

Электротермическое действие на органические дисперсные гидросистемы

Денис Иванович Кривовязенко,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: den2056@rambler.ru;

Евгений Михайлович Заяц,

доктор технических наук, профессор

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

***Реферат.** Особый интерес представляет переработка продуктов сельскохозяйственного производства растительного и животного происхождения: овощные и фруктовые соки, молочные сыворотки, картофельный сок, влажные и увлажненные корма и другие, которые относятся к органическим дисперсным гидросистемам. Эффективность переработки данных сред можно повысить путем пропускания через них электрического тока. (Цель исследования) Описать механизм термического действия электрического тока на органические дисперсные гидросистемы на примере молочной сыворотки, выяснить роль термического фактора в регулирующем действии тока. (Материалы и методы) Рассмотрели органический коллоидный раствор упрощенно, как двухфазную дисперсную систему, в которой дисперсной фазой выступают молекулы белка, а дисперсной средой – остальная часть коллоидной системы. Составили для выяснения роли термического фактора в регулирующем действии тока электрическую схему замещения фрагмента среды с белками. (Результаты и обсуждение) Установили, что электрическая схема замещения среды с белковыми молекулами позволила вычислить параметры обработки коллоидных растворов. Показали по итогам проведенных расчетов, что при обработке электрическим током подобных коллоидных растворов в результате прямого избирательного термического воздействия тока температура белковых молекул превышает среднюю температуру окружающего продукта не более чем на 10 градусов Цельсия. Определили, что термическое действие тока служит важным фактором воздействия на коллоидные растворы, однако повышение температуры ведет к увеличению энергозатрат при электрообработке данных сред. (Выводы) Привели механизм термического действия электрического тока на органические дисперсные гидросистемы – молочную сыворотку. Выявили, что полученные результаты необходимы для моделирования электрических и температурных полей, которые определяют равномерность и качество обработки материала. Констатировали, что моделирование режимов электрообработки коллоидных растворов позволит снизить температуру среды и, следовательно, энергоемкость процесса, оптимизировать нетепловые факторы при коагуляции коллоидных растворов.*

***Ключевые слова:** органические дисперсные гидросистемы, молочная сыворотка, молекулы белка, механизм термического действия электрического тока.*

Для цитирования: Кривовязенко Д.И., Заяц Е.М. Электротермическое действие на органические дисперсные гидросистемы // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2023. Т. 70. N2(51). С. 3-9. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-3-9. EDN LXZGGT.

Electrothermal Effect on Organic Dispersed Hydraulic Systems

Denis I. Krivoviyazenko,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: den2056@rambler.ru;

Evgeniy M. Zayats,

Dr.Sc.(Eng.), professor

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

***Abstract.** Of particular interest is the processing of agricultural products of plant and animal origin: vegetable and fruit juices, milk serums, potato juice, moist and moistened feeds and others that belong to organic dispersed hydraulic systems. The efficiency of processing these media can be improved by passing an electric current through them. (Research purpose) The research purpose is describing the mechanism of the thermal effect of electric current on organic dispersed hydraulic systems on the example of whey, searching for the role of the thermal factor in the regulating action of the current. (Materials and methods) Considered an organic colloidal solution simplistically as a two-phase dispersed system in which protein molecules act as a dispersed phase, and the rest of the colloidal system acts as a dispersed medium. In order to clarify the role of the thermal factor in the regulating action of the current, an electrical circuit for the replacement of a fragment of a medium with proteins was compiled. (Results and discussion) It was established that the electrical circuit of the substitution of the medium with protein molecules*

allowed calculating the processing parameters of colloidal solutions. Based on the results of the calculations carried out, it was shown that when such colloidal solutions are treated with electric current as a result of direct selective thermal action of the current, the temperature of protein molecules exceeds the average temperature of the surrounding product by no more than 10 degrees Celsius. It was determined that the thermal effect of the current is an important factor in influencing colloidal solutions, however, an increase in temperature leads to an increase in energy consumption during electrical processing of these media. (Conclusions) The mechanism of the thermal effect of electric current on organic dispersed hydraulic systems – whey – was given. It was revealed that the obtained results are necessary for modeling electric and temperature fields that determine the uniformity and quality of material processing. It was stated that modeling the modes of electrical treatment of colloidal solutions will reduce the temperature of the medium and, consequently, the energy intensity of the process, optimize non-thermal factors during coagulation of colloidal solutions.

Keywords: organic dispersed hydraulic systems, milk whey, protein molecules, mechanism of thermal effect of electric current.

For citation: Krivovyazenko D.I., Zayats E.M. Elektrotermicheskoe deystvie na organicheskie dispersnye gidrosistemy [Electrothermal effect on organic dispersed hydraulic systems]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 3-9 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-3-9. EDN LXZGGT.

УДК 628.987 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-10-18

Оптимальные параметры и режимы работы системы освещения вертикальных ферм: обзор мировых исследований

Дмитрий Алексеевич Филатов,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, e-mail: filatov_da@inbox.ru;

Екатерина Александровна Авдеева,

старший преподаватель;

Игорь Юрьевич Олонин,

аспирант

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Реферат. Вертикальная ферма представляет собой закрытую систему, которая характеризуется максимально благоприятным климатом при минимальном взаимодействии с внешней окружающей средой. Оптимальный микроклимат вертикальных ферм дает стабильное производство сухой массы сельскохозяйственных культур в отличие от теплиц. В более высоких широтах для обогрева теплиц требуется больше электроэнергии, чем для освещения. Основная задача для расширения географии по исследованию вертикальных ферм – определение оптимальных параметров и режимов работы систем освещения с целью минимизации затрат электроэнергии при производстве единицы продукции. (Цель исследования) Выполнить обзор мировых исследований по оптимальным параметрам и режимам работы системы освещения вертикальных ферм. (Материалы и методы) Проанализировали зарубежные исследования по использованию искусственных источников света в растениеводстве для максимального производства при минимальных затратах на покупную электроэнергию. (Результаты и обсуждение) Показали, что при длительном фотопериоде и невысоких уровнях плотности фотосинтетического фотонного потока в рамках равного дневного интервала света более эффективно используется свет и электрическая энергия. (Выводы) Выявили по результатам обзора мировых исследований, что для достижения растениями наибольшей массы и минимальных затрат времени при выращивании салата, базилика, микрозелени необходим фотопериод 16 часов в день. Определили, что плотность фотосинтетического потока фотонов минимально достаточна при выращивании микрозелени – 100 микромоль на квадратный метр в сутки (спектр синий:красный:дальний красный свет B:R:FR = 20:70:10), у салата – 200 микромоль на квадратный метр в сутки (красно-синий свет R:B = 70:30 и теплый белый свет B:G:R:FR = 8:30:51:11 соответственно), у базилика – 250 микромоль на квадратный метр в сутки (синий:красный:дальний красный свет B:R:FR = 10:80:10).

Ключевые слова: спектр, интенсивность света, фотопериод, биомасса, электроэнергия.

Для цитирования: Филатов Д.А., Авдеева Е.А., Олонин И.Ю. Оптимальные параметры и режимы работы системы освещения вертикальных ферм: обзор мировых исследований // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 10-18. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-10-18. EDN OQFQLQ.

Optimal Parameters and Operating Modes of the Vertical Farm Lighting System: an Overview of World Research

Dmitriy A. Filatov,

Ph.D.(Eng.), associate professor, head of the department, e-mail: filatov_da@inbox.ru;

Ekaterina A. Avdeeva,

senior lecturer;

Igor' Yu. Olonin,

postgraduate

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract. *The vertical farm is a closed system, which is characterized by the most favorable climate with minimal interaction with the external environment. The optimal microclimate of vertical farms provides stable production of dry mass of crops, unlike greenhouses. At higher latitudes, heating greenhouses requires more electricity than lighting. The main task for expanding the geography of the study of vertical farms is to determine the optimal parameters and operating modes of lighting systems in order to minimize the cost of electricity in the production of a unit of production. (Research purpose) The research purpose is reviewing the world research on the optimal parameters and modes of the lighting system of vertical farms. (Materials and methods) Analyzed foreign studies on the use of artificial light sources in crop production for maximum production at minimum cost of purchased electricity. (Results and discussion) It has been shown that with a long photoperiod and low levels of photosynthetic photon flux density, light and electrical energy are used more efficiently within an equal daylight interval. (Conclusions) Based on the results of a review of world studies, it was revealed that a photoperiod of 16 hours a day is necessary for plants to achieve the greatest mass and minimum time spent when growing lettuce, basil, and microgreens. It was determined that the density of photosynthetic photon flux is minimally sufficient when growing microgreens – 100 micromoles per square meter per day (spectrum blue:red:far red light B:R:FR = 20:70:10), lettuce – 200 micromoles per square meter per day (red-blue light R:B = 70:30 and warm white light B:G:R:FR = 8:30:51:11, respectively), the basil has 250 micromoles per square meter per day (blue:red:high red light B:R:FR = 10:80:10).*

Keywords: spectrum, light intensity, photoperiod, biomass, electric power.

