Smirnov,

Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Yuriy A. Proshkin,

Ph.D.(Eng.), senior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Turnip root has a high nutritional value and a good taste. It contains biologically active components. At the moment, there is not enough information about the cultivation of turnips in closed agroecosystems (on hydroponics). (Research purpose) The research purpose is performing a comparative analysis of the cultivation of turnips in a protected agroecosystem and in the open ground, identifying the features of vegetation. (Materials and methods) Turnips of the Luna variety were grown in a closed agroecosystem with LED irradiation on two racks with a total area of 5.2 square meters equipped with hydroponic systems of periodic flooding, and in the open ground on an area of 40 square meters. The mass of the crude substance of the aboveground and underground parts was determined; the relative content of chlorophyll in the tops; the mass of dry matter; the content of nitrates; concentrations of sugars and other solid dissolved substances in root crops. Elemental analysis of root crops was performed for four elements (Ca, K, Mg, Na). We applied the methods of a systematic approach. (Results and discussion) It was found that the raw mass of the underground part of turnips grown on hydroponics and in the open ground had no statistically significant differences; the dry mass of the substance, the content of sugars and other solids in root crops grown in the open ground were 14 percent higher. It was found that the nitrate content in root crops grown in the open ground is 57 percent lower compared to hydroponics. It was shown that the irradiation intensity of 180 micromoles per second per square meter has become the main limiting factor for the accumulation of nutrients in turnip root crops on hydroponics. (Conclusions) The possibility of growing turnips on hydroponics at an irradiation intensity of 180 micromoles per second per square meter was stated. There are two ways to increase the nutritional value, improve the taste qualities and reduce the nitrate content in turnip roots in a closed agroecosystem: an increase in light intensity and photoperiod.

Keywords: closed agroecosystem, hydroponics, artificial lighting, phyto-LEDs, turnip.

For citation: Burynin D.A., Kachan S.A., Smirnov A.A., Proshkin Yu.A. Sravnitel'nyy analiz vyrashchivaniya rasteniya repy sorta Luna na gidroponike so svetodiodnym oblucheniem i v otkrytom grunte [Comparative analysis of cultivation of turnip cv. Luna in hydroponics with LED lighting and in open ground]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 12-20. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-12-20. EDN NITXLM.

УДК 621.315

DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-21-27

Определение места повреждения в электрических сетях 10 кВ при двухстороннем замере

Валерий Александрович Солдатов,

доктор технических наук, профессор, e-mail: soldmel@rambler.ru;

Сергей Геннадьевич Лебедев,

аспирант

Реферат. *Определение места повреждения в распределительных электрических сетях 6-10-35 киловольт – актуальная проблема. Данные сети эксплуатируются с изолированной нейтралью и поэтому в них трудно установить аварийные режимы с замыканиями на землю и обрывами. Для этого используются дистанционные и топографические методы. Топографические методы требуют обхода линии. Существуют дистанционные методы и приборы определения места повреждения для высоковольтных сетей класса 110 киловольт и выше. Задача определения места повреждения в этих сетях решена, потому что они эксплуатируются с глухозаземленной нейтралью, и все междуфазные замыкания и замыкания на землю – это короткие замыкания, что облегчает нахождение расстояния до аварии вдоль длины линии. (Цель исследования) Изучить влияние эмпирических критериев в фазных координатах, координатах трех симметричных составляющих и обобщенных критериев на точность определения места повреждения в электрических сетях 10 киловольт при двухстороннем замере. (Материалы и методы) Выполнили исследования с использованием фазных координат и координат трех симметричных составляющих. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели случай установки приборов измерения одновременно в начале и в конце линии, то есть двухсторонний замер. Выявили, что погрешности в процентах при фазных координатах не превышают 0,38 процентов, при координатах трех симметричных составляющих – 1,31 процент, при обобщенных – 0,18 процентов. Показали, что погрешность обобщенных критериев по сравнению с фазными координатами и по сравнению с координатами трех симметричных составляющих много меньше. (Выводы) Установили, что разработанные критерии в фазных координатах, критерии в координатах трех симметричных составляющих и обобщенные критерии при двухстороннем замере эффективны для сетей 10 киловольт.*

Ключевые слова: *аварийный режим, определение места повреждения, электрические сети, методы, критерии, погрешность.*

Для цитирования: Солдатов В.А., Лебедев С.Г. Определение места повреждения в электрических сетях 10 кВ при двухстороннем замере // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 21-27. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-21-27. EDN IFYLHQ.

Locating the Damage in Electrical Grids 10 kV with Two-sided Measurement

Valeriy A. Soldatov,
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: soldmel@rambler.ru;
Sergey G. Lebedev,
postgraduate student

Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation

Abstract. *Locating the damage in distribution electrical grids of 6-10-35 kilovolts is an urgent problem. These grids are operated with an isolated neutral and therefore it is difficult to establish emergency modes with ground faults and breaks in them. Remote and topographic methods are used for this purpose. Topographic methods require traversing the line. There are remote methods and devices for locating the damage for high-voltage networks 110 kilovolts and higher. The problem of locating the damage in these grids has been solved, because they are operated with a grounded neutral, and all phase-to-phase and ground faults are short circuits, which makes it easier to find the distance to the accident along the length of the line. (Research purpose) The research purpose is studying the influence of empirical criteria in phase coordinates, coordinates of three symmetrical components and generalized criteria on the accuracy of locating the damage in electrical grids 10 kilovolts with two-way measurement. (Materials and methods) Studies were performed using phase coordinates and coordinates of three symmetrical components. (Results and discussion) We considered the case of installing measuring instruments simultaneously at the beginning and at the end of the line, that is, two-way measurement. It was found that the percentage errors at phase coordinates do not exceed 0.38 percent, at the coordinates of three symmetrical components – 1.31 percent, at generalized – 0.18 percent. It was shown that the error of the generalized criteria in comparison with the phase coordinates and in comparison with the coordinates of the three symmetric components is much smaller. (Conclusions) It was established that the developed criteria in phase coordinates, criteria in the coordinates of three symmetrical components and generalized criteria for two-way measurement are effective for 10 kilovolt grids.*

Keywords: *malfunсtion, damage locating, electrical grids, methods, criteria, error.*

For citation: Soldatov V.A., Lebedev S.G. Opredelenie mesta povrezhdeniya v elektricheskikh setyakh 10 kV pri dvukhstoronnem zamere [Locating the damage in electrical grids 10 kV with two-sided measurement]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 21-27. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-21-27. EDN IFYLHQ.

УДК 338.46:621.31 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-28-34

Прогноз изменения несинусоидальности напряжения на основе алгоритмов машинного обучения

Александр Николаевич Третьяков,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: tret'yakov_alex@mail.ru;

Геннадий Сергеевич Кудряшев,

доктор технических наук, профессор

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, пос. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Российская Федерация

Реферат. Анализ гармонического состава напряжения на подстанции Иркутской области показывает, что для всех трех фаз средние значения коэффициентов гармонической составляющей напряжения для спектра гармоник от 2 до 9 превышают соответствующие ГОСТу нормально допустимые значения. Результаты измеренных значений токов продемонстрировали, что уровень гармоник зависит от величины нагрузки. (Цель исследования) Изучить модели прогнозирования параметров несинусоидальности на питающих подстанциях среднего напряжения и узловых напряжениях на подстанциях 0,4 киловольт, связанных одной сетью; определить сглаживающие функциональные зависимости, необходимые для расчета режима сетей. (Материалы и методы) Представили данные измерений показателей качества электроэнергии на подстанции «Новожилкино» и ее присоединениях, провели анализ выбросов. Осуществили моделирование режимов работы с помощью пакета Google Colaboratory. (Результаты и обсуждение) Проверили гипотезу о том, что коэффициент несинусоидальности напряжения на одной из связанных подстанций может быть спрогнозирован с приемлемой точностью при известных показателях напряжения и коэффициентов несинусоидальности напряжения на головной и других связанных подстанциях. Проанализировали выбросы и построение визуализаций по данным измерений на питающей подстанции и отходящих присоединениях, построили матрицу корреляции. Получили экспериментальным путем прогнозные данные коэффициента несинусоидальности с характеристикой рассеяния, которая для всех подстанций системы составляет порядка 0,7. Определили, что результаты прогноза на базе моделей машинного обучения коррелируют с данными измерений в электрических сетях. (Выводы) Предложили методологию эффективности прогнозирования несинусоидальности на основе существующих моделей машинного обучения, которые позволяют внедрить автоматический расчет для решения задачи, провести коррекцию моделей, увеличить точность прогнозирования в условиях неопределенности. Показали эффективность предложенного подхода на примере реальных экспериментальных данных на подстанциях центральных сетей Иркутской области.
Ключевые слова: прогнозирование, несинусоидальность напряжения, машинное обучение, распределительные сети, экспериментальные исследования.

