

Челухин В. А., Васильев А. В., Абрамсон Е. В., Пьей Зон Аунг
V. A. Chelukhin, A. V. Vasiliev, E. V. Abramson, Pyae Zone Aung

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СУТОЧНОГО ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР

EXPERIMENTAL STUDY OF ENERGY CONVERSION OF DAILY TEMPERATURE DIFFERENCE

Челухин Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: Chelukhin-va@mail.ru.

Vladimir A. Chelukhin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Information Security Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 27, Lenin St., Komsomolsk-on-Amur, 681013. E-mail: Chelukhin-va@mail.ru.

Васильев Александр Владимирович – аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: astrgan@gmail.com.

Alexander V. Vasiliev – Postgraduate Student, Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 27, Lenin St., Komsomolsk-on-Amur, 681013. E-mail: astrgan@gmail.com.

Абрамсон Елизавета Владимировна – старший преподаватель кафедры «Проектирование, управление и разработка информационных систем» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: Elizaveta27@bk.ru.

Elizaveta V. Abramson – Senior Lecturer, Design, Management and Development of Information Systems Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 27, Lenin St., Komsomolsk-on-Amur, 681013. E-mail: Elizaveta27@bk.ru.

Пьей Зон Аунг – аспирант кафедры прикладной математики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: pyaythar87@gmail.com.

PayZone Aung – a Post-graduate Student, Applied Mathematics Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 27, Lenin St., Komsomolsk-on-Amur, 681013. E-mail: pyaythar87@gmail.com.

Аннотация. В последнее время всё больше внимания уделяется возобновляемой энергетике. Зелёная энергетика, или возобновляемая энергетика, в последнее время всё больше и больше начинает теснить традиционную энергетiku, основанную на сжигании ископаемых топлив: угля, нефти и т. д. В основном развитие возобновляемых источников энергии идёт за счёт ветроэнергетики и солнечной энергетики. Однако, как показали последние ситуации в Германии, США и других странах, ветроэнергетика имеет свои недостатки. Это прежде всего нестабильность подачи энергии, а также сложности преобразования непостоянной энергии ветра в ток промышленного назначения. Солнечная энергетика тоже имеет свои недостатки. Это необходимость больших площадей, необходимость именно солнечных районов и очистка солнечных панелей от снега, пыли и других осадков. Сегодня идёт поиск возобновляемых источников энергии по всем направлениям, рассматриваются самые незначительные варианты, такие как, например, тепловая энергия океанов. «Теплоокеанная» электростанция будет вырабатывать энергию за счёт разницы температур между поверхностными тёплыми и придонными холодными водами. В работе рассматривается метод получения энергии с помощью перепада температур между днём и ночью. В любой точке земного шара днём температура всегда выше, чем ночью. Этот перепад температуры может быть от 3 и до 12, 15 и более градусов, например, в Уренгое зимой он может достигать и 60 °С. То же самое происходит и на других планетах, особенно на Марсе. Там перепад температуры между днём и ночью порядка 60...80 °С, поскольку