For citation: Filatov D.A., Avdeeva E.A., Olonin I.Yu. Optimal'nye parametry i rezhimy raboty sistemy osveshcheniya vertikal'nykh ferm: obzor mirovykh issledovaniy [Optimal parameters and operating modes of the vertical farm lighting system: an overview of world research]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 10-18. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-10-18. EDN OQFQLQ.

УДК 629.064.5:621.311 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-19-25

Эквивалентные преобразования сложных схем в режимных расчетах систем электроснабжения агрокомплекса

Георгий Иванович Кольниченко,

доктор технических наук, профессор;

Яков Викторович Тарлаков,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: tarlakov@mgul.ac.ru;

Максим Сергеевич Усачев,

кандидат технических наук, доцент;

Алексей Викторович Соболев,

кандидат технических наук, доцент

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Мытищи, Российская Федерация

Реферат. *Задачи на этапе планирования и эксплуатации систем электроснабжения связаны с расчетом параметров режимов их работы. При массовом характере таких сложных расчетов их выполнение возможно лишь с помощью соответствующих программно-вычислительных средств, то есть с использованием электронно-вычислительной машины. (Цель исследования) Обосновать алгоритм эквивалентирования систем электроснабжения или их отдельных участков как составной части комплекса алгоритмов расчета электрических систем. (Материалы и методы) Показали, что в настоящее время появляется много сельскохозяйственных потребителей, перерывы в*

электроснабжении которых приводят к значительному ущербу, в связи с этим получают все большее применение замкнутые системы электроснабжения, так как возрастают требования к надежности, бесперебойности электроснабжения и к качеству поставляемой электроэнергии к потребителю. Определили, что расчет замкнутых систем сложнее разомкнутых. Выявили, что при решении широкого круга задач, связанных с созданием и модернизацией систем электроснабжения, возникает необходимость в упрощении систем или их отдельных участков. (Результаты и обсуждение) Сформулировали правило эквивалентирования и привели способы расчета эквивалентных сопротивлений и электродвижущей силы преобразуемых участков схем замещения, что дает упрощение схемы и ускоряет процесс расчета и анализа режимов систем электроснабжения. (Выводы) Установили, что в основе предложенного алгоритма эквивалентирования лежат универсальные формулы расчета собственных и взаимных сопротивлений, которые ранее получены авторами для использования в задачах расчета установившихся режимов систем электроснабжения. Констатировали, что алгоритм расчета также применим для эквивалентирования схем прямой и обратной последовательности при расчете токов несимметричных коротких замыканий и при анализе динамической устойчивости электроэнергетических систем.

Ключевые слова: электроснабжение, алгоритм расчета, собственные и взаимные сопротивления, эквивалентирование.

Для цитирования: Кольниченко Г.И., Тарлаков Я.В., Усачев М.С., Соболев А.В. Эквивалентные преобразования сложных схем в режимных расчетах систем электроснабжения агрокомплекса // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 19-25. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-19-25. EDN PZNVJ.

Equivalent Transformations of Complex Circuits in Calculations of Power Supply Systems of Agrocomplex

Georgiy I. Kol'nichenko,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Yakov V. Tarlakov,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: tarlakov@mgul.ac.ru;

Maksim S. Usachev,

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

Aleksey V. Sobolev,

Ph.D.(Eng.), associate professor

Mytishchi Branch of the Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Mytishchi, Russian Federation

Abstract. *The tasks at the stage of planning and operation of power supply systems are related to the calculation of the parameters of their operation modes. With the massive nature of such complex calculations, their execution is possible only with the help of appropriate software and computing tools, that is, using an electronic computer. (Research purpose) The research purpose is to substantiate the algorithm of equivalence of power supply systems or their individual sections as an integral part of the algorithms complex for calculating electrical systems. (Materials and methods) It has been shown that at present there are many agricultural consumers, interruptions in the power supply of which lead to significant damage, in this regard, closed power supply systems are becoming increasingly used, as the requirements for reliability, uninterrupted power supply and the quality of electricity supplied to the consumer are increasing. It was determined that the calculation of closed systems is more complicated than open ones. It was revealed that when solving a wide range of tasks related to the creation and modernization of power supply systems, there is a need to simplify the systems or their individual sections. (Results and discussion) The equivalence rule was formed and methods for calculating equivalent resistances and electromotive force of the converted sections of the replacement circuits were given, which simplifies the circuit and accelerates the process of calculating and analyzing the modes of power supply systems. (Conclusions) It was established that the proposed equivalence algorithm is based on universal formulas for calculating intrinsic and mutual resistances, which were previously obtained by the authors for use in problems of calculating steady-state modes of power supply systems. It was stated that the calculation algorithm is also applicable for the equivalence of forward and reverse sequence circuits in the calculation of currents of asymmetric short circuits and in the analysis of the dynamic stability of electric power systems.*

Keywords: *power supply, calculation algorithm, intrinsic and mutual resistances, equivalence.*

For citation: Kol'nichenko G.I., Tarlakov Ya.V., Usachev M.S., Sobolev A.V. Ekvivalentnyye preobrazovaniya slozhnykh skhem v rezhimnykh raschetakh sistem elektrosnabzheniya agrokompleksa [Equivalent transformations of complex circuits in calculations of power supply systems of agrocomplex]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 19-25 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-19-25. EDN PZNVJ.

Обоснование совместного применения средств секционирования и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей

Александр Владимирович Виноградов¹,
доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник,
e-mail: winaleksandr@gmail.com;
Алина Васильевна Виноградова¹,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Сергей Викторович Крамской²,
аспирант

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

²Орловский государственный аграрный университет, г. Орел, Российская Федерация

Реферат. *Время восстановления при отказах линий электропередачи 0,4 кВ, достигающее от 1,88 до 5,33 часов, неоправданно велико. Большие значения преднамеренных (плановых) отключений (до 13,6 часов) и количество преднамеренных отключений (от 5,2 до 13,8 год⁻¹ на 100 км) показывают актуальность поиска решений по их сокращению. Одним из решений в этом случае может быть совместное использование средств секционирования и резервирования, мониторинга и мобильных энергетических платформ. В настоящее время этот вопрос не исследован в полной мере. (Цель исследования) Обосновать совместное применение средств секционирования и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей. (Материалы и методы) Использовали данные литературного обзора о значениях времени перерывов в электроснабжении при аварийных и плановых отключениях в электрических сетях 0,4 кВ, средствах мониторинга, секционирования и резервирования электроснабжения сельских потребителей. Применили метод ситуационного моделирования для выявления особенностей совместного применения средств секционирования и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей. (Результаты и обсуждение) Выполнили ситуационное моделирование резервирования электроснабжения потребителей с помощью мобильных энергетических платформ без локализации и с локализацией участков линий электропередачи средствами секционирования и резервирования, показавшее актуальность метода совместного использования средств секционирования, мониторинга и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей. (Выводы) Показали, что совместное применение средств секционирования, мониторинга и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей позволяет сократить время плановых и аварийных перерывов в электроснабжении сельских потребителей.*

Ключевые слова: *сельские электрические сети, надежность электроснабжения, мобильные энергетические платформы, резервирование электроснабжения, секционирование электрических сетей, мультиконтактные коммутационные системы, мониторинг параметров режимов работы электрических сетей.*

Для цитирования: Виноградов А.В., Виноградова А.В., Крамской С.В. Обоснование совместного применения средств секционирования и мобильных энергетических платформ для резервирования электроснабжения сельских потребителей // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2023. Т. 70. N2(51). С. 26-36. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-26-36. EDN JLRVVG.

Justification of the Joint Use of Partitioning Tools and Mobile Energy Platforms for Reserving Electricity Supply to Rural Consumers

Aleksandr V. Vinogradov¹,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor, e-mail: winaleksandr@gmail.com;
Alina V. Vinogradova¹,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Sergey V. Kramskoy²,
graduate student

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

²Orel State Agrarian University, Orel, Russian Federation

Abstract. A significant recovery time in case of power line failures of 0.4 kilovolts, reaching from 1.88 to 5.33 hours, is unjustified. Large values of intentional (planned) outages (up to 13.6 hours) and the number of intentional outages (from 5.2 to 13.8 years⁻¹ per 100 km) show the urgency of finding solutions to reduce them. One of the solutions in this case may be the joint use of partitioning and redundancy tools, monitoring and mobile energy platforms. Currently, this issue has not been fully investigated. (Research purpose) The research purpose is justifying the joint use of partitioning tools and mobile energy platforms for reserving electricity supply to rural consumers. (Materials and methods) Used data from a literature review on the values of the time of interruptions in power supply during emergency and planned outages in 0.4 kilovolt electrical networks, monitoring tools, partitioning and reserving power supply to rural consumers. The method of situational modeling was applied to identify the features of the joint use of partitioning tools and mobile energy platforms for reserving electricity supply to rural consumers. (Results and discussion) We performed situational modeling of reserving power supply to consumers using mobile power platforms without localization and with localization of sections of power lines by means of partitioning and redundancy, which showed the relevance of the method of sharing means of partitioning, monitoring and mobile power platforms for reserving power supply to rural consumers. (Conclusions) It has been shown that the joint use of partitioning, monitoring and mobile energy platforms for reserving power supply to rural consumers can reduce the time of planned and emergency interruptions in power supply to rural consumers.

