

С. А. АНДРЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

А. И. МАТВЕЕВ, аспирант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени А. К. Тимирязева», Российская Федерация, г. Москва

S. A. ANDREEV, Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor

A. I. MATVEEV, Postgraduate

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education

"Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev", Russian Federation, Moscow

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ELECTRIC POWER SUPPLY OF MEASURING-TRANSFER DEVICES IN TELEMETRIC SYSTEMS OF AGRICULTURAL APPOINTMENT

Аннотация. Контроль параметров многих технологических процессов современного АПК осуществляется с применением телеметрических систем. При этом с целью обеспечения удобства контроля, повышения его оперативности и надежности широкое применение находит радиосвязь. Линии радиосвязи обычно используются для передачи данных от измерительных устройств на удаленный сервер, в котором осуществляется накопление и обработка информации, а также формирование управляющих команд. При эксплуатации радиотелеметрических систем серьезной проблемой является электропитание измерительных и передающих устройств. Использование для этих целей химических источников энергии не всегда оправдано, так как они требуют периодического обслуживания. В работе рассмотрена возможность электропитания измерительных и радиопередающих устройств рассеянной электромагнитной энергией промышленного происхождения. Представлен пример телеметрической системы, обслуживающей гидравлическое оборудование. Основной задачей такой системы является измерение текущего расхода воды у потребителей и передачу информации на централизованный сервер. Известные технические решения предусматривали непосредственное использование преобразованной электромагнитной энергии радиодиапазона для питания передающих устройств. Однако при таком подходе наблюдается явный недостаток энергии. Поэтому непрерывный режим работы передающих устройств предложено заменить на периодический. При этом на протяжении относительно длительного промежутка времени в устройстве происходит накопление энергии на конденсаторах и незначительный ее расход на работу таймера и накопителя информации. Передающее устройство включается в импульсном режиме, обеспечивающем передачу «сжатого» файла на сервер. Для более полного использования накопленной энергии предложено в момент ее потребления производить коммутацию конденсаторов.

Ключевые слова: телеметрическая система, электромагнитная энергия, питание радиопередающих устройств, накопление энергии, конденсаторы.

Abstract. The control of parameters of many technological processes of modern agrarian and industrial complex is carried out with the use of telemetric systems. At the same time, radio communication is widely used to ensure the convenience of control, increase its efficiency and reliability. Radio links are typically used to transfer data from measuring devices to a remote server in which information is stored and processed, and the formation of control commands. When operating radiotelemetric systems, a serious problem is the power supply of measuring and transmitting devices. The use of chemical sources of energy for these purposes is not

always justified, since they require periodic maintenance. The possibility of power supply of measuring and radio transmitting devices by dispersed electromagnetic energy of industrial origin is considered in the work. The question is illustrated by an example of a telemetry system serving hydraulic equipment. The purpose of such a system is to measure the current consumption of water from consumers and transfer information to a centralized server. Known technical solutions provided for the direct use of the converted electromagnetic energy of the radiophone to power the transmitting devices. However, with this approach, there is a clear lack of energy. Therefore, the continuous mode of operation of the transmitting devices is proposed to be replaced by a periodic one. At the same time, for a relatively long period of time, the device accumulates energy on the capacitors and its insignificant expense for the operation of a timer and an information storage device. The transmitting device is switched on in pulsed mode, which ensures the transfer of a "compressed" file to the server. To make fuller use of the accumulated energy, it is suggested to switch capacitors at the time of its consumption.

Keywords: *telemetric system, electromagnetic energy, power of radio transmitting devices, energy storage, capacitors.*

Основные положения

1. Обоснована целесообразность электропитания измерительно-передающих устройств от автономных источников.

2. Проанализированы современные способы организации автономного питания радиоэлектронной аппаратуры.

3. Сделан вывод о целесообразности использования рассеянной электромагнитной энергии промышленного происхождения.

4. Предложено осуществлять накопление электрической энергии с помощью конденсаторов, переключаемых в процессе заряда-разряда бесконтактным коммутирующим устройством.