Для цитирования: Третьяков А.Н., Кудряшев Г.С. Прогноз изменения несинусоидальности напряжения на основе алгоритмов машинного обучения // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 28-34. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-28-34. EDN VQJPVK.

Prediction of Non-sinusoidal Voltage Changes Based on Machine Learning Algorithms

Aleksandr N. Tret'yakov,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: tret'yakov_alex@mail.ru;

Gennadiy S. Kudryashev,

Dr.Sc.(Eng.), professor

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevskiy, Molodezhnyy settlement, Irkutsk district, Irkutsk region, Russian Federation

Abstract. The analysis of the harmonic composition of the voltage at the substation of the Irkutsk region shows that for all three phases, the average values of the coefficients of the harmonic component of the voltage for the harmonic spectrum from 2 to 9 exceed the corresponding GOST normally permissible values. The results of the measured values

of the currents demonstrated that the harmonic level depends on the magnitude of the load. (Research purpose) The research purpose is studying the models for predicting non-sinusoidal parameters at medium-voltage power substations and nodal voltages at 0.4 kilovolt substations connected by a single grid and determining the smoothing functional dependencies necessary for calculating the grid mode. (Materials and methods) Presented data on measurements of electricity quality indicators at the Novozhil'kino substation and its connections, conducted an analysis of measurement emissions. The simulation of operating modes was carried out using the Google Colaboratory package. (Results and discussion) We tested the hypothesis that the non-sinusoidal voltage coefficient at one of the connected substations can be predicted with acceptable accuracy at known voltage indicators and non-sinusoidal voltage coefficients at the head and other connected substations. Emissions were analyzed and visualizations were constructed based on measurement data at the supply substation and outgoing connections, and a correlation matrix was constructed. The predicted data of the non-sinusoidal coefficient with a scattering characteristic, which is about 0.7 for all substations of the system, were obtained experimentally. It was determined that the results of the forecast based on machine learning models correlate with the data of measurements in electrical networks. (Conclusions) Proposed a methodology for the effectiveness of forecasting non-sinusoidality based on existing machine learning models, which allow to implement automatic calculation to solve the problem, to correct models, to increase the accuracy of forecasting under uncertainty. The effectiveness of the proposed approach was shown by the example of real experimental data at substations of the central networks of the Irkutsk region.

Keywords: forecasting, non-sinusoidal voltage, machine learning, distribution grid, experimental research.

For citation: Tret'yakov A.N., Kudryashev G.S. Prognoz izmeneniya nesinusoidal'nosti napryazheniya na osnove algoritmov mashinnogo obucheniya [Prediction of non-sinusoidal voltage changes based on machine learning algorithms]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 28-34. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-28-34. EDN VQJPKV.

УДК 620.91:624.92 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-35-40

Показатели энергоэффективного производства в вопросах экономии электроэнергии

Залимхан Русланович Кудаев,

старший преподаватель, e-mail: zalimhan007@mail.ru;

Альберт Баширович Барагунов,

доктор технических наук, доцент;

Аслан Анатольевич Кумахов,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Саид Хасанович Кушаев,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, г. Нальчик, Российская Федерация

Реферат. Исходя из того, что рост цен на коммунальные услуги в России происходит каждый год в современном обществе так же, как в производственной сфере, экономия выходит на первый план. В этой связи эффективное применение электроэнергии становится одним из важных показателей, поскольку это дорогой ресурс, который может привести к серьезным затратам. Рассмотрены вопросы энергоэффективного производства и экономии электроэнергии. Проблематика заключается в том, что производственные предприятия стараются уменьшить свои расходы на электроэнергию, следить за всеми берегающими нововведениями и применять их в своей деятельности. Предприятия вынуждены экономить на электроэнергии, по-другому им просто на конкурентном рынке не выжить. В основном организации используют одни и те же технологии для экономии электроэнергии. (Цель исследования) Проанализировать применение автоматизированной системы по техническому учету энергетических ресурсов, которая призвана помочь предприятию перераспределять нагрузку из основного времени, когда тарифы высоки, на ночное, когда цена имеет наименьшие показатели. (Материалы и методы) Предложили метод, который заключается в том, что для выявления данных на производстве устанавливают специальную автоматизированную информационно-измерительную систему. (Результаты и обсуждение) Показали, что внедрение этих типов электродвигателей позволит сэкономить более 40 процентов затрат на потребление энергии. Установили, что использование системы автоматизированных электроприводов дает немалые преимущества и не требует особых усилий. (Выводы) Выявили, что предложенная система открывает варианты для экономии электрической энергии при применении современных устройств и материалов для достижения поставленных целей.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроэнергия, электропривод, экономия энергии, автоматизированные системы, магнитные и электропроводящие материалы, электрет.

Для цитирования: Кудяев З.Р., Барагунов А.Б., Кумахов А.А., Кушаев С.Х. Показатели энергоэффективного производства в вопросах экономии электроэнергии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 35-40. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-35-40. EDN JCWJBI.

Indicators of Energy-efficient Production in Matters of Energy Saving

Zalimkhan R. Kudaev,

senior lecturer, e-mail: zalimhan007@mail.ru;

Albert B. Baragunov,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor;

Aslan A. Kumakhov,

Ph.D.(Agri.), associate professor;

Said Kh. Kushaev,

Ph.D.(Agri.), associate professor

Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Russian Federation

Abstract. Based on the fact that the increase in prices for utilities in Russia occurs every year in modern society, as well as in the production sector, savings come to the fore. In this regard, the efficient use of electricity becomes one of the important indicators, since it is an expensive resource that can lead to serious costs. The issues of energy-efficient production and energy saving are considered. The problem lies in the fact that manufacturing enterprises are trying to reduce their electricity costs, monitor all saving innovations and apply them in their activities. Enterprises are forced to save on electricity, otherwise it simply cannot survive in a competitive market. Basically, organizations use the same technologies to save electricity. (Research purpose) The research purpose is analyzing the use of an automated system for technical accounting of energy resources, which is designed to help the enterprise redistribute the load from the main time, when price is high, to the night, when the price is low. (Materials and methods) Proposed a method, which consists in the fact that a special automated information and measurement system is installed in production to identify data. (Results and discussion) It has been shown that the introduction of these types of electric motors will save more than 40 percent of energy consumption costs. It has been established that the use of an automated electric drive system gives considerable advantages and does not require much effort. (Conclusions) It was revealed that the proposed system opens up options for saving electrical energy when using modern devices and materials to achieve the set goals.

Keywords: energy efficiency, electric power, electric drive, energy saving, automated systems, magnetic and electrically conductive materials, electret.

For citation: Kudaev Z.R., Baragunov A.B., Kumakhov A.A., Kushaev S.Kh. Pokazateli energoeffektivnogo proizvodstva v voprosakh ekonomii elektroenergii [Indicators of energy-efficient production in matters of energy saving]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 35-40 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-35-40. EDN JCWJBI.

УДК 631.227.2:628.93

DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-41-47

Критериальная оценка оптимального расположения продольных линий светильников при напольном содержании птицы

Татьяна Ратмировна Галлямова,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: trgall11@yandex.ru

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Реферат. Рассмотрен птичник стандартной ширины с напольным содержанием птиц, для освещения которого используются продольные линии светодиодных светильников. Необходимость повышения продуктивности птицы приводит к актуальной проблеме создания наиболее равномерного энергосберегающего освещения рабочей площади объекта. При решении проблемы возникает задача оценки оптимального расстояния между линиями светильников $L_{\text{опт}}$. Ее решение возможно при помощи критерия оптимальности. Трудности учета отраженного света служат причиной для поиска критерия, не зависящего от отраженной составляющей. (Цель исследования) Оценить оптимальное расстояние между

продольными линиями светильников для птичников стандартной ширины на основе критерия, не зависящего от отраженной составляющей освещенности. (Материалы и методы) Определили недостатки рекомендаций, полученных на основе метода коэффициента использования. Предложили для преодоления недочетов учитывать ширину птичника и оценивать $L_{\text{опт}}$ точечным методом. Применили модель диффузного отражения света. Обосновали критерий оптимальности и разработали алгоритм компьютерной оценки $L_{\text{опт}}$. Использовали разработанный алгоритм для птичников стандартной ширины. (Результаты и обсуждение) Исследовали птичники шириной b , кратной 6 метрам при постоянной длине каждого птичника $a_1 = 78$ метров для высот подвеса светильников $H_1 = 3,0$ метра, $H_2 = 3,5$ метра и $H_3 = 4,0$ метра. Представили результаты оценки $L_{\text{опт}}$ в виде таблицы. Выявили, что зависимость $L_{\text{опт}}(b)$ – квадратичная. (Выводы) Установили, что оценку $L_{\text{опт}}$ можно выполнять в модели диффузного отражения света на основе критерия, не зависящего от отраженной составляющей освещенности. Отметили, что при расположении линий светильников, согласно таблице, уменьшается риск несанкционированного сноса яиц птицей, что способствует улучшению качества полученных яиц и повышению продуктивности птицы. Констатировали, что результаты оценки $L_{\text{опт}}$ можно рекомендовать специалистам птицефабрик для корректировки уже существующей системы освещения или перед ее приобретением для планирования энергоэффективного расположения светильников.