Keywords: rural electrical networks, power supply reliability, mobile energy platforms, power supply redundancy, sectioning of electrical grids, multicontact switching systems, monitoring of parameters of electrical grids operation modes.

For citation: Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Kramskoy S.V. Obosnovanie sovместnogo primeneniya sredstv seksionirovaniya i mobil'nykh energeticheskikh platform dlya rezervirovaniya elektrosnabzheniya sel'skikh potrebiteley [Justification of the joint use of partitioning tools and mobile energy platforms for reserving electricity supply to rural consumers]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 26-36. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-26-36. EDN JLJRVG.

УДК 004.725.5 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-37-41

Математическое моделирование работы резонансной системы передачи электроэнергии

Леонид Юрьевич Юферев,

доктор технических наук, доцент, e-mail: leouf@yandex.ru;

Олег Алексеевич Роцин,

кандидат технических наук, научный сотрудник;

Даниил Владимирович Александров,

кандидат технических наук

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Наиболее значимая особенность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей заключается в неравномерном распределении электрической нагрузки по трем фазам четырехпроводной электросети 0,4 киловольт, низкая плотность нагрузок (5-15 киловатт на квадратный километр) и охват больших территорий. На основании современных требований к качеству электроэнергии и надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей назрела необходимость модернизации существующих и создания сельских электрических сетей нового поколения. Один из вариантов таких сетей – резонансная система передачи электроэнергии. (Цель исследования) Получить физико-математическую модель резонансной системы с учетом широкого выбора нужных физических параметров для передаточной функции и определения параметров резонансной системы. (Материалы и методы) Использовали версию Mathematica 4.2.0.0. Установили, что все физические параметры могут быть заданы для соответствия с экспериментом. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели новый вид электрических систем для передачи электроэнергии с применением резонансного способа передачи электроэнергии. Привели математическую модель линии повышенной частоты на базе однопроводной линии с возвратом через землю. (Выводы) Исследовали общий принцип работы, основные компоненты, а также рассчитали электрические характеристики, включая мощности, АЧХ, КПД, особенности работы, включая обратную связь. Провели сравнение результатов расчета с действующим оборудованием мощностью передачи до 8000 ватт. Показали, что на основе полученных уравнений можно правильно выбрать параметры резонансной линии электропередачи и преобразователей напряжения. Определили, что полученная физико-математическая

модель резонансной однопроводниковой системы с учетом широкого выбора нужных физических параметров позволяет понять работу резонансной линии электропередачи и строить оптимизированные приемно-передающие комплексы оборудования.

Ключевые слова: однопроводная резонансная система, передача электроэнергии, высокая частота, передаточная функция, электроснабжение сельских потребителей.

Для цитирования: Юферов Л.Ю., Рощин О.А., Александров Д.В. Математическое моделирование работы резонансной системы передачи электроэнергии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 37-41. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-37-41. EDN QRZPKJ.

Mathematical Modelling of Resonant Electric Power Transmission System

Leonid Yu. Yuferev,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor, e-mail: leouf@yandex.ru;

Oleg A. Roshchin,

Ph.D.(Eng.), researcher;

Daniil V. Aleksandrov,

Ph.D.(Eng.)

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The most significant feature of the power supply to agricultural consumers is the uneven distribution of the electrical load across three phases of the 0.4 kilovolt four-wire power grid and low load density (5-15 kilowatts per square kilometer) and coverage of large areas. Based on modern requirements for the quality of electricity and reliability of power supply to agricultural consumers, there is a need to modernize existing and create a new generation of rural electric grid. One of the variants of such grid is a resonant power transmission system. (Research purpose) The research object is a physical and mathematical model of a resonant system, taking into account a wide selection of the necessary physical parameters for the transfer function, the research purpose is determining the parameters of the resonant system. (Materials and methods) Used Mathematica version 4.2.0.0. It was established that all physical parameters can be set in accordance with the experiment. (Results and discussion) A new type of electrical systems for electric power transmission with the use of a resonant method of electric power transmission was considered. A mathematical model of a high-frequency line based on a single-wire line with a return through the ground was given. (Conclusions) We investigated the general principle of operation, the main components, and also calculated electrical characteristics, including power, frequency response, efficiency, features of operation, including wireless communication. The calculation results were compared with the existing equipment with a transmission power of up to 8000 watts. It was shown that on the basis of the obtained equations, it is possible to correctly select the parameters of the resonant power transmission line and voltage converters. It was determined that the obtained physical and mathematical model of a resonant single-conductor system, taking into account a wide selection of the necessary physical parameters, makes it possible to understand the operation of a resonant power transmission line and build optimized receiving and transmitting equipment complexes.*

Keywords: single-wire resonant system, electric power transmission, high frequency, transfer function, power supply to rural consumers.

For citation: Yuferev L.Yu., Roshchin O.A., Alexandrov D.V. Matematicheskoe modelirovanie raboty rezonansnoy sistemy peredachi elektroenergii [Mathematical modelling of resonant electric power transmission system]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 37-41. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-37-41. EDN QRZPKJ.

УДК 621.3 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-42-50

Методика выбора мест установки устройств деления электрической сети 0,4 кВ на участки

Александр Владимирович Виноградов¹,

доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник,

e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Алина Васильевна Виноградова¹,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Алексей Валерьевич Букреев¹,

старший научный сотрудник;

Александр Иванович Псарёв²,
старший преподаватель;
Александр Александрович Панфилов²,
аспирант

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

²Орловский государственный аграрный университет, г. Орел, Российская Федерация

Реферат. Выполнен литературный обзор, показавший смещение акцентов цифровой трансформации электроэнергетики на развитие способов и средств автоматизации сельских электрических сетей 0,4-10 киловольт. Показано, что актуальное направление автоматизации сельских электрических сетей – развитие средств их секционирования и резервирования, в том числе создание относительно недорогих устройств секционирования – деления линий электропередачи на участки. Применение этих устройств требует создания методик выбора мест их установки в электрических сетях. (Цель исследования) Разработать методику выбора мест установки устройств деления электрической сети на участки. (Материалы и методы) Проанализировали литературные источники, существующие методики выбора мест установки средств секционирования. Использовали общенаучные методы, методы теории надежности, электротехники. (Результаты и обсуждение) Предложили варианты мест размещения устройств деления электрической сети в зависимости от назначения их применения. Привели критерии выбора мест установки устройств деления электрической сети, к которым отнесли обеспечение защищенности линии электропередачи от удаленных коротких замыканий, в первую очередь однофазных, повышение надежности электроснабжения потребителей, недопущение выхода отклонения напряжения за допустимые пределы. Представили методику выбора мест установки устройств деления электрической сети по предложенным критериям. (Выводы) Выявили, что для радиальных и радиальных с отпайками электрических сетей основным критерием выступает обеспечение защищенности удаленных коротких замыканий, а дополнительным – повышение надежности электроснабжения. Показали, что для кольцевых сетей основной – критерий недопущения выхода отклонения напряжения за допустимые пределы наравне с критерием обеспечения защищенности от удаленных коротких замыканий, а критерий повышения надежности – дополнительный. Установили, что окончательное место установки устройств деления электрической сети на участки в каждом случае определяют с учетом указанных критериев так, чтобы основные из них не нарушались.

Ключевые слова: сельские электрические сети, управление конфигурацией, секционирование электрических сетей, защищенность электрических сетей, повышение надежности электроснабжения, устройство деления электрической сети, методика выбора мест установки.

Для цитирования: Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Псарёв А.И., Панфилов А.А. Методика выбора мест установки устройств деления электрической сети 0,4 кВ на участки // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 42-50. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-42-50. EDN NFLLAX.