Введение

Практическое использование телеметрических систем существенно сдерживается отсутствием достаточно простых и надежных источников для электропитания приемно-передающих устройств. Накопленные к сегодняшнему дню теоретические сведения по распространению рассеянной электромагнитной энергии промышленного происхождения, а также мировой опыт по ее концентрации и преобразованию дают основание полагать, что эта энергия может быть успешно использована для питания ряда электронных устройств, входящих в состав телеметрических систем сельскохозяйственного назначения [1–7]. При этом особое значение приобретают вопросы аккумуляции преобразованной энергии вследствие специфичности режимов ее поступления и расходования.

Материалы и методы

В качестве материала исследований использовались радиоэлектронные устройства для преобразования, накопления и потребления электрической энергии. При выполнении теоретических исследований применялись сведения о распространении электромагнитных волн, а также основы теории переходных процессов в электрических цепях.

Целью настоящей работы является исследование возможности электропитания измерительных устройств рассеянной электромагнитной энергией промышленного происхождения и разработка устройства для его осуществления.

Результаты и обсуждения

На сегодняшний день использование рассеянной электромагнитной энергии промышленного происхождения перестало быть экзотикой. Идея не нова. Еще в 60-е годы XX столетия на страницах советского журнала «Радио» публиковались статьи с описанием полупроводниковых радиоприемников, питаемых «свободной» энергией [8, 9]. В наши дни принцип использования энергии электромагнитного фона промышленного происхождения переживает свое второе рождение. Это происходит в связи с бурным развитием микроэлектроники, а также вследствие значительного повышения уровня напряженности электрических полей за счет распространения беспроводных коммуникационных средств [10].

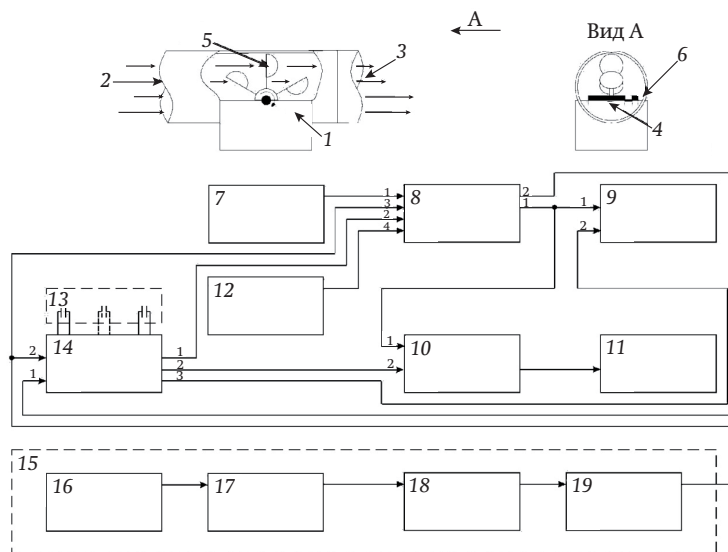
Ранее уже предлагалось использовать

энергию электромагнитного фона для питания радиопередающих устройств в телеметрических системах по обслуживанию гидравлического оборудования [11]. Однако при работе элементов этой системы в непрерывном режиме выявляется недостаточность полученной энергии. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на освоение циклического режима, при котором поступление энергии происходило бы за относительно длительный период, а ее расход на питание радиопередающего устройства – периодически и кратковременно. Преобразованную энергию электромагнитного поля было предложено накапли-

вать в конденсаторах [12].

На рисунке представлена функциональная схема измерительно-передающего устройства для телеметрической системы по обслуживанию гидравлического оборудования.

Устройство содержит корпус 1, имеющий входное отверстие 2 и выходное отверстие 3. В полости корпуса 1 расположен вал 4, продольная ось которого перпендикулярна потоку жидкости. На валу 4 жестко закреплены крыльчатка 5 и магнит 6 с возможностью вращения относительно продольной оси вала 4. Магнит 6 является постоянным и выполнен из композиционного материала.