Ключевые слова: птичник, светодиодное освещение, освещенность, энергосбережение, неравномерность освещения, независимый критерий, минимум функции.

Для цитирования: Галлямова Т.Р. Критериальная оценка оптимального расположения продольных линий светильников при полном содержании птицы // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 41-47. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-41-47. EDN CJUJHY.

Optimal Arrangement of the Longitudinal Lines of the Lamps at the Floor Poultry Keeping

Tat'yana R. Gallyamova,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: trgall11@yandex.ru

Udmurt state agricultural university, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. A standard-width poultry house with outdoor poultry keeping is considered, for which longitudinal lines of LED lamps are used for lighting. The need to increase the productivity of poultry leads to the urgent problem of creating the most uniform energy-saving lighting of the working area of the facility. When solving the problem, the problem arises of estimating the optimal distance between the lines of lamps of the L_{op} . Its solution is possible using the optimality criterion. Difficulties in accounting for reflected light are the reason for searching for a criterion independent of the reflected component. (Research purpose) The research purpose is evaluating the optimal distance between the longitudinal lines of lamps for poultry houses of standard width based on a criterion independent of the reflected component of illumination. (Materials and methods) The shortcomings of the recommendations obtained on the basis of the utilization factor method were identified. It was proposed to take into account the width of the poultry house to overcome the shortcomings and evaluate the L_{op} by the point method. A model of diffuse light reflection was applied. The optimality criterion was substantiated and an algorithm for the computer evaluation of L_{op} was developed. We used the developed algorithm for poultry houses of standard width. (Results and discussion) Poultry houses with a width b , a multiple of 6 meters, were studied with a constant length of each poultry house $a_1 = 78$ meters for the height of the suspension of lamps $H_1 = 3.0$ meters, $H_2 = 3.5$ meters and $H_3 = 4.0$ meters. Presented the results of the assessment of the protected areas in the form of a table. It was revealed that the dependence of $L_{\text{опт}}(b)$ is quadratic. (Conclusions) It has been established that the assessment of $L_{\text{опт}}$ can be performed in a model of diffuse reflection of light based on a criterion independent of the reflected component of illumination. It was noted that with the arrangement of the lighting lines, according to the table, the risk of unauthorized demolition of eggs by poultry decreases, which contributes to improving the quality of the eggs obtained and increasing the productivity of poultry. It was stated that the results of the $L_{\text{опт}}$ assessment can be recommended to specialists of poultry farms to adjust the existing lighting system or before purchasing it to plan an energy-efficient arrangement of lamps.

Keywords: poultry house, LED lighting, illumination, energy saving, uneven lighting, independent criterion, minimum function.

For citation: Gallyamova T.R. Kriterial'naya otsenka optimal'nogo raspolozheniya prodol'nykh liniy svetil'nikov pri napol'nom soderzhanii ptitsy [Optimal arrangement of the longitudinal lines of the lamps at the floor poultry keeping]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 41-47. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-41-47. EDN CJUJHY.

Установка электроснабжения удаленных объектов с солнечным термоэлектрическим генератором

Станислав Семенович Трунов,

кандидат технических наук, ведущий специалист, e-mail: alla-rika@yandex.ru;

Алексей Викторович Хименко,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Дмитрий Анатольевич Тихомиров,

доктор технических наук, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН;

Алексей Васильевич Кузьмичев,

научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Выполнен анализ научных исследований, в которых представлены термоэлектрические технологии на основе солнечной энергии, способные удовлетворять не только потребность в производстве электроэнергии, но также способствовать энергосбережению и защите окружающей среды. (Цель исследования) Разработать структурную схему установки электроснабжения с термоэлектрическими генераторами для удаленных сельских поселений и объектов агропромышленного комплекса с солнечным концентратором и твердотельным тепловым аккумулятором, выполнить расчет основных характеристик элементов предложенной установки с солнечным термоэлектрическим генератором. (Материалы и методы) Провели патентный поиск по сайтам Евразийской патентной организации, Роспатента и Google Patents. Проанализировали имеющиеся расчетные зависимости для определения основных тепловых характеристик элементов предложенной структурной схемы установки электроснабжения. Продемонстрировали результаты теоретических и экспериментальных исследований, посвященных разработке систем электроснабжения на базе термоэлектрических генераторов в комбинации с фотоэлектрическими панелями, солнечными концентраторами и тепловыми трубками, позволяющие сделать вывод об актуальности создания солнечных термоэлектрических генераторов. (Результаты и обсуждение) Разработали конструкцию и представили описание работы установки электроснабжения с солнечным термоэлектрическим генератором и тепловыми трубками, передающими тепловую энергию от солнечного концентратора через твердотельный тепловой аккумулятор термоэлектрическому генератору. (Выводы) Предложили структурную схему установки солнечного термоэлектрического генератора для удаленных поселений в комбинации с твердотельным тепловым аккумулятором и тепловыми трубками, которые передают тепловую энергию от солнечного концентратора. Привели выражения для расчета основных тепловых характеристик элементов предложенной установки с солнечным термоэлектрическим генератором (солнечного концентратора и твердотельного теплового аккумулятора), а также коэффициент полезного действия и выходной электрической мощности термоэлектрического электрогенератора.

Ключевые слова: солнечный термоэлектрический генератор, солнечный концентратор, твердотельный тепловой аккумулятор, тепловые трубки, удаленные сельские поселения и объекты АПК.

Для цитирования: Трунов С.С., Хименко А.В., Тихомиров Д.А., Кузьмичев А.В. Установка электроснабжения удаленных объектов с солнечным термоэлектрическим генератором // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. №3(52). С. 48-55. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-48-55. EDN TXEHQK.

Power Supply Installation for Remote Rural Settlements with Solar Thermoelectric Generator

Stanislav S. Trunov,

Ph.D.(Eng.), leading specialist, e-mail: alla-rika@yandex.ru;

Aleksey V. Khimenko,

Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Dmitriy A. Tikhomirov,

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;

Aleksey V. Kuzmichev,

researcher

Abstract. *The analysis of scientific research, which presents thermoelectric technologies based on solar energy, capable of satisfying not only the need for electricity production, but also contribute to energy conservation and environmental protection, is carried out. (Research purpose) The research purpose is developing a structural diagram of an electric power supply installation with thermoelectric generators for remote rural settlements and objects of the agro-industrial complex with a solar concentrator and a solid-state thermal accumulator, calculating the main characteristics of the elements of the proposed installation with a solar thermoelectric generator. (Materials and methods) Conducted a patent search on the websites of the Eurasian Patent Organization, Rospatent and Google Patents. The available calculated dependences were analyzed to determine the main thermal characteristics of the elements of the proposed structural scheme of the power supply installation. The results of theoretical and experimental studies devoted to the development of power supply systems based on thermoelectric generators in combination with photovoltaic panels, solar concentrators and heat pipes have been demonstrated, which allow us to conclude that the creation of solar thermoelectric generators is relevant. (Results and discussion) A design was developed and a description of the operation of an electric power supply unit with a solar thermoelectric generator and heat pipes transmitting thermal energy from a solar concentrator through a solid-state thermal accumulator to a thermoelectric generator was presented. (Conclusions) Proposed a block diagram of the installation of a solar thermoelectric generator for remote settlements in combination with a solid-state heat accumulator and heat pipes that transmit thermal energy from a solar concentrator. Expressions were given for calculating the main thermal characteristics of the elements of the proposed installation with a solar thermoelectric generator (solar concentrator and solid-state thermal accumulator), as well as the efficiency and output electrical power of a thermoelectric power generator.*

Keywords: *solar thermoelectric generator, solar concentrator, solid-state thermal storage, heat pipes, remote rural settlements.*

For citation: Trunov S.S., Khimenko A.V., Tikhomirov D.A., Kuzmichev A.V. Ustanovka elektrosnabzheniya udalennykh obektov s solnechnym termoelektricheskim generatorom [Power supply installation for remote rural settlements with solar thermoelectric generator]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 48-55. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-48-55. EDN TXHQK.

УДК 631.1:635 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61

Технологическое и техническое обеспечение возделывания плодово-ягодной продукции на галечниковых землях

Аслан Каральбиевич Апажев,

доктор технических наук, профессор;

Юрий Ахметханович Шекихачев,

доктор технических наук, профессор,

e-mail: shek-fmer@mail.ru;

Луан Мухажевич Хажметов,

доктор технических наук, профессор;

Таймира Хасановна Пазова,

доктор технических наук, профессор;

Вячеслав Барасбиевич Дзуганов,

доктор технических наук, профессор;

Амур Григорьевич Фиапшев,

кандидат технических наук, доцент

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, г. Нальчик, Российская Федерация

Реферат. *Рассмотрена проблема вовлечения в хозяйственный оборот галечниковых земель с учетом того, что агротехника сельскохозяйственных культур на таких землях имеет свои особенности. Ряд элементов технологии возделывания культур и ухода за ними отличается от элементов агротехники на обычных почвах. Главным фактором, определяющим необходимость применения в этих условиях специальной технологии, служит высокая скелетность почвогрунтов. Различная мощность кольматационного*

горизонта, местами его отсутствие, а также различная степень обогащенности галечниковых отложений мелкоземистой фракцией по профилю создают неодинаковые условия местопроизрастания растений и, прежде всего, в отношении обеспеченности последних почвенной влагой и запасами питательных веществ. Для приведения условий среды в соответствие с потребностями сельскохозяйственных культур, выращиваемых на почвогрунтах с различным содержанием в них мелкозема, требуется применение дифференцированной агротехники и новых технических решений. (Цель исследования) Разработать технологические и технические решения для возделывания плодово-ягодной продукции на галечниковых землях. (Материалы и методы) Использовали результаты функционирования технических средств в условиях интенсивного садоводства. Провели теоретические исследования с помощью методов физического и математического моделирования, оптимизации процессов и математической статистики. (Результаты и обсуждение) Разработали устройство, применение которого по результатам производственных испытаний позволит: вовлечь в сельскохозяйственное производство галечниковые земли, неудобья, бросовые участки, нарушенные земли, участки земель со сложными геоморфологическими условиями. (Выводы) Показали, что при реализации предлагаемого устройства в интенсивном садоводстве (до 10 тысяч колоновидных плодовых деревьев на одном гектаре) с одного гектара яблоневого сада можно получить 50-160 тонн на гектар экологически чистой продукции, в ягодоводстве на одном модуле можно вырастить от 40 до 60 кустов клубники и получить урожай 120-180 тонн на гектар, что в 1,8-2,7 раза больше урожая, полученного при использовании традиционной технологии.

Ключевые слова: земельные ресурсы, садоводство, почва, галечниковые земли, бросовые земли, использование, агротехника, эффективность.

Для цитирования: Апажев А.К., Шехихачев Ю.А., Хажметов Л.М., Пазова Т.Х., Дзуганов В.Б., Фиапшев А.Г. Технологическое и техническое обеспечение возделывания плодово-ягодной продукции на галечниковых землях // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. №3(52). С. 56-61. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN HJLWIQ.

Technical Support for the Cultivation of Fruit and Berry Products on Pebble Lands

Aslan K. Apazhev,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Yuriy A. Shekikhachev,

Dr.Sc.(Eng.), professor; e-mail: shek-fmep@mail.ru;

Luan M. Khazhmetov,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Taymira Kh. Pazova,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Vyacheslav B. Dzuganov,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Amur G. Fiapshev,

Ph.D.(Eng.), associate professor

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Russian Federation

Abstract. The problem of involvement in the economic turnover of pebble lands is considered, taking into account the fact that agricultural technology of agricultural crops on such lands has its own characteristics. A number of elements of crop cultivation and care technology differ from elements of agricultural technology on conventional soils. The main factor determining the need for the use of special technology in these conditions is the high skeletalness of soils. The different thickness of the colmatation horizon, its absence in places, as well as the different degree of enrichment of pebble deposits with a fine-grained fraction along the profile create different conditions for plant growth and, above all, with regard to the provision of the latter with soil moisture and nutrient reserves. To bring environmental conditions in line with the needs of agricultural crops grown on soils with different content of fine-grained soil in them, the use of differentiated agricultural machinery and new technical solutions is required. (Research purpose) The research purpose is developing technological and technical solutions for the cultivation of fruit and berry products on pebble lands. (Materials and methods) Used the results of the functioning of technical means in conditions of intensive gardening. Conducted theoretical research using methods of physical and mathematical modeling, process optimization and mathematical statistics. (Results and discussion) A device has been developed, the use of which, according to the results of production tests, will allow: to involve pebble lands, inconveniences, waste areas, disturbed lands, land plots with complex geomorphological conditions in agricultural production. (Conclusions) It was shown that when implementing the proposed device in intensive gardening (up to 10 thousand columnar fruit trees per hectare), 50-160 tons per hectare of environmentally friendly products can be obtained from one hectare of

an apple orchard, in berry growing, 40 to 60 strawberry bushes can be grown on one module and a harvest of 120-180 tons per hectare can be obtained, which is 1.8-2.7 times more than the yield obtained using traditional technology.

Keywords: *land resources, horticulture, soil, pebble lands, waste lands, use, agricultural technology, efficiency.*

For citation: Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Pazova T.Kh., Dzuganov V.B., Fiapshev A.G. Tekhno-logicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie vzdelyvaniya plodovo-yagodnoy produktsii na galechnikovykh zemlyakh [Technical support for the cultivation of fruit and berry products on pebble lands]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 56-61. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN HJLWIQ.

УДК 633:631.17 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-62-66

Применение логистических уравнений для расчета технологических параметров пневмосортировальных машин

Виктор Геннадьевич Хамуев,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Сергей Игоревич Борзенко,

младший научный сотрудник, e-mail: serzhbk@gmail.com;

Максим Николаевич Московский,

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Цель разделения (сепарирования) смесей семян – наиболее полное выделение фракций по признакам, которые обеспечивают требуемое качество получаемого конечного продукта при наименьшем числе операций. Эти признаки учитываются при создании принципиальных схем зерно-очистительных и сортировальных машин (сепараторов). Представили результаты исследования по определению показателя оценки технологического эффекта сепарирования на примере разделения семенных смесей в восходящем воздушном потоке пневмосортировальных машин. (Цель исследования) Разработать метод расчета показателя оценки технологического эффекта сепарирования на примере разделения семенных смесей в восходящем воздушном потоке пневмосортировальных машин. (Материалы и методы) Провели исследование на основе уравнения логисты и методов математической статистики. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели логистическое уравнение (уравнение Ферхюльста по имени впервые сформулировавшего его бельгийского математика), которое изначально появилось при изучении модели роста численности населения. Установили, что результат измерений физико-механических свойств семян (признаков разделения) выражается или в вариационных рядах, или в вариационных кривых, определяющих частоту того или иного размера семян какой-либо совокупности. Показали, что из сопоставления этих данных, полученных для каждого компонента в отдельности, можно выявить, какие размеры основного зерна оказываются наиболее различными по сравнению с таковыми же у примесей. (Выводы) Получили формулу показателя оценки технологического эффекта сепарирования на примере разделения семенных смесей в восходящем воздушном потоке пневмосортировальных машин, отличающуюся тем, что она учитывает скорость витания разделяемых компонентов как признак разделения.*

Ключевые слова: *сепарирование смесей семян, соя, зерноочистительные машины, сортировальные машины, воздушный сепаратор, аспирационный канал, воздушные свойства зерна, разделение зерна в пневмоканале, уравнение нормированной логисты, уравнение Ферхюльста.*

Для цитирования: Хамуев В.Г., Борзенко С.И., Московский М.Н. Применение логистических уравнений для расчета технологических параметров пневмосортировальных машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 62-66. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-62-66. EDN TLTFQU.

Application of Logistic Equations for Calculating Technological Parameters of Pneumatic Sorting Machines

Viktor G. Khamuev,

Ph.D.(Eng.), leading researcher;

Sergey I. Borzenko,

junior researcher, e-mail: serzhbk@gmail.com;

Maksim N. Moskovskiy,

Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The purpose of separation of seed mixtures is the most complete separation of fractions according to the characteristics that ensure the required quality of the resulting final product with the least number of operations. These features are taken into account when creating schematic diagrams of grain-cleaning and sorting machines (separators). Presented the results of a study to determine the indicator for assessing the technological effect of separation by the example of separation of seed mixtures in the ascending air flow of pneumatic sorting machines. (Research purpose) The research purpose is developing a method for calculating the indicator for assessing the technological effect of separation on the separation of seed mixtures in the ascending air flow of pneumatic sorting machines. (Materials and methods) Conducted a study based on the logistic equation and methods of mathematical statistics. (Results and discussion) We considered the logistic equation (the Ferhulst equation by the name of the Belgian mathematician who first formulated it), which initially appeared when studying the population growth model. It was established that the result of measurements of the physico-mechanical properties of seeds (signs of separation) is expressed either in variational series or in variational curves that determine the frequency of a particular seed size of any aggregate. It was shown that from the comparison of these data obtained for each component separately, it is possible to identify which sizes of the main grain are the most different in comparison with those of the impurities. (Conclusions) We obtained a formula for evaluating the technological effect of separation by the example of separation of seed mixtures in the ascending air flow of pneumatic sorting machines, characterized in that it takes into account the soaring speed of the separated components as a sign of separation.

Keywords: separation of seed mixtures, soybeans, grain cleaning machines, sorting machines, air separator, aspiration channel, air properties of grain, grain separation in the pneumatic channel, normalized logistics equation, Ferhulst equation.

For citation: Khamuev V.G., Borzenko S.I., Moskovskiy M.N. Primenenie logisticheskikh uravneniy dlya rascheta tekhnologicheskikh parametrov pnevmosortiroval'nykh mashin [Application of logistic equations for calculating technological parameters of pneumatic sorting machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 62-66 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-62-66. EDN TLTFQU.

УДК 631.171

DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-67-72

Классификация типов строения сосков вымени коров с применением сверточной нейронной сети

Дмитрий Юрьевич Павкин,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, dimqaca@mail.ru;

Артем Рустамович Хакимов,

аспирант, младший научный сотрудник;

Семен Семенович Рузин,

младший научный сотрудник;

Игорь Мамедяревич Довлатов,

кандидат технических наук, научный сотрудник;

Александра Александровна Поликанова,

магистрант, специалист

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Развитие технологий машинного доения требует создания методик оценки параметров вымени и сосков молочных животных для оценки их пригодности к машинному доению. Сверточные нейронные сети используются в работе как инструмент нахождения и установления объектов, включая определение границ сосков, и могут быть адаптированы для выявления типа строения сосков вымени животных. (Цель исследования) Разработать сверточную нейросеть, позволяющую проводить автоматическую оценку животных по типу строения сосков. (Материалы и методы) Показали, что используемая нейросеть построена на основе сверточной нейронной сети VGG-16 – это архитектура сверточной нейросети для распознавания объектов в статических и динамических сценах. Использовали для установления типа сосков классификацию, разработанную в ФНАЦ ВИМ с определением шести типов сосков, распределение типов неравномерное. Скорректировали обучающую выборку для быстрого выбора животных, подходящих для машинного доения, при этом все три типа сосков вымени, рассматриваемых в исследовании, подходят для

него. (Результаты и обсуждение) Собрали массив данных 110 изображений сосков вымени животных трех выбранных типов. Применили при распознавании изображений тестовую выборку 40 изображений, средняя точность составила 87,5 процентов. Установили, что точность составила 92 процента при распознавании изображений, содержащих первый тип строения сосков вымени, 78 процентов для второго типа строения сосков вымени и 83 процента для шестого типа строения сосков вымени. (Выводы) Выявили, что полученные результаты исследования можно применить для подбора сосковой резины и регулировки коллекторов в доильном зале. Констатировали, что правильный подбор сосковой резины исключит возникновение маститных заболеваний от физического повреждения вымени, сведет к минимуму преждевременное падение доильных стаканов, что не нарушит процесс доения.

Ключевые слова: молочное животноводство, роботизированное доение, параметры вымени, нейросеть, бесконтактная оценка.

Для цитирования: Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Рузин С.С., Довлатов И.М., Поликанова А.А. Классификация типов строения сосков вымени коров с применением сверточной нейронной сети // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 67-72. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-67-72. EDN VXTPMV.

Classification of the Types of the Cow's Udder Teats Using a Convolutional Neural Network

Dmitriy Yu. Pavkin,

Ph.D.(Eng.), senior researcher, dimqaqa@mail.com;

Artem R. Khakimov,

aspirant, junior researcher;

Semen S. Ruzin,

junior researcher;

Igor M. Dovlatov,

Ph.D.(Eng.), researcher;

Aleksandra A. Polikanova,

master's degree, specialist

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The development of machine milking technologies requires the creation of methods for evaluating the parameters of udders and teats of dairy animals to assess their suitability for machine milking. Convolutional neural networks are used in the work as a tool for finding and establishing objects, including determining the boundaries of the nipples, and can be adapted to identify the type of structure of the udder nipples of animals. (Research purpose) The research purpose is developing a convolutional neural network that allows automatic assessment of animals by the type of structure of the teats. (Materials and methods) It was shown that the neural network used is based on the convolutional neural network VGG-16 – this is the architecture of a convolutional neural network for recognizing objects in static and dynamic scenes. The classification developed in FNAC VIM with the definition of six types of nipples was used to establish the type of nipples, the distribution of types is uneven. The training sample was adjusted to quickly select animals suitable for machine milking, while all three types of udder nipples considered in the study are suitable for it. (Results and discussion) We collected a data array of 110 images of udder nipples of animals of three selected types. A test sample of 40 images was used for image recognition, the average accuracy was 87.5 percent. It was found that the accuracy was 92 percent when recognizing images containing the first type of structure of the udder nipples, 78 percent for the second type of structure of the udder nipples and 83 percent for the sixth type of structure of the udder nipples. (Conclusions) It was revealed that the obtained results of the study can be used for the selection of nipple rubber and the adjustment of collectors in the milking parlor. It was stated that the correct selection of nipple rubber will exclude the occurrence of mastitis diseases from physical damage to the udder, will minimize the premature fall of the milking cups, which will not disrupt the milking process.*

Keywords: *dairy farming, robotic milking, udder parameters, neural network, non-contact evaluation*

For citation: Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Ruzin S.S., Dovlatov I.M., Polikanova A.A. Klassifikatsiya tipov stroeniya soskov vyeni korov s primeneniem svertochnoy neyronnoy seti [Classification of the types of the cow's udder teats using a convolutional neural network]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 67-72 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-67-72. EDN VXTPMV.

Структурная схема системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием

Александр Владимирович Виноградов,
доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник,
e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Дмитрий Владимирович Конкин,
специалист;

Алексей Валерьевич Букреев,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Алина Васильевна Виноградова,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

***Реферат.** Обеспечение удаленного мониторинга приусадебных, дачных участков позволяет сократить количество выездов для их обслуживания, своевременно получать информацию о зарастании территории, созревании выращиваемых плодов, несанкционированных посещениях участка. Управление оборудованием участка дает возможность осуществлять мониторинг полива растений, включение и отключение наружного освещения, выполнять другие операции. На основе анализа существующих решений, их преимуществ и недостатков разработана структурная схема системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием. (Цель исследования) Разработать структурную схему системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием с применением в ней фотоэлектрической установки. (Материалы и методы) Проанализировали литературные источники, имеющиеся способы и устройства мониторинга приусадебных участков и управления системами их энергообеспечения. Использовали общенаучные методы, методы разработки структурных схем. (Результаты и обсуждение) Предложили структуру системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием с применением в ней фотоэлектрической установки, позволяющую в автоматическом режиме и с помощью приложения для телефона, компьютера, осуществлять удаленный мониторинг и управление. Определили, что реализация структурной схемы системы позволяет сократить затраты на обслуживание приусадебного участка, повышает эффективность его использования. (Выводы) Выявили, что существующие способы и технические средства удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием носят разрозненный характер и не объединяются в единую систему. Разработали структурную схему системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием с применением в ней фотоэлектрической установки. Показали, что в системе реализуются новые способы мониторинга, используется нейросеть для обработки получаемой информации.*

***Ключевые слова:** система удаленного мониторинга и управления, приусадебный участок, структурная схема, фотоэлектрическая установка, использование нейросети.*

Для цитирования: Виноградов А.В., Конкин Д.В., Букреев А.В., Виноградова А.В. Структурная схема системы удаленного мониторинга территории приусадебного участка и управления его оборудованием // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2023. Т. 70. №3(52). С. 73-79. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-73-79. EDN ААННУФ.

Structural Diagram of a System for Remote Monitoring of a Household Plot and Control of Its Equipment

Aleksandr V. Vinogradov,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor, leading researcher,
e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Dmitriy V. Konkin,
specialist;

Aleksey V. Bukreev,
Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Alina V. Vinogradova,
Ph.D.(Eng.), senior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Providing remote monitoring of homestead, suburban areas allows you to reduce the number of trips for their maintenance, to receive timely information about the overgrowth of the territory, the ripening of cultivated fruits, unauthorized visits to the site. The management of the site equipment makes it possible to monitor the watering of plants, turn on and off outdoor lighting, and perform other operations. Based on the analysis of existing solutions, their advantages and disadvantages, a block diagram of a system for remote monitoring of the territory of a household plot and management of its equipment has been developed. (Research purpose) The research purpose is developing a block diagram of a system for remote monitoring of a household plot and control of its equipment with the use of a photovoltaic installation. (Materials and methods) Analyzed literature sources, available methods and devices for monitoring household plots and managing their energy supply systems. We used general scientific methods, methods of developing structural schemes. (Results and discussion) We proposed the structure of a system for remote monitoring of the territory of a household plot and management of its equipment with the use of a photovoltaic installation in it, which allows for remote monitoring and management in automatic mode and using an application for a phone, computer. It was determined that the implementation of the structural scheme of the system allows to reduce the maintenance costs of the infield, increases the efficiency of its use. (Conclusions) It was revealed that the existing methods and technical means of remote monitoring of the territory of the household plot and management of its equipment are of a disparate nature and do not combine into a single system. We have developed a block diagram of a system for remote monitoring of the territory of a household plot and control of its equipment with the use of a photovoltaic installation in it. It was shown that new monitoring methods are being implemented in the system, a neural network is used to process the information received.

Keywords: remote monitoring and control system, household plot, block diagram, photovoltaic installation, use of neural network.

For citation: Vinogradov A.V., Konkin D.V., Bukreev A.V., Vinogradova A.V. Strukturnaya skhema sistemy udalennogo monitoringa territorii priusadebnogo uchastka i upravleniya ego oborudovaniem [Structural diagram of a system for remote monitoring of a household plot and control of its equipment]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 73-79. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-73-79. EDN AAHHYF.

УДК 637.116.5 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-80-88

Узел магнитожидкостного уплотнения для электропульсатора доильного аппарата

Геннадий Владимирович Никитенко,

доктор технических наук, профессор, e-mail: nikitenko_gv@mail.ru;

Виталий Анатольевич Гринченко,

кандидат технических наук, доцент;

Александр Александрович Яновский,

кандидат физико-математических наук, доцент

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

Реферат. Магнитные жидкости представляют собой искусственный материал, которому свойственна текучесть и способность сильно намагничиваться в магнитных полях. Они состоят из коллоидных частиц ферри- или ферромагнетика, несущей жидкой среды и поверхностно-активного вещества. (Цель исследования) Определить параметры магнитных жидкостей для разработанного электропульсатора. Выбрали магнитожидкостное уплотнение для узла уплотнения в новой конструкции электропульсатора доильного аппарата; узел магнитожидкостного уплотнения удерживает шток линейного электродвигателя в строго осевом положении, исключая перекосы, стопорение и вибрацию, что обеспечивает стабильное выполнение заданного режима доения. (Материалы и методы) Показали, что разработанный узел магнитожидкостного уплотнения располагается в пазе, заполненном магнитной жидкостью. Определили, что утечку магнитной жидкости в пазе исключает тороидальный постоянный магнит, ограниченный фиксатором. Использовали в разработанном узле магнитожидкостного уплотнения взвесь высокодисперсных частиц магнетита в керосине, стабилизированных при помощи олеиновой кислоты. (Результаты и обсуждение) Получили для трех образцов магнитной жидкости с различной концентрацией твердой фазы экспериментальные зависимости намагниченности от величины приложенного магнитного поля, а также коэффициента теплопроводности от температуры. Обнаружили, что все образцы имеют линейный характер зависимости намагниченности вплоть до значений напряженности внешнего магнитного поля около 35 килоампер на метр. Выявили, что намагниченность

насыщения магнитной жидкости возрастает от 21 до 24 килоампер на метр с ростом концентрации магнитной фазы с 8 до 12 процентов в образцах. Установили в ходе расчета, что перепад давления, который выдерживает разработанный узел, составляет от 104 до 106 паскаль. Обосновали теоретически, что критический перепад давления увеличивается при уменьшении зазора между штоком и фиксатором. (Выводы) Изучили три образца магнитной жидкости и определили гидродинамические, теплофизические и другие параметры магнитных жидкостей, потенциально применимых для их использования в качестве уплотнителей в узлах магнитоожидкостного уплотнения разработанного электропульсатора.

Ключевые слова: магнитная жидкость, магнитоожидкостное уплотнение, электропульсатор, клапанный механизм, доильный аппарат, линейный электродвигатель.

Для цитирования: Никитенко Г.В., Гринченко В.А., Яновский А.А. Узел магнитоожидкостного уплотнения для электропульсатора доильного аппарата // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 80-88. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-80-88. EDN DSTOPV.

Magnetofluidic Seal Assembly for Electric Pulsator of Milking Machine

Gennadiy V. Nikitenko,

Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: nikitenko_gv@mail.ru;

Vitaliy A. Grinchenko,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Aleksandr A. Yanovskiy,

Ph.D.(Phys. and Mathem.), associate professor

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

Abstract. *Magnetic fluids are an artificial material that is characterized by fluidity and the ability to be strongly magnetized in magnetic fields. They consist of colloidal particles of a ferri- or ferromagnet, a carrier liquid medium and a surfactant. (Research purpose) The research purpose is determining the parameters of magnetic fluids for the developed electric pulsator. We chose a magnetofluidic seal for the sealing unit in the new design of the electric pulsator of the milking machine; the magnetofluidic seal assembly holds the rod of the linear electric motor in a strictly axial position, excluding distortions, locking and vibration, which ensures stable performance of the specified milking mode. (Materials and methods) It was shown that the developed magnetofluidic sealing unit is located in a groove filled with magnetic fluid. It was determined that the leakage of magnetic fluid in the groove excludes a toroidal permanent magnet limited by a retainer. A suspension of highly dispersed magnetite particles in kerosene stabilized with oleic acid was used in the developed magnetofluidic compaction unit. (Results and discussion) Experimental dependences of magnetization on the magnitude of the applied magnetic field, as well as the coefficient of thermal conductivity on temperature, were obtained for three samples of magnetic fluid with different concentrations of the solid phase. It was found that all samples have a linear dependence of magnetization up to the values of the external magnetic field strength of about 35 kiloamps per meter. It was found that the saturation magnetization of the magnetic fluid increases from 21 to 24 kiloamps per meter with an increase in the concentration of the magnetic phase from 8 to 12 percent in the samples. It was established during the calculation that the pressure drop that the developed unit withstands is from 104 to 106 pascal. It was theoretically proved that the critical pressure drop increases with a decrease in the gap between the rod and the retainer. (Conclusions) Three samples of magnetic fluid were studied and hydrodynamic, thermophysical and other parameters of magnetic fluids potentially applicable for their use as seals in the nodes of the magnetofluidic seal of the developed electric pulsator were determined.*

Keywords: magnetic fluid, magnetofluidic seal, electric pulsator, valve mechanism, milking machine, linear electric motor.

For citation: Nikitenko G.V., Grinchenko V.A., Yanovskiy A.A. Uzel magnitozhidkostnogo uplotneniya dlya elektropul'satora doil'nogo apparata [Magnetofluidic seal assembly for electric pulsator of milking machine]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 80-88 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-80-88. EDN DSTOPV.

УДК 631.17 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-89-95

Разработка технологии автоматической оценки упитанности молочных коров

Дмитрий Юрьевич Павкин,

старший научный сотрудник, e-mail: dimqaqa@mail.ru;

Сергей Сергеевич Юрочка,
старший научный сотрудник;
Семен Сергеевич Рузин,
младший научный сотрудник;
Игорь Анатольевич Пехальский,
ведущий научный сотрудник;
Артем Рустамович Хакимов,
младший научный сотрудник;
Александра Александровна Поликанова,
специалист

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Мировая тенденция развития молочного животноводства направлена на автоматизацию и роботизацию технологических процессов производства молока на товарной ферме. (Цель исследования) Разработать систему оценки балла упитанности молочных коров, которая будет применима для систем машинного зрения и позволит автоматизировать раннюю диагностику физиологического состояния, предупреждение развития заболеваний, корректировку рациона кормления, принятие решений о переводе животных в другие технологические группы и оценку общего физиологического состояния стада. (Материалы и методы) Сформировали для оценки балла упитанности по месту сбора данных экспертные группы, которые состояли по меньшей мере из двух независимых ветеринарных врачей, двух специалистов с профильным образованием. Произвели сбор натуральных данных с августа 2020 года по ноябрь 2022 года на трех фермах, общий набор данных содержал 486 снимков от 182 животных с баллами упитанности от 1 до 5 (по оценке экспертной группы). (Результаты и обсуждение) Разработали методику определения балла упитанности, которая акцентируется на получении линейных размеров 5 областей спины: маклаки, голодная ямка, крестовая связка, выпуклость остистых и поперечных позвонков. Показали, что математическая модель применяет линейную регрессию для оценки областей интереса. Модернизировали методику оценки экспертной группой для возможности применения системой машинного зрения. (Выводы) Разработали систему оценки упитанности молочных коров, применимую для работы системы машинного зрения; метод определения балла упитанности с шагом 0,25 балла по 5-балльной шкале; методику проведения исследований и сбора натуральных данных; в течение двух лет собрали массив данных, который содержит 486 снимков от 182 животных с баллами упитанности от 1 до 5 с шагом 0,25 балла (17 классов). Привели алгоритм автоматической оценки упитанности животных с последующим определением их физиологического состояния.*

Ключевые слова: *молочные коровы, искусственный интеллект, индекс массы тела, 3D-камера, бесконтактная оценка, определение области интереса.*

Для цитирования: Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Рузин С.С., Пехальский И.А., Хакимов А.Р., Поликанова А.А. Разработка технологии автоматической оценки упитанности молочных коров // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2023. Т. 70. N3(52). С. 89-95. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-89-95. EDN PSTCCL.

Technology for Automatic Assessment of the Fatness of Dairy Cows

Dmitriy Yu. Pavkin,
senior researcher, e-mail: dimqqa@mail.ru;
Sergey S. Yurochka,
senior researcher;
Semyon S. Ruzin,
junior researcher;
Igor' A. Pehalskiy,
leading researcher;
Artem R. Khakimov,
junior researcher;
Aleksandra A. Polikanova,
specialist

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The global trend in the development of dairy farming is aimed at automating and robotizing the technological processes of milk production on a commodity farm. (Research purpose) The research purpose is developing a system for assessing the fatness score of dairy cows, which will be applicable for machine vision systems and will automate early diagnosis of the physiological state, prevention of disease development, adjustment of the feeding diet, decision-making on the transfer of animals to other technological groups and assessment of the overall physiological state of the herd. (Materials and methods) Expert groups were formed to assess the fatness score at the place of data collection, which consisted of at least two independent veterinarians, two specialists with specialized education. Full-scale data was collected from August 2020 to November 2022 on three farms, the total data set contained 486 images from 182 animals with fatness scores from 1 to 5 (according to the expert group). (Results and discussion) We have developed a methodology for determining the fatness score, which focuses on obtaining the linear dimensions of 5 areas of the back: maklaki, hungry fossa, cruciate ligament, convexity of spinous and transverse vertebrae. It was shown that the mathematical model uses linear regression to evaluate areas of interest. The evaluation methodology was upgraded by an expert group for the possibility of application by a machine vision system. (Conclusions) Developed a system for assessing the fatness of dairy cows, applicable to the operation of a machine vision system; a method for determining the fatness score in increments of 0.25 points on a 5-point scale; a methodology for conducting research and collecting field data; for two years, a data array was collected that contains 486 images from 182 animals with fatness scores from 1 to 5 in increments of 0.25 points (17 classes). The algorithm of automatic assessment of fatness of animals with the subsequent determination of their physiological state was given.

Keywords: milking cows, artificial intelligent, Body Score Condition (BCS), 3D TOF sensor, non-contact assess, recognize area of interest.

For citation: Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Pehalskiy I.A., Khakimov A.R., Polikanova A.A. Razrabotka tekhnologii avtomaticheskoy otsenki upitannosti molochnykh korov [Technology for automatic assessment of the fatness of dairy cows]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 89-95 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-89-95. EDN PSTCCL.

УДК 621.311:519.87

DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-96-102

Методы математического моделирования характеристики мощности ветроэнергетической установки

Осман Серверович Бекиров,

магистр, e-mail: osman_bekirov@list.ru;

Эскендер Алимович Бекиров,

доктор технических наук, профессор;

Светлана Николаевна Воскресенская,

кандидат технических наук, доцент

Физико-технический институт Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Российская Федерация

Реферат. В настоящий момент рынок ветроэнергетики России пользуется ветроэнергетическими установками, у которых есть свой диапазон параметров и характеристик. Существуют также различные методики, благодаря которым можно рассчитать выработку электроэнергии по номинальной мощности и данным ветрового потенциала для площадки, где планируется сооружение ветроэлектростанции. Но для этого необходимо наличие характеристики мощности для конкретно взятой ветроэнергетической установки. Часто для ее построения используется номинальная скорость ветра. (Цель исследования) Проанализировать методы моделирования характеристики мощности для ветроэнергетических установок с различными системами управления. Рассмотрели случаи для систем управления pitch control и stall control. (Материалы и методы) Применили аналитические и расчетные методы, в частности метод бинов и метод линейной интерполяции. (Результаты и обсуждение) Привели формулы для расчета скорости ветра и активной мощности для построения характеристики мощности при помощи метода бинов. Описали подходы к моделированию характеристики мощности и ее аппроксимации. Учили при этом особенности систем управления мощностью, которые подразделяются на активные, пассивные и комбинированные. Представили в табличном виде результаты расчетов, свидетельствующие, что при пассивной и комбинированной системах управления кубические полиномы не могут быть использованы из-за большой погрешности аппроксимации; это свидетельствует о том, что распространенные методы определения мощности и выработки не всегда дают точные результаты. (Выводы) Продемонстрировали несколько

математических моделей, используемых для анализа характеристик мощности ветроэнергетических установок. Показали, что они могут быть использованы, чтобы спрогнозировать выработку для заданных площадок с известным ветровым режимом.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, математическая модель, бин, характеристика мощности, аппроксимация.

Для цитирования: Бекиров О.С., Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н. Методы математического моделирования характеристики мощности ветроэнергетической установки // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 96-102. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-96-102. EDN KYRTOC.

Methods of Mathematical Modeling of the Power Characteristics of a Wind Turbine

Osman S. Bekirov,

master student, e-mail: osman_bekirov@list.ru;

Eskender A. Bekirov,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Svetlana N. Voskresenskaya,

Ph.D.(Eng.), associate professor

Institute of Physics and Technology of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

Abstract. *At the moment, the Russian wind energy market uses wind power plants, which have their own range of parameters and characteristics. There are also various methods by which it is possible to calculate electricity generation by nominal capacity and wind potential data for the site where the construction of a wind farm is planned. But for this, it is necessary to have a power characteristic for a particular wind power plant. The nominal wind speed is often used for its construction. (Research purpose) Applied analytical and computational methods, in particular the Binov method, the method of approximation of the function – linear interpolation, this is a way to calculate the intermediate value of the function from its already known several values. (Materials and methods) Applied analytical and computational methods, in particular the Binov method and the linear interpolation method. (Results and discussion) Formulas for calculating wind speed and active power for constructing power characteristics using the Binov method were given. Approaches to modeling the power characteristic and its approximation are described. At the same time, we took into account the features of power management systems, which are divided into active, passive and combined. The results of calculations were presented in tabular form, indicating that cubic polynomials cannot be used with passive and combined control systems due to a large approximation error; this indicates that common methods for determining power and output do not always give accurate results. (Conclusions) Several mathematical models used to analyze the power characteristics of wind power plants have been demonstrated. They have shown that they can be used to predict production for given sites with a known wind regime.*

Keywords: wind power turbine, mathematical model, bin, power characteristic, approximation.

For citation: Bekirov O.S., Bekirov E.A., Voskresenskaya S.N. Metody matematicheskogo modelirovaniya kharakteristiki moshchnosti vetroenergeticheskoy ustanovki [Methods of mathematical modeling of the power characteristics of a wind turbine]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 96-102 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-96-102. EDN KYRTOC.

УДК 629.114.2 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-103-108

Транспортно-технологический модуль с электроприводом колес

Максим Алексеевич Карпов¹,

студент, e-mail: karpovmaksim.ru@mail.ru;

Александр Владимирович Лавров²,

кандидат технических наук;

Максим Владимирович Сидоров¹,

кандидат технических наук, доцент;

Анастасия Владимировна Сидорова¹,

аспирант

¹Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Сельское хозяйство Российской Федерации терпит огромные потери из-за отсутствия необходимой техники для работы на почвах с низкой несущей способностью. В результате уборка озимых занимает больше 40 дней, потери урожая составляют 42 процента. При внесении удобрений около 40 процентов поверхности почвы уплотняется колесами сельскохозяйственной техники. Уплотнение почвы ведет к появлению крупных и плотных глыб земли при вспашке. В составе тракторного парка крестьянско-фермерских хозяйств применяются тракторы тяговых классов 1,4-5. Такая номенклатура типажей тракторов приводит к дополнительным затратам, связанным с низкой годовой загрузкой тракторов, переуплотнением почв тракторами высоких тяговых классов. (Цель исследования) Обосновать применение транспортно-технологического модуля с электроприводом колес. (Материалы и методы) Привели принципиальную схему модульного энерготехнологического средства и кинематическую схему привода колес транспортно-технологического модуля. (Результаты и обсуждение) Разработали транспортно-технологический модуль с электроприводом ведущих колес от генератора, который в свою очередь вращается за счет вала отбора мощности трактора, соединенного карданной передачей. Определили, что за необходимое кинематическое соответствие между ведущими колесами трактора и транспортно-технологического модуля отвечают электронный блок управления и датчики скорости колес. Установили, что это позволяет исключить необходимость синхронного вала отбора мощности на тракторе и, как следствие, делает технологический модуль универсальным. (Выводы) Показали, что использование транспортно-технологического модуля с электроприводом колес служит эффективным способом решения проблемы балластирования и дает возможность повысить технологические свойства трактора второго поколения. Констатировали, что применение транспортно-технологического модуля с электроприводом колес позволит использовать трактор для выполнения транспортных работ, требующих большой тяговой силы, на почвах с низкой несущей способностью, таких как транспортировка леса, навоза в весеннюю и осеннюю распутицу и других.*

Ключевые слова: *трансмиссия, модульное энерготехнологическое средство, кинематическое несоответствие, электропривод.*

Для цитирования: Карпов М.А., Лавров А.В., Сидоров М.В., Сидорова А.В. Транспортно-технологический модуль с электроприводом колес // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 103-108. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-103-108. EDN BJCVCX.

Transport and Technological Module with Electric Wheel Drive

Maksim A. Karpov¹,

student, e-mail: karpovmaksim.ru@mail.ru;

Aleksandr V. Lavrov²,

Ph.D.(Eng.);

Maksim V. Sidorov¹,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Anastasiya V. Sidorova¹,

postgraduate

¹Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Agriculture of the Russian Federation suffers huge losses due to the lack of the necessary equipment to work on soils with low load-bearing capacity. As a result, harvesting of winter crops takes more than 40 days, and crop losses amount to 42 percent. When applying fertilizers, about 40 percent of the soil surface is compacted by the wheels of agricultural machinery. Compaction of the soil leads to the appearance of large and dense blocks of earth during plowing. Tractors of traction classes 1,4-5 are used as part of the tractor fleet of peasant farms. Such a nomenclature of tractor types leads to additional costs associated with low annual loading of tractors, over-compaction of soils, tractors of high traction classes. (Research purpose) The research purpose is justifying the use of a transport and technological module with an electric wheel drive. (Materials and methods) Gave a schematic diagram of a modular power-technological means and a kinematic scheme of the wheel drive of a transport and technological module. (Results and discussion) We have developed a transport and technological module with an electric drive of the driving wheels from the generator, which in turn rotates due to the tractor power take-off shaft connected by a cardan transmission. It was determined that the electronic control unit and wheel speed sensors are responsible for the*

necessary kinematic correspondence between the driving wheels of the tractor and the transport and technological module. It was found that this eliminates the need for a synchronous power take-off shaft on the tractor and, as a result, makes the technological module universal. (Conclusions) It was shown that the use of a transport and technological module with an electric wheel drive serves as an effective way to solve the problem of ballasting and makes it possible to improve the technological properties of a second-generation tractor. It was stated that the use of a transport and technological module with an electric wheel drive will allow the tractor to be used to perform transport work requiring a large traction force on soils with low load-bearing capacity, such as the transportation of forests, manure in the spring and autumn thaw and others.

Keywords: transmission, modular power technology, kinematic mismatch, electric drive.

For citation: Karpov M.A., Lavrov A.V., Sidorov M.V., Sidorova A.V. Transportno-tehnologicheskii modul' s elektroprivodom koles [Transport and technological module with electric wheel drive]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 103-108 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-103-108. EDN BJCVCX.

УДК 621.311.243 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-109-114

Методика расчета выбора аккумуляторных батарей для мобильного транспортного средства с электроприводом

Леонид Юрьевич Юферов,

доктор технических наук, главный научный сотрудник;

Антон Павлович Споров,

аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: antonspo@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. В настоящее время наблюдается активное использование электротранспорта, который применяется на фермах, выполняя ряд технологических процессов по содержанию животных и выращиванию растений. Появляется необходимость изменения технических характеристик такого транспорта, в частности, экономии заряда тяговой батареи с помощью режима выбега. (Цель исследования) Определить возможности и проблемы режима выбега, применяемого на мобильном транспортном средстве сельскохозяйственного назначения, в качестве которого используется трактор Т-16 с электроприводом. (Материалы и методы) Установили основные узлы трактора Т-16 с электроприводом: шасси; тяговая аккумуляторная батарея; контрольно-зарядное устройство; электропривод, включающий многоскоростные коробки передач. (Результаты и обсуждение) Разработали схему подключения двигателя к частотному преобразователю с режимом выбега и провели экспериментальные исследования. (Выводы) Выяснили, что для обеспечения режима холостого хода мобильного транспортного средства при отключении двигателя от частотного преобразователя необходимо контролировать разницу частот двигателя и частотного преобразователя, так как большая разность может привести к значительным перегрузкам и переводу частотного преобразователя в режим ошибки. Провели экспериментальные исследования зависимости пусковых токов от разницы частоты преобразователя и электрического двигателя. Построили графики, которые показали, что на основе проведенных экспериментов при использовании двигателя мощностью 11 киловатт в час полученные значения токов будут в 4 раза больше, что приведет к перегрузке частотного преобразователя. Показали, что без дополнительных способов и приемов такой режим применять опасно и не рекомендуется. Выявили вариант уменьшения пусковых токов – это установка дополнительной индуктивности между двигателем и частотным преобразователем, при правильном ее подборе по формуле можно уменьшить пусковой ток до предельно допустимого.

Ключевые слова: Т-16 с электроприводом, электропривод, транспортное средство с электроприводом, энергетическое оборудование, асинхронный электродвигатель, аккумуляторы.

Для цитирования: Юферов Л.Ю., Споров А.П. Методика расчета выбора аккумуляторных батарей для мобильного транспортного средства с электроприводом // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N3(52). С. 109-114. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-109-114. EDN UZFXA.

Choice of Batteries for an Electric Mobile Vehicle

Leonid Yu. Yuferev,

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
Anton P. Sporov,
postgraduate, junior researcher, e-mail: antonspo@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Currently, there is an active use of electric transport, which is used on farms, performing a number of technological processes for keeping animals and growing plants. There is a need to change the technical characteristics of such transport, in particular, saving the charge of the traction battery using the run-out mode. (Research purpose) The research purpose is studying the possibilities and problems of the run-out mode used on a mobile agricultural vehicle, which uses an electric tractor T-16. (Materials and methods) Installed the main components of the tractor T-16 with electric drive: chassis; traction battery; control charger; electric drive, including multi-speed gearboxes. (Results and discussion) We developed a circuit for connecting the motor to a frequency converter with a run-out mode and conducted experimental studies. (Conclusions) It was found out that in order to ensure the idling mode of a mobile vehicle when the engine is disconnected from the frequency converter, it is necessary to control the frequency difference between the engine and the frequency converter, since a large difference can lead to significant overloads and the transfer of the frequency converter to error mode. Experimental studies of the dependence of starting currents on the frequency difference between the converter and the electric motor were carried out. Graphs were constructed that showed that based on the experiments conducted when using an 11 kilowatt-per-hour motor, the current values obtained would be 4 times greater, which would overload the frequency converter. They have shown that without additional methods and techniques, such a regime is dangerous to use and is not recommended. A variant of reducing the starting currents has been identified – this is the installation of an additional inductance between the motor and the frequency converter, with its correct selection according to the formula, the starting current can be reduced to the maximum permissible.*

Keywords: *T-16 with electric drive, electric drive, electric vehicle, power equipment, asynchronous electric motor, batteries.*

For citation: Yuferev L.Yu., Sporov A.P. Metodika rascheta vybora akkumulyatornykh batarey dlya mobil'nogo transportnogo sredstva s elektroprivodom [Choice of batteries for an electric mobile vehicle]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2023. T. 70. N3(52). 109-114. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-109-114. EDN UZFZXA.