Methodology for Placing Devices for Sectioning the Electrical Grid 0,4 kV

Aleksandr V. Vinogradov¹,

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

Alina V. Vinogradova¹,

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

Aleksey V. Bukreev¹,

senior researcher;

Aleksandr I. Psarev²,

senior lecturer;

Aleksandr A. Panfilov²,

postgraduate

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

²Orel State Agrarian University, Orel, Russian Federation

Abstract. A literature review was carried out, which showed a shift in the emphasis of digital transformation of the electric power industry on the development of methods and means of automation of rural electric networks of 0.4-10 kilovolts. It is shown that the actual direction of automation of rural electric networks is the development of means of their partitioning and redundancy, including the creation of relatively inexpensive devices for partitioning – dividing power lines into sections. The use of these devices requires the creation of methods for selecting their installation locations in electrical networks. (Research purpose) The research purpose is developing a methodology for locating the installations for sectioning the

electrical grid. (Materials and methods) Analyzed literature sources, existing methods for selecting installation sites for partitioning tools. We used general scientific methods, methods of reliability theory, electrical engineering. (Results and discussion) Suggested options for the placement of devices for dividing the electrical network, depending on the purpose of their use. The criteria for choosing the installation locations of the electrical network division devices were given, which included ensuring the protection of the power transmission line from remote short circuits, primarily single-phase, increasing the reliability of power supply to consumers, preventing voltage deviation from exceeding permissible limits. Presented a methodology for selecting the installation locations of electrical network division devices according to the proposed criteria. (Conclusions) It was revealed that for radial and radial with soldering of electrical networks, the main criterion is to ensure the protection of remote short circuits, and an additional one is to increase the reliability of power supply. It has been shown that for ring networks, the main criterion is to prevent voltage deviation from exceeding permissible limits along with the criterion of ensuring protection from remote short circuits, and the criterion for increasing reliability is an additional one. It was established that the final place of installation of devices for dividing the electrical network into sections in each case is determined taking into account the specified criteria so that the main ones are not violated.

Keywords: rural electrical networks, configuration management, sectioning of electrical grid, security of electrical grid, increasing the reliability of power supply, device for sectioning the electrical grid, method of choosing installation sites.

For citation: Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Bukreev A.V., Psarev A.I., Panfilov A.A. Metodika vybora mest ustanovki ustroystv deleniya elektricheskoy seti 0,4 kV na uchastki [Methodology for placing devices for sectioning the electrical grid 0,4 kV]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 42-50 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-42-50. EDN NFLLAX.

УДК 631.171 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-51-56

Анализ потерь энергии газоиспользующим варочным котлом в процессе приготовления корма

Анатолий Михайлович Шувалов¹,

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник;

Алексей Николаевич Машков¹,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Дмитрий Анатольевич Тихомиров^{2,3},

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

e-mail: tihda@mail.ru

¹Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

³Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Российская Федерация

Реферат. Представлены результаты испытания по оценке энергетической эффективности газового варочного котла с пропорциональным регулированием расхода газа, которая зависит от общих потерь энергии и оценивается коэффициентом полезного действия, который устанавливается соотношением полезной составляющей энергии к общей энергии, включая потери. (Цель исследования) Провести экспериментальные исследования и по их результатам выполнить анализ потерь энергии, определить энергетические показатели варочного котла с пропорциональным регулированием мощности при использовании термоэлектрического генератора. (Материалы и методы) Показали, что основной показатель эффективности работы газоиспользующего варочного котла – удельный расход энергии на единицу приготовляемого корма, а также коэффициент полезного действия. Рассмотрели два варианта определения коэффициента полезного действия: расчетный и экспериментальный. (Результаты и обсуждение) Привели составляющие потерь теплоты с использованием различных коэффициентов, которые варьируются в широком диапазоне, что влияет на точность расчета. Рассчитали с помощью экспериментальных исследований общий расход газа на нагрев содержимого варочной емкости до кипения и расход газа на компенсацию потерь теплоты и на поддержание тихого кипения, оценили полезную составляющую энергии на нагрев продукта до кипения. (Выводы) Выявили, что суммарные потери теплоты составляют 18,1 процент от общего расхода энергии. Определили по экспериментальным данным общего

расхода газа и полезного коэффициент полезного действия котла, который равен 84 процента. Констатировали, что при полной загрузке варочной емкости удельные затраты теплоты на 0,017 киловатт-час на килограмм меньше, чем при загрузке котла на 20 процентов.

Ключевые слова: газификация, сельское хозяйство, варочный котел, коэффициент полезного действия, расход газа, пропорциональное регулирование, энергия, потери теплоты.

Для цитирования: Шувалов А.М., Машков А.Н., Тихомиров Д.А. Анализ потерь энергии газоиспользующим варочным котлом в процессе приготовления корма // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 51-56. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-51-56. EDN LLINDU.

Analysis of Energy Losses of a Gas Digester During Feed Preparation

Anatoliy M. Shuvalov¹,

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

Aleksey N. Mashkov¹,

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

Dmitriy A. Tikhomirov^{2,3},

Dr.Sc.(Eng.), corresponding member of RAS, chief researcher, e-mail: tihda@mail.ru

¹All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

³Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The results of a test to assess the energy efficiency of a gas digester with proportional regulation of gas flow, which depends on the total energy loss and is estimated by the efficiency coefficient, which is set by the ratio of the useful component of energy to total energy, including losses, are presented. (Research purpose) The research purpose is conducting experimental studies and to performing an analysis of energy losses, determining the energy parameters of a digester with proportional power control when using a thermoelectric generator. (Materials and methods) It was shown that the main indicator of the efficiency of a gas-using digester is the specific energy consumption per unit of prepared feed, as well as the efficiency coefficient. We considered two options for determining the efficiency: calculated and experimental. (Results and discussion) The components of heat losses were given using various coefficients that vary in a wide range, which affects the accuracy of the calculation. Using experimental studies, the total gas consumption for heating the contents of the cooking container to boiling and the gas consumption for compensating heat losses and for maintaining a quiet boil were calculated, the useful component of energy for heating the product to boiling was estimated. (Conclusions) It was revealed that the total heat loss is 18.1 percent of the total energy consumption. Based on experimental data, the total gas consumption and the useful efficiency of the boiler was determined, which is equal to 84 percent. It was stated that when the cooking tank is fully loaded, the specific heat consumption is 0.017 kilowatt-hour per kilogram less than when the boiler is loaded by 20 percent.*

Keywords: *gasification, agriculture, digester, efficiency, gas consumption, proportional control, energy, heat loss.*

For citation: Shuvalov A.M., Mashkov A.N., Tikhomirov D.A. Analiz poter' energii gazoispol'zuyushchim varochnym kotlom v protsesse prigotovleniya korma [Analysis of energy losses of a gas digester during feed preparation]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 51-56 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-51-56. EDN LLINDU.

УДК 621.316.13:621.3.027.2:621.311.1:620.92 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-57-67

Обзор методов сокращения потерь электроэнергии в электрических сетях, содержащих возобновляемые источники энергии

Вадим Евгеньевич Большев,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Александр Владимирович Виноградов,

доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией,

e-mail: winaleksandr@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. В последние десятилетия наблюдается увеличение использования возобновляемых источников энергии, которые служат основой для концепции распределенной генерации, то есть объектов, производящих электроэнергию в месте нахождения потребителей. Масштабное внедрение распределенной генерации влияет на показатели надежности и устойчивости электроэнергетических систем, в том числе через снижение потерь мощности в них за счет уменьшения тока в линиях. С учетом прогнозов многих экспертов по росту распределенных энергетических ресурсов вопрос изучения методов сокращения потерь электрической энергии в распределительных сетях, содержащих возобновляемые источники энергии, актуален. (Цель исследования) Определить методы сокращения потерь электроэнергии в электрических сетях, содержащих возобновляемые источники энергии. (Материалы и методы) Представили информационный поиск, включающий обзор интернет-источников и источников научной литературы, посвященных методам сокращения потерь электроэнергии в электрических сетях. (Результаты и обсуждение) Использовали в качестве источников информации поисковые системы Yandex и Google, научные базы данных Scopus, Web of Science и Google Scholar, электронные библиотеки КиберЛенинка, eLIBRARY.ru, Elsevier, Springer, IEEE Xplore. Показали, что в литературный анализ вошли 59 источников, наиболее подходящих к теме исследования, из них 8 источников информации приведены на русском языке, 51 – на английском. Определили в ходе информационного поиска методы сокращения потерь электроэнергии как в традиционных электрических сетях, так и в электрических сетях, содержащих возобновляемые источники энергии. (Выводы) Установили, что рассмотренные методы, присущие традиционным сетям электроснабжения, актуальны и для сетей с возобновляемыми источниками энергии. Выявили, что использование возобновляемых источников энергии само по себе позволяет также значительно сократить потери электроэнергии в электрических сетях за счет распределенной генерации.

Ключевые слова: электрические сети, возобновляемые источники энергии, распределенная генерация, потери электроэнергии, обзор источников литературы, информационный поиск.

Для цитирования: Большев В.Е., Виноградов А.В. Обзор методов сокращения потерь электроэнергии в электрических сетях, содержащих возобновляемые источники энергии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 57-67. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-57-67. EDN OCKFTO.