Функциональная схема измерительно-передающего устройства для телеметрической системы по обслуживанию гидравлического оборудования: 1 – корпус; 2 – входное отверстие; 3 – выходное отверстие; 4 – вал; 5 – крыльчатка; 6 – магнит; 7 – счетный геркон (магнитоуправляемый контакт); 8 – первый вход вычислительного устройства; 9 – первый вход жидкокристаллического индикатора; 10 – блок управления

Счетный геркон 7 (магнитоуправляемый контакт) установлен в зоне уверенного воздействия магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом 6 (с зазором 0,8...2,0 мм от окружности, описываемой магнитом 6 при вращении вала 4). Счетный геркон 7 связан с первым входом вычислительного устройства 8, представляющего собой микросхему, которая реализует функцию суммирования импульсов. Первый выход вычислительного устройства 8 подключен к первым входам жидкокристаллического индикатора 9 и блока 10 управления. В качестве блока 10 управления использован каскад микросхем, реализующий функции хранения информации. В качестве блока 10 управления ис-

пользован каскад микросхем, реализующий функции хранения информации.

Блок 10 управления связан с блоком 11 передачи данных, который представляет собой микросхему с Ethernet-портом, сочлененным с антенной. С помощью блока 11 передачи данных осуществляется проводная или беспроводная передача данных. Беспроводная передача данных в нашем случае реализована на частоте 2,4 ГГц, хотя для нее возможно использование и других разрешенных частот. Таймер 12 представляет собой кварцевый резонатор, подключенный к четвертому входу вычислительного устройства 8. Таймер 12 предназначен для формирования импульсов с частотой 32 768 Гц при

наличии напряжения питания на вычислительном устройстве 8. Конденсаторы 13 через коммутирующее устройство 14 подключены ко второму входу вычислительного устройства 8. Конденсаторы 13 могут быть электролитическими, танталовыми или импульсными с повышенной емкостью. Ко второму входу коммутирующего устройства 14 и третьему входу вычислительного устройства 8 подключен выход блока 15 подзарядки. Блок подзарядки 15 содержит антенну 16, колебательный контур 17, выпрямитель 18 и стабилизатор напряжения 19. Антенна 16 через колебательный контур 17 подсоединена ко входу выпрямителя 18. Выход выпрямителя 18 подключен к стабилизатору 19 напряжения, выход которого является выходом блока 15 подзарядки. Второй и третий выходы коммутирующего устройства 14 подключены ко вторым входам жидкокристаллического индикатора 9 и блока 10 управления. Второй выход вычислительного устройства 8 подключен к первому входу коммутирующего устройства 14.

Устройство для измерения расхода жидкости работает следующим образом. Устройство устанавливается в трубопроводе. При течении жидкости она попадает в корпус 1 через входное отверстие 2 и удаляется из него через выходное отверстие 3 (на рисунке направление движения жидкости показано стрелками слева направо). Перемещаясь в полости корпуса 1, жидкость взаимодействует с лопастями крыльчатки 5 и приводит ее во вращательное движение. Одновременно с крыльчаткой 5 происходит вращение вала 4 и магнита 6. При каждом обороте магнита 6 вокруг продольной оси вала 4 происходит срабатывание счетного геркона 7. На выходе счетного геркона 7 формируются импульсы, которые поступают на первый вход вычислительного устройства 8. В вычислительном устройстве 8 осуществляется суммирование импульсов в течение заданного интервала времени, определяемого таймером 12. Управляющий сигнал таймера 12 подается на четвертый вход вычислительного устройства 8. С первого выхода вычислительного устройства 8 результаты суммирования импульсов в двоичном коде подаются на первые входы жидкокристаллического индикатора 9 и блока 10 управления. В жидкокристаллическом индикаторе

9 происходит преобразование поступивших сигналов в десятичную форму и их подача на жидкокристаллические элементы для визуального контроля текущего расхода жидкости. В блоке 10 управления осуществляется хранение информации, а также формирование файлов для их периодической передачи во внешнюю информационную сеть с помощью блока 11 передачи данных. Электромагнитный фон промышленного происхождения, создаваемый сигналами местных радиостанций, телевизионных передатчиков, Wi-Fi-роутеров и других излучателей радиоволн, воспринимается антенной 16 блока подзарядки 15. В колебательном контуре 17 возникает явление резонанса и на его выходе появляется переменное электрическое напряжение. Это напряжение поступает на выпрямитель 18, где происходит его выпрямление (детектирование). Постоянное напряжение с выхода выпрямителя 18 поступает на стабилизатор 19 напряжения, в котором осуществляется его поддержание на заданном уровне. С выхода стабилизатора 19 электрическая энергия подается на второй вход коммутирующего устройства 14 и третий вход вычислительного устройства 8. Поскольку электрическая энергия, преобразованная блоком 15 подзарядки, недостаточна для устойчивой работы блока 11 передачи данных, эта энергия сначала подается на конденсаторы 13, последовательно подключаемые коммутирующим устройством 14. Коммутирующее устройство 14 получает соответствующие команды на свой первый вход со второго выхода вычислительного устройства 8. Конденсаторы 13 заряжаются. Информация о заряде конденсаторов 13 через первый выход коммутирующего устройства 14 поступает на второй вход вычислительного устройства 8. По мере достижения энергии на конденсаторах 13 заданного значения вычислительное устройство 8 через свой второй выход подает команду на второй вход коммутирующего устройства 14 о наступлении момента разряда конденсаторов 13. Электрическая энергия, накопленная на конденсаторах 13, подается со второго выхода коммутирующего устройства 14 на второй вход блока управления 10. При этом информация о расходе жидкости, хранимая в блоке 10 управления в виде файлов, поступает в блок передачи данных 11, а через него – во

внешнюю информационную сеть. Сигналы о заряде и разряде конденсаторов 13 с третьего выхода коммутирующего устройства 14 подаются на второй вход жидкокристаллического индикатора 9.

Вычислительное устройство 8 настраивается таким образом, чтобы поочередный заряд конденсаторов 13 происходил до достижения значения 63 % от величины электрического напряжения, получаемого на блоке подзарядки 15. Этим достигается сокращение продолжительности заряда в 5 раз по сравнению с длительностью полного заряда конденсаторов 13 [13].

Выводы

Таким образом, измерительно-передающее устройство телеметрической системы гидравлического оборудования не требует периодического обслуживания ввиду отсутствия химического источника энергии. Описанное устройство может найти применение в системах коммерческого учета воды при измерении потребления ресурса отдельными потребителями, в автоматизированных системах полива при точном дозировании вносимой воды, а также в системах дистанционного автоматического контроля других физических величин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин И. Ф., Андреев С. А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. 2-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2017. 356 с.
2. Назаров А. В., Козырев Г. И., Обрученков В. П. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс. СПб. : Наука и Техника, 2007. 672 с.
3. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия. Краснодар : КубГАУ, 2016. 39 с.
4. Механизация полива: Справочник / Б. Т. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.]. М. : Агропромиздат, 1990. 336 с.
5. Садо́мовский А. С. Приемно-передающие радиоустройства и системы связи: учебное пособие для студентов специальности 21020165. Ульяновск : Ул ГТУ, 2007. 243 с.
6. Технические средства автоматизации и управления: учебник для академического бакалавриата / А. А. Есюткин [и др.]; под ред. О. С. Колесова. М. : Юрайт, 2007.
7. Андреев С. А., Загинайлов В. И., Матвеев А. И. Автономное питание измерительно-передающих устройств в системах автоматического управления сельскохозяйственного назначения // Вестник ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2016. № 3 (73). С. 63–68.
8. Транзисторные приемники без источников питания // Радио. 1962. № 6. С. 53.
9. О питании радиоприемников «свободной энергией» // Радио. 1997. № 1. С. 22–23.
10. Product Datasheet P2110 – 915 MHz RF Powerharvester™ Receiver, SPECIFICATION.
11. Пат. 155165 Российская Федерация, МПК G01F 1/00 (2006.01). Устройство для измерения расхода жидкости / Андреев С. А., Матвеев А. И.; заявитель и патентообладатель Андреев Сергей Андреевич. – 2015100179/28 ; заявл. 13.01.2015 ; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27.
12. Пат. 2627546 Российская Федерация, МПК G 01 F 1/06 (2006.01). Устройство для измерения расхода жидкости / Андреев С. А., Судник Ю. А., Матвеев А. И.; заявитель и патентообладатель Андреев Сергей Андреевич. 2016119238 ; заявл. 08.05.2016 ; опубл. 18.08.2017, Бюл. № 22.
13. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники [Пер. с англ.]. 2-е изд. М. : БИНОМ, 2014. 204 с.