Review of Methods for Reducing Power Losses in Electric Grids Containing Renewable Energy Sources

Vadim E. Bolshev,

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

Aleksandr V. Vinogradov,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor, head of laboratory; e-mail: winaleksandr@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. In recent decades, there has been an increase in the use of renewable energy sources, which serve as the basis for the concept of distributed generation, that is, facilities that produce electricity at the location of consumers. The large-scale introduction of distributed generation affects the reliability and stability of electric power systems, including by reducing power losses in them by reducing the current in the lines. Taking into account the forecasts of many experts on the growth of distributed energy resources, the issue of studying methods for reducing electrical energy losses in distribution grids containing renewable energy sources is relevant. (Research purpose) The research purpose is determining methods for reducing electricity losses in electric grids containing renewable energy sources. (Materials and methods) Presented an information search, including an overview of Internet sources and sources of scientific literature devoted to methods of reducing electricity losses in electric grids. (Results and discussion) They used Yandex and Google search engines, Scopus, Web of Science and Google Scholar scientific databases, Cyberlenink electronic libraries as sources of information, eLIBRARY.ru, Elsevier, Springer, IEEE Xplore. It was shown that the literary analysis included 59 sources most suitable for the research topic, of which 8 sources of information are given in Russian, 51 in English. In the course of the information search, we determined methods for reducing electricity losses both in traditional electric grids and in electric grids containing renewable energy sources. (Conclusions) It was found out that the considered methods inherent in traditional power supply grids are also relevant for networks with renewable energy sources. It was revealed that the use of renewable energy sources in itself also allows to significantly reduce electricity losses in electric grids due to distributed generation.

Keywords: electric grids, renewable energy sources, distributed generation, power losses, review of literature sources, information review.

For citation: Bolshev V.E., Vinogradov A.V. Obzor metodov sokrashcheniya poter' elektroenergii v elektricheskikh setyah, sodержashchih vozobnovlyаемые istochniki energii [Review of methods for reducing power losses in electric grids containing renewable energy sources]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 57-67. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-57-67. EDN OCKFTO.

УДК 637.112.5 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-68-73

Исследование основных технических условий подключения интегрируемых измерительных модулей к доильной системе

Артем Рустамович Хакимов¹,

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

Дмитрий Юрьевич Павкин¹,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Алексей Владимирович Шкирин²,

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник;

Сергей Сергеевич Юрочка¹,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Дмитрий Николаевич Игнатенко²,

аспирант, и.о. младшего научного сотрудника

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

²Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали, что модернизация доильных установок интегрируемыми измерительными модулями повысит технологическую оснащенность и эффективность управления молочными фермами, позволит проводить первичный анализ параметров качества и сортировку молока по содержанию жира. (Цель исследования) Определить основные технические условия подключения интегрируемых измерительных модулей в молочный шланг доильной системы. (Материалы и методы) Создали экспериментальный стенд на основе доильной системы «Елочка». Добились соответствия реальному процессу доения в условиях фермы, когда поток молоковоздушной смеси протекает в молочном шланге при неполном и неравномерном заполнении. Применили для модернизации доильной системы интегрируемые измерительные модули с внутренним диаметром 14 миллиметров, что необходимо для подключения в молочные шланги. (Результаты и обсуждение) Исследовали техническую возможность подключения указанного модуля к трем определенным участкам молочного шланга. Рассчитали, чтобы длина молочного шланга между коллектором и счетчиком молока была достаточной для подключения интегрируемых измерительных модулей, а шланг имел протяженный участок в вертикальном положении. Подключили к шлангу интегрируемый измерительный модуль с фиксацией на двух хомутах. (Выводы) Определили основные технические условия подключения интегрируемых измерительных модулей к доильной системе: молочный шланг с внутренним диаметром 14 миллиметров, наличие вертикально расположенного участка на нем длиной более 30 сантиметров, а также возможность фиксации модуля хомутами.

Ключевые слова: молочная ферма, машинное доение, модернизация доильной системы, оперативный анализ качества молока, определение содержания жира в молоке.

Для цитирования: Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Шкирин А.В., Юрочка С.С., Игнатенко Д.Н. Исследование основных технических условий подключения интегрируемых измерительных модулей к доильной системе // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 68-73. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-68-73. EDN PTMJUM.

Main Technical Conditions for Connecting Integrated Measuring Modules to the Milking System

Artem R. Khakimov¹,

Ph.D. student (Eng.), junior researcher, e-mail: arty.hv@gmail.com;

Dmitriy Yu. Pavkin¹,

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

Alexey V. Shkirin²,

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

Sergey S. Yurochka¹,
Ph.D.(Eng.), senior researcher;
Dmitriy N. Ignatenko²,
Ph.D. student (Eng.), acting junior researcher

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

²Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper shows that upgrading milking machines with integrated measuring modules can increase the technological supply and dairy farm management efficiency, as well as allow for the primary analysis of quality parameters and milk sorting according to fat content. (Research purpose) To determine the main technical conditions for connecting integrated measuring modules to the milk hose of the milking system. (Materials and methods) For the research purposes, an experimental stand was created based on the widespread milking system “Herringbone”. The milk-air mixture flows in the milk hose of the experimental stand with incomplete and uneven filling, which corresponds to the actual farm milking process. For upgrading the milking system, it is necessary to use integrated measuring modules with a 14-millimeter internal diameter. (Results and discussion) In the experimental stand, the technical feasibility of the integrated measuring module was studied in terms of its connecting to three specific sections of the milk hose. The calculations were made to obtain the length of the milk hose between the collector and the milk meter sufficient to connect integrated measuring modules, and to ensure the hose itself has an extended section in a vertical position. An integrated measuring module was successfully connected to the hose with a two-clamp fixation. (Conclusions) The main technical conditions determined for connecting integrated measuring modules to the milking system are as follows: a milk hose with a 14-millimeter inner diameter, the availability of a milk hose vertical section with the length of over 30 centimeters, and the possibility of fixing the module with clamps.*

Keywords: *dairy farm, machine milking, milking system upgrading, modernization, milk quality analysis, milk fat content.*

For citation: Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Shkirin A.V., Yurochka S.S., Ignatenko D.N. Issledovanie osnovnykh tekhnicheskikh usloviy podklyucheniya integriruemykh izmeritel'nykh moduley k doil'noy sisteme [Main technical conditions for connecting integrated measuring modules to the milking system]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 68-73 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-68-73. EDN PTMJUM.

УДК 631.331 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-74-81

Кассетные загрузочные устройства для высевających аппаратов селекционных сеялок

Андрей Сергеевич Чулков,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Марсель Марселевич Шайхов,

ведущий специалист;

Михаил Евгеньевич Чаплыгин,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Арсен Хасанбиевич Текушев,

кандидат технических наук, e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Кассетное загрузочное устройство селекционных сеялок предназначено для последовательного перемещения кассет с семенным материалом к высевающему аппарату сеялки. (Цель исследования) Выполнить обзор селекционных сеялок с кассетным загрузочным устройством для их высевających аппаратов и проанализировать технические решения, применяемые в устройствах. (Материалы и методы) Провели обзор кассетных сеялок для посева различных сельхозкультур в селекции и первичном семеноводстве с целью изыскания эффективных технических решений. Сравнили разные конструктивные решения кассетных загрузочных устройств и выбрали наиболее рациональные элементы конструкции. (Результаты и обсуждение) Выявили направление совершенствования в сторону роботизации кассетного устройства для загрузки селекционных сеялок, повышающее производительность данной вспомогательной операции и сокращающее применение ручного труда. Предложили классификацию кассетных загрузочных устройств, применяемых на селекционных сеялках. Сформулировали техническую задачу разработки новой конструкции устройства. (Выводы)*

Проанализировали отечественные и зарубежные технические решения кассетных загрузочных устройств для высевающих аппаратов селекционных сеялок, определили их технические и технологические особенности. Установили, что совершенствование кассетного устройства для загрузки селекционных сеялок, повышающее производительность данной вспомогательной операции и сокращающее применение ручного труда, должно быть реализовано в направлении роботизации процесса работы кассетного загрузочного устройства. Констатировали, что для создания роботизированного кассетного загрузочного устройства необходимо разработать манипулятор, управляемый программируемым электронным контроллером, и систему управления, обеспечивающие: перемещение кассет по направляющей (несущей) пластине и их подачу к отверстиям для выгрузки семенного материала в загрузочные цилиндры высевающих аппаратов; последовательную подачу блоков кассет на кассетный стол (в рабочую зону); синхронизацию работы высевающих аппаратов с работой загрузочного устройства.

Ключевые слова: селекционная сеялка, семеноводство, посев зерновых, кассета, кассетное загрузочное устройство, технологический процесс.

Для цитирования: Чулков А.С., Шайхов М.М., Чаплыгин М.Е., Текушев А.Х. Кассетные загрузочные устройства для высевающих аппаратов селекционных сеялок // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 74-81. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-74-81. EDN XSDARH.

Cassette Loading Units for Hanging Devices of Breeding Seeders

Andrey S. Chulkov,

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

Marsel' M. Shaykhov,

leading specialist;

Mikhail E. Chaplygin,

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

Arsen Kh. Tekushev,

Ph.D.(Eng.), e-mail: kmk3.vim@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The cassette loading device of breeding seeders is designed for sequential movement of cassettes with seed material to the sowing apparatus of the seeder. (Research purpose) The research purpose is reviewing of breeding seeders with a cassette loading unit for sowing machines and analyzing the technical solutions used in the devices. (Materials and methods) Conducted a review of cassette seeders for sowing various crops in breeding and primary seed production in order to find effective technical solutions. We compared different design solutions of cassette loading devices and chose the most rational design elements. (Results and discussion) The direction of improvement towards the robotization of a cassette device for loading breeding seeders was revealed, which increases the productivity of this auxiliary operation and reduces the use of manual labor. A classification of cassette loading devices used on breeding seeders was proposed. Formulated the technical task of developing a new device design. (Conclusions) We analyzed domestic and foreign technical solutions of cassette loading devices for sowing machines of breeding seeders, determined their technical and technological features. It was established that the improvement of the cassette device for loading breeding seeders, which increases the productivity of this auxiliary operation and reduces the use of manual labor, should be implemented in the direction of robotization of the process of operation of the cassette loading device. It was stated that in order to create a robotic cassette loading device, it is necessary to develop a manipulator controlled by a programmable electronic controller and a control system that ensures: moving cassettes along a guide (carrier) plate and feeding them to the holes for unloading seed material into the loading cylinders of sowing machines; sequential feeding of cassette blocks to a cassette table (in the working area); synchronization of the seeding machines with the operation of the loading device.*

Keywords: *breeding seeder, seed production, grain sowing, cassette, cassette loading device, technological process.*

For citation: Chulkov A.S., Shaykhov M.M., Chaplygin M.E., Tekushev A.Kh. Kassetnye zagruzochnye ustroystva dlya vysevayushchikh apparatov selektsionnykh seyalok [Cassette loading units for hanging devices of breeding seeders]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 74-81 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-74-81. EDN XSDARH.

УДК 631.343 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-82-87

**Определение давления струи воды на поверхность почвы
в зависимости от вида форсунки и режима работы струи**

Александр Витальевич Шутенко,

аспирант, e-mail: pilotklin6@mail.ru;

Дмитрий Олегович Хорт,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Гидрообработка приствольных зон садовых насаждений – перспективный способ угнетения сорной растительности. Для корректного моделирования процесса разрушения задернелого пласта поч-вы струей воды требуется установить давление струи на поверхность почвы для разрушения ее структуры и угнетения сорной растительности. (Цель исследования) Определить влияние режимов работы струи воды на давление, создаваемое на поверхности почвы, для угнетения сорной растительности. (Материалы и методы) Получили данные для исследования с помощью разработанного стенда выявления силы действия струи, который состоит из весовой платформы с контейнером для образцов задернелой почвы. Использовали аппарат высокого давления с максимальным давлением 140 мегапаскаль, максимальный расход 360 литров в час. Выполнили исследования при следующих режимах работы: сопло «Турбофреза» на высоте от поверхности почвы 3, 5, 10 сантиметров, для каждой высоты рассматривался угол наклона 0,45 градусов к нормали поверхности почвы; сопло с плоской струей на высоте от поверхности почвы 3, 5, 10 сантиметров, для каждой высоты рассматривался угол наклона 0,45 градусов к нормали поверхности почвы; сопло с предложенной конструкцией плоской струи в турбофрезе на высоте от поверхности почвы 3, 5, 10 сантиметров, для каждой высоты рассматривался угол наклона 0,45 градусов к нормали поверхности почвы. (Результаты и обсуждение) Получили зависимость давления струи воды на поверхность почвы от высоты расположения форсунки для всех рассматриваемых видов форсунок и режимов работы. (Выводы) Констатировали, что форсунка предложенной конструкции позволяет создать давление в 1,9-2,8 раза больше, чем при использовании стандартной плоской форсунки, при этом увеличивается ширина захвата рабочего органа в 1,3 раза по сравнению с турбофрезой, это дает возможность добиваться необходимого качества обработки почвы и ширины захвата орудия.*

Ключевые слова: гидрообработка почвы, приствольные зоны, интенсивные сады, мульчирование, форсунки, давление воды на почву.

Для цитирования: Шутенко А.В., Хорт Д.О. Определение давления струи воды на поверхность почвы в зависимости от вида форсунки и режима работы струи // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 82-87. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-82-87. EDN UJUNKO.

Pressure of Water Jet on the Soil Surface Depending on the Type of Nozzle and the Operation of the Jet

Aleksandr V. Shutenko,

postgraduate, e-mail: pilotklin6@mail.ru;

Dmitriy O. Khort,

Ph.D.(Agri.), leading researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Hydrotreatment of trunk zones of garden plantings is a promising way to suppress weeds. For correct modeling of the process of destruction of a blackened layer of soil by a jet of water, it is required to set the pressure of the jet on the soil surface to destroy its structure and inhibit weed vegetation. (Research purpose) The research purpose is determining the effect of the water jet on the pressure created on the soil surface to suppress weeds. (Materials and methods) Obtained data for the study using a developed stand for detecting the force of the jet, which consists of a weighing platform with a container for samples of blackened soil. We used a high-pressure device with a maximum pressure of 140 megapascals, a maximum flow rate of 360 liters per hour. The studies were carried out under the following operating modes: the nozzle of the “Turbo cutter” at a height of 3, 5, 10 centimeters from the soil surface, for each height an angle of inclination of 0.45 degrees to the normal of the soil surface was considered; a nozzle with a flat jet at a height of 3, 5, 10 centimeters from the soil surface, for each height, an angle of inclination of 0.45 degrees to the normal of the soil surface was considered; a nozzle with the proposed design of a flat jet in a turbo cutter at a height of 3, 5, 10 centimeters from the soil surface, for each height, an angle of inclination of 0.45 degrees to the surface normal was considered soil. (Results and discussion) The dependence of the pressure of the water jet on the soil surface on the height of the nozzle location for all considered types of nozzles and operating modes was obtained. (Conclusions) It was stated that the nozzle of the proposed design allows you to create a pressure*

of 1.9-2.8 times more than when using a standard flat nozzle, while the width of the working body increases by 1.3 times compared to the turbo cutter, this makes it possible to achieve the necessary quality of tillage and the width of the tool.

Keywords: soil hydrotreatment, trunk zones, intensive gardens, mulching, nozzles, water pressure on the soil.

For citation: Shutenko A.V., Khort D.O. Opredelenie davleniya strui vody na poverkhnost' pochvy v zavisimosti ot vida forsunki i rezhima raboty strui [Pressure of water jet on the soil surface depending on the type of nozzle and the operation of the jet]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 82-87 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-82-87. EDN UJUNKO.

УДК 637.116.5 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-88-92

Электронный пульсатор попарного действия доильного аппарата

Дмитрий Иванович Грицай,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, e-mail: gritcay_kirill@mail.ru;

Алексей Геннадьевич Немцев,

аспирант, лаборант-исследователь;

Владимир Викторович Одноприенко,

магистрант, лаборант-исследователь;

Алексей Иванович Грицай,

аспирант

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

Реферат. Проанализирован рынок молочного скотоводства. Молочная отрасль в стране остается одним из самых проблемных аспектов в экономике, несмотря на беспрецедентные меры государственной поддержки. (Цель исследования) Повысить эффективность машинного доения коров посредством разработки и обоснования конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с электромагнитным пульсатором, позволяющим снизить негативное влияние раздражающих факторов при доении на здоровье животных, обеспечить быстрое и комфортное доение, увеличить молокоотдачу, исключить возможность колебания вакуума в подсосковых камерах и работать с любой доильной установкой либо аппаратом. (Материалы и методы) Выполнили анализ рынка молочной продукции и механизмов, отвечающих за образование пульсирующего вакуума во время доения лактирующих животных. (Результаты и обсуждение) Разработали перспективный электромагнитный пульсатор для машинного доения коров. Показали, что он отличается от других моделей наличием отверстия в верхней части корпуса и дисковидного нижнего клапана, что снижает потребление воздуха и повышает надежность конструкции. Решили задачу улучшения эксплуатации доильных машин и приближения машинного доения к физиологическим особенностям процесса молокоотдачи. Установили, что пульсатор позволяет уменьшить механические нагрузки на ткани соска у лактирующих животных и исключить обратный ток молока в сосковой камере, что предотвращает появление маститных заболеваний. (Выводы) Провели аналитические исследования аналогов и сравнительный анализ предлагаемой конструкции электромагнитного пульсатора. Определили, что использование пульсатора обеспечит снижение импульсного (ударного) воздействия сосковой резины на ткани соска за счет увеличения переходной фазы от такта сосания к такту сжатия на 60-65 процентов в сравнении с пневматическими пульсаторами серийного производства. Выявили, что с помощью разработанного устройства можно регулировать соотношение тактов в зависимости от интенсивности молокопроизводства крупного рогатого скота для снижения вредного влияния доения на здоровье животного.

Ключевые слова: молоко, доильный аппарат, вакуум, пульсатор, животноводство, попарный, КРС.

Для цитирования: Грицай Д.И., Немцев А.Г., Одноприенко В.В., Грицай А.И. Электронный пульсатор попарного действия доильного аппарата // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 88-92. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-88-92. EDN TJDVLX.

Electronic Pair-Action Pulsator of the Milking Machine

Dmitriy I. Gritsay,

Ph.D.(Eng.), associate professor, head of the department, e-mail: gritcay_kirill@mail.ru;

Aleksey G. Nemtsev,

postgraduate, laboratory researcher;
Vladimir V. Odnoprienko,
master's student, laboratory researcher;
Aleksey I. Gritsay,
postgraduate

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

Abstract. *The dairy cattle breeding market is analyzed. The dairy industry in the country remains one of the most problematic aspects of the economy, despite unprecedented measures of state support. (Research purpose) The research purpose is increasing the efficiency of machine milking of cows by developing and justifying the design and operating parameters of a milking machine with an electromagnetic pulsator, which allows reducing the negative impact of irritating factors during milking on animal health, ensuring fast and comfortable milking, increasing milk yield, eliminating the possibility of vacuum fluctuations in the suction chambers and working with any milking unit or apparatus. (Materials and methods) The analysis of the dairy products market and the mechanisms responsible for the formation of a pulsating vacuum during milking of lactating animals was carried out. (Results and discussion) We have developed a promising electromagnetic pulsator for machine milking of cows. It was shown that it differs from other models by the presence of a hole in the upper part of the body and a disc-shaped lower valve, which reduces air consumption and increases the reliability of the design. We solved the problem of improving the operation of milking machines and bringing machine milking closer to the physiological features of the milk-giving process. It was found that the pulsator reduces mechanical loads on the nipple tissue in lactating animals and eliminates the reverse flow of milk in the nipple chamber, which prevents the appearance of mastitis diseases. (Conclusions) Analytical studies of analogs and comparative analysis of the proposed design of the electromagnetic pulsator were carried out. It was determined that the use of a pulsator will provide a reduction in the pulse (shock) effect of the nipple rubber on the nipple tissue by increasing the transition phase from the sucking stroke to the compression stroke by 60-65 percent in comparison with series-produced pneumatic pulsators. It was revealed that with the help of the developed device, it is possible to adjust the ratio of cycles depending on the intensity of dairy production of cattle to reduce the harmful effect of milking on the health of the animal.*

Keywords: milk, milking machine, vacuum, pulsator, animal husbandry, pairwise, cattle.

For citation: Gritsay D.I., Nemtsev A.G., Odnoprienko V.V., Gritsay A.I. Elektronnyy pul'sator poparnogo deystviya doil'nogo apparata [Electronic pair-action pulsator of the milking machine]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 88-92. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-88-92. EDN TJDVLX.

УДК 631.171:004.3:681.587.78 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-93-99

Автоматизированное исследование электрофизических свойств полимерных и композиционных материалов

Николай Григорьевич Филиппенко,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: ifpi@mai.ru;
Александр Валерьевич Лившиц,
доктор технических наук, профессор;
Эмиль Физули-оглы Фарзалиев,
аспирант

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Реферат. *Использование вторичных ресурсов и композитов в современных полимерных материалах позволили бы удешевить и изменить физико-механические свойства упаковочного материала. Применение композитов для придания полимерам новых свойств осложняет выполнение технологий производства изделий из них, что препятствует повышению качества продукции. Это связано с отсутствием накопленной базы данных и методик прогнозного определения получаемых свойств композитных материалов и полимеров, выпускаемых с применением вторичного сырья. (Цель исследования) Выбрать и апробировать методику автоматизированного определения электрофизических показателей полимерных и композиционных термопластичных материалов. (Материалы и методы) Обосновали резонансный метод проведения контроля электрофизических параметров, необходимых для энергоэффективного способа высокочастотного электротермического нагрева полимеров. Выбрали и модифицировали с установкой автоматизированной системы контроля и сбора данных куметр с рабочей камерой из стандартной ячейки, дооборудованной системой нагрева и термоизоляцией. (Результаты и обсуждение) Привели результаты*

использования автоматизированного процесса контроля и определения электрофизических параметров полимерных и композиционных материалов на основе полипропилена, полиэтилена с композитом из диоксида титана. Показали методику установления аналитических зависимостей для расчета поправочного коэффициента при расчете влияния теплоизоляционного материала (диэлектрического картона) и воздушного зазора в рабочем конденсаторе на расчетные электрофизические показатели исследуемого полимера и композита. (Выводы) Обосновали возможность проведения автоматизированных исследований по определению диэлектрических свойств полимерных и композиционных материалов при помощи разработанной автоматизированной системы управления процессом контроля, передачи, обработки, визуализации и хранения информации о диэлектрических свойствах ϵ , ϵ'' , $\text{tg}\delta$ полимерных и композиционных материалов. Идентифицировали в автоматическом режиме диапазоны температур нагрева полимерных и композиционных материалов PP H030 GP/3 TS и 1060ПЭ с целью организации наиболее энергоэффективных режимов работы высокочастотного электротермического оборудования.

Ключевые слова: полимеры, композиционные материалы, автоматизация контроля, тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость.

Для цитирования: Филиппенко Н.Г., Лившиц А.В., Фарзалиев Э.Ф. Автоматизированное исследование электрофизических свойств полимерных и композиционных материалов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 93-99. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-93-99. EDN IRJYFF.

Automated Study of Electrophysical Properties of Polymeric and Composite Materials

Nikolay G. Filippenko,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: ifpi@mai.ru;

Aleksandr V. Livshits,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Emil' F. Earzaliev,

postgraduate

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. *The use of secondary resources and composites in modern polymer materials would make it possible to reduce the cost and change the physical and mechanical properties of the packaging material. The use of composites to impart new properties to polymers complicates the implementation of technologies for the production of products from them, which prevents the improvement of product quality. This is due to the lack of an accumulated database and methods of predictive determination of the obtained properties of composite materials and polymers produced with the use of secondary raw materials. (Research purpose) The research purpose is testing the methodology of automated determination of electrophysical parameters of polymer and composite thermoplastic materials. (Materials and methods) A resonant method of monitoring the electrophysical parameters necessary for an energy-efficient method of high-frequency electrothermal heating of polymers has been substantiated. We selected and modified with the installation of an automated monitoring and data collection system cumeter with a working chamber from a standard cell, retrofitted with a heating system and thermal insulation. (Results and discussion) The results of the use of an automated process of control and determination of electrophysical parameters of polymer and composite materials based on polypropylene, polyethylene with a composite of titanium dioxide were presented. The method of establishing analytical dependencies for calculating the correction coefficient when calculating the effect of thermal insulation material (dielectric cardboard) and air gap in the working capacitor on the even electrophysical parameters of the polymer and composite under study was shown. (Conclusions) The possibility of conducting automated studies to determine the dielectric properties of polymer and composite materials using the developed automated control system for the process of control, transmission, processing, visualization and storage of information about the dielectric properties of ϵ , ϵ'' , $\text{tg}\delta$ polymer and composite materials was substantiated. The heating temperature ranges of polymer and composite materials PP H030 GP/3 TS and 1060PE were identified in automatic mode in order to organize the most energy-efficient operating modes of high-frequency electrical equipment.*

Keywords: *polymers, composite materials, control automation, dielectric loss tangent, dielectric constant.*

For citation: Filippenko N.G., Livshits A.V., Farzaliev E.F. Avtomatizirovannoe issledovanie elektrofizicheskikh svoystv polimernykh i kompozitsionnykh materialov [Automated study of electrophysical properties of polymeric and composite materials]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 93-99. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-93-99. EDN IRJYFF.

Переработка помета и навоза в биогазовых установках

Аслан Каральбиевич Апажев,

доктор технических наук, профессор;

Батыр Амурович Фиапшев,

аспирант;

Амур Григорьевич Фиапшев,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: energo.kbr@rambler.ru;

Олеся Хаутиевна Кильчукова,

кандидат технических наук, доцент;

Таймира Хасановна Пазова,

доктор технических наук, профессор;

Вячеслав Барасбиевич Дзуганов,

доктор технических наук, профессор

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

Реферат. В качестве возобновляемого ресурса приобретает все большее значение биогаз, получаемый из отходов сельского хозяйства. Биогаз можно получать биологическим и термохимическим способами. Первый представляет собой разложение органических веществ без доступа воздуха за счет процесса брожения, который протекает при температуре 30-40 градусов Цельсия для «чистых» отходов (например, микробиологической промышленности) либо 55-60 градусов Цельсия для отходов животноводства и городских сточных вод. В результате разложения образуется биогаз и ряд ценных компонентов (азот, фосфор, окись калия), из которых приготавливают высокоэффективное органо-биоудобрение. (Цель исследования) Повысить равномерность распределения температурного поля по всему объему биореактора для интенсификации термофильного процесса анаэробной переработки, увеличения выхода биогаза и улучшения качества получаемого биоудобрения. (Материалы и методы) Использовали с целью проведения лабораторных экспериментов помет из птичника крестьянско-фермерского хозяйства «Хэмзэт» Кабардино-Балкарской Республики с выполнением анализа в лаборатории агрохимслужбы «Кабардино-Балкарская». Определили суммарные суточные затраты тепла и мощность теплообменника-мешалки с использованием математического моделирования и законов термодинамики. (Результаты и обсуждение) Произвели подогрев содержимого метантенка теплообменником с помощью теплоносителя, а перемешивание – с применением механической мешалки, объединенных в один узел теплообменник-мешалку, работающей от электродвигателя. Показали, что при термофильном процессе происходит более интенсивное и глубокое сбраживание осадков, что способствует уменьшению объема метантенка, более действенному уничтожению гельминтов и семян сорной растительности. Установили, что при термофильном брожении для подогрева осадка в метантенке необходимо большее количество тепла, для обеззараживания массы достаточно 12-15 суток. (Выводы) Выявили, что оптимальные значения температуры процесса переработки субстрата 56,6 градусов Цельсия; время перемешивания 17 минут, число оборотов теплообменника-мешалки 7,5 оборотов в минуту. Провели химический анализ полученных органо-биоудобрений. **Ключевые слова:** биогазовая установка, биологическая очистка, биоорганические удобрения, навоз, помет.

Для цитирования: Апажев А.К., Фиапшев Б.А., Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Пазова Т.Х., Дзуганов В.Б. Переработка помета и навоза в биогазовых установках // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 100-105. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-100-105. EDN UAFDWX.

Processing of Manure in Biogas Plants

Aslan K. Apazhev,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Batyr A. Fiapshev,

postgraduate;

Amur G. Fiapshev,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: energo.kbr@rambler.ru;

Olesya Kh. Kilchukova,

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

Taymira Kh. Pazova,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Vyacheslav B. Dzuganov,
Dr.Sc.(Eng.), professor

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

Abstract. Biogas obtained from agricultural waste is becoming increasingly important as a renewable resource. Biogas can be obtained by biological and thermochemical methods. The first is the decomposition of organic substances without air access due to the fermentation process, which takes place at a temperature of 30-40 degrees Celsius for «clean» waste (for example, microbiological industry) or 55-60 degrees Celsius for animal waste and urban wastewater. As a result of decomposition, biogas and a number of valuable components (nitrogen, phosphorus, potassium oxide) are formed, from which a highly effective organo-biofertilizer is prepared. (Research purpose) The research purpose is increasing the uniformity of the temperature field over the volume of the bioreactor to intensify the thermophilic process of anaerobic processing, increasing the yield of biogas and improvement of the quality of the biofertilizer. (Materials and methods) For the purpose of laboratory experiments, droppings from the poultry house of the peasant farm “Khemzet” of the Kabardino-Balkarian Republic were used with the analysis performed in the laboratory of the agrochemical service “Kabardino-Balkarian”. The total daily heat consumption and the capacity of the heat exchanger-agitator were determined using mathematical modeling and the laws of thermodynamics. (Results and discussion) The contents of the methane tank were heated by a heat exchanger using a coolant, and mixing was carried out using a mechanical stirrer combined into one heat exchanger–stirrer unit powered by an electric motor. It was shown that during the thermophilic process, more intensive and deeper fermentation of precipitation occurs, which contributes to a decrease in the volume of the methane tank, more effective destruction of helminths and weed seeds. It was found that during thermophilic fermentation, a greater amount of heat is needed to heat the sediment in the methane tank, 12-15 days are enough to disinfect the mass. (Conclusions) It was found that the optimal values of the temperature of the substrate processing process are 56.6 degrees Celsius; the mixing time is 17 minutes, the number of revolutions of the heat exchanger-agitator is 7.5 revolutions per minute. Chemical analysis of the obtained organo-biofertilizers was carried out.

Keywords: biogas plant, biological treatment, bioorganic fertilizers, manure, litter.

For citation: Apazhev A.K., Fiapshev B.A., Fiapshev A.G., Kilchukova O.Kh., Pazova T.Kh., Dzuganov V.B. Pererabotka pometa i navoza v biogazovykh ustanovkakh [Processing of manure in biogas plants]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N2(51). 100-105 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-100-105. EDN UAFDWX.

УДК 621.4 DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-106-111

Применение синхронных генераторов для газотурбинных энергетических установок

Валентин Александрович Гусаров,

доктор технических наук, главный научный сотрудник, e-mail: cosinys50@mail.ru;

Дмитрий Юрьевич Писарев,

младший научный сотрудник;

Михаил Петрович Миронов,

аспирант

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Объединение газотурбинных двигателей и низкооборотных генераторов, входящих в состав энергетических установок, представляет собой агрегат большой массы с низкими удельными показателями соотношения массы к единице мощности. (Цель исследования) Разработать новую кинематическую схему газотурбинного двигателя с высокооборотным синхронным электрогенератором, более высокой надежностью и продолжительным ресурсом, сниженными массогабаритными характеристиками силовой установки. (Материалы и методы) Установили, что в России малые газотурбинные силовые и энергетические установки общего назначения не производятся, научно-исследовательские работы носили не системный характер. Определили, что синхронные генераторы и газотурбинные двигатели применяются на двухвалных кинематических системах, снижающих частоту вращения ротора генератора, где большой диаметр свободной турбины влечет более высокий уровень вибрации, а из-за высокого уровня скольжения приводит к меньшему крутящему моменту силовой установки на низких оборотах. (Результаты и обсуждение) Показали, что применение одновалных кинематических схем способствует более простому управлению, это открывает широкую перспективу для их использования на энергетических установках с

целью электроснабжения потребителей и мобильных транспортных средств сельскохозяйственного назначения. Разработали новую кинематическую схему высокоскоростного генератора, в которой ротор и статор взаимодействуют между собой по типу подшипника скольжения. (Выводы) Выявили преимущества применения одновальной кинематической схемы для совместной работы газотурбинного двигателя с высокооборотным синхронным генератором, которые выражаются в меньшем моменте страгивания ротора и отсутствии коэффициента скольжения между валами. Констатировали, что в результате использования предлагаемой конструкции энергетического модуля увеличивается надежность генератора, повышается рабочая частота вращения за счет применения в конструкции шлифованной наружной поверхности ротора и шлифованной внутренней поверхности статора, работающих по типу подшипника скольжения, с принудительной подачей масла под давлением 2-5 килограмм на квадратный сантиметр, одновременно с этим улучшается отвод теплоты от статорной обмотки.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, высокооборотный синхронный генератор, одновальная кинематическая схема, энергетические установки, мобильные транспортные средства.

Для цитирования: Гусаров В.А., Писарев Д.Ю., Миронов М.П. Применение синхронных генераторов для газотурбинных энергетических установок // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N2(51). С. 106-111. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-106-111. EDN WMJCDC.

Use of Synchronous Generators for Gas Turbine Power Plants

Valentin A. Gusarov,

Dr. Sc.(Eng.), chief researcher, e-mail: cosinys50@mail.ru;

Dmitriy Yu. Pisarev,

junior researcher;

Mikhail P. Mironov,

postgraduate

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The combination of gas turbine engines and low-speed generators that are part of power plants is a large-mass unit with low specific indicators of the mass-to-unit power ratio. (Research purpose) The research purpose is developing a new kinematic scheme of a gas turbine engine with a high-speed synchronous electric generator, higher reliability and long service life, reduced weight and size characteristics of the power plant. (Materials and methods) Established that small gas turbine power and general-purpose power plants are not produced in Russia, research work was not systematic. It was determined that synchronous generators and gas turbine engines are used on two-shaft kinematic systems that reduce the rotation frequency of the generator rotor, where a large diameter of the free turbine entails a higher level of vibration, and due to the high level of sliding leads to a lower torque of the power plant at low rpm. (Results and discussion) It has been shown that the use of single-channel kinematic schemes contributes to simpler control, this opens up a wide prospect for their use in power plants for the purpose of supplying electricity to consumers and mobile agricultural vehicles. A new kinematic scheme of a high-speed generator has been developed, in which the rotor and stator interact with each other according to the type of sliding bearing. (Conclusions) The advantages of using a single-shaft kinematic scheme for the joint operation of a gas turbine engine with a high-speed synchronous generator have been revealed, which are expressed in a smaller moment of straining of the rotor and the absence of a sliding coefficient between the shafts. It was stated that as a result of using the proposed design of the power module, the reliability of the generator increases, the operating speed increases due to the use in the design of the polished outer surface of the rotor and the polished inner surface of the stator, working according to the type of sliding bearing, with forced oil supply at a pressure of 2-5 kilograms per square centimeter, at the same time, heat removal from the stator winding improves.*

Keywords: gas turbine engine, high-speed synchronous generator, single-shaft kinematic scheme, power plants, mobile vehicles.

For citation: Gusarov V.A., Pisarev D.Yu., Mironov M.P. Primenenie sinkhronnykh generatorov dlya gazoturbinykh energeticheskikh ustanovok [Use of synchronous generators for gas turbine power plants]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. 70. N2(51). 106-111 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-106-111. EDN WMJCDC.