REFERENCES

1. Borodin I. F., Andreev S. A. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i sistemy avtomaticheskogo upravleniya. 2-e izd., ispr. i dop. M. : Yurayt, 2017. 356 s.
2. Nazarov A. V., Kozыrev G. I., Obruchenkov V. P. Sovremennaya telemetriya v teorii i na praktike. Uchebnyy kurs. SPb. : Nauka i Tekhnika, 2007. 672 s.
3. Truflyak E. V. Osnovnye elementy sistemy tochnogo zemledeliya. Krasnodar : KubGAU, 2016. 39 p.
4. Mekhanizatsiya poliva: Spravochnik / B. T. Shtepa, V. F. Nosenko, N. V. Vinnikova [i dr.]. M. : Agropromizdat, 1990. 336 s.
5. Sadomovskiy A. S. Priemno-peredayushchie radioustroystva i sistemy svyazi: uchebnoe posobie dlya studentov spetsial'nosti 21020165. Ul'yanovsk : Ul GTU, 2007. 243 s.

6. Tekhnicheskie sredstva avtomatizatsii i upravleniya: uchebnyk dlya akademicheskogo bakalavriata / A. A. Esyutkin [i dr.]; pod red. O. S. Kolesova. M. : Yurayt, 2007.
7. Andreev S. A., Zaginaylov V. I., Matveev A. I. Avtonomnoe pitanie izmeritel'no-peredayushchikh ustroystv v sistemakh avtomaticheskogo upravleniya sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya // Vestnik FGBOU VPO «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina». 2016. № 3 (73). S. 63–68.
8. Tranzistornye priemniki bez istochnikov pitaniya // Radio. 1962. № 6. S. 53.
9. O pitanii radiopriemnikov «svobodnoy energiyey» // Radio. 1997. № 1. S. 22–23.
10. Product Datasheet P2110 – 915 MHz RF Powerharvester™ Receiver, SPECIFICATION
11. Pat. 155165 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01F 1/00 (2006.01). Ustroystvo dlya izmereniya raskhoda zhidkosti / Andreev S. A., Matveev A. I.; zayavitel' i patentoobladatel' Andreev Sergey Andreevich. 2015100179/28 ; zayavl. 13.01.2015 ; opubl. 27.09.2015, Byul. № 27.
12. Pat. 2627546 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G 01 F 1/06 (2006.01). Ustroystvo dlya izmereniya raskhoda zhidkosti / Andreev S. A., Sudnik Yu. A., Matveev A. I.; zayavitel' i patentoobladatel' Andreev Sergey Andreevich. 2016119238 ; zayavl. 08.05.2016 ; opubl. 18.08.2017, Byul. № 22.
13. Khorovits P., Khill U. Iskusstvo skhemotekhniki [Per. s angl.]. 2-e Izd. M. : BINOM, 2014. 204 s.

Андреев Сергей Андреевич, канд. техн. наук, доцент

Тел. 8-906-783-71-60

E-mail: asa-finance@yandex.ru

123557, Москва, Большой Тишинский переулок, д. 2, кв. 61

Матвеев Андريس Илмарович, аспирант

Тел. 8-964-628-54-88

E-mail: anddriis@bk.ru

170040, Тверь, проспект 50 лет Октября, д. 32, кв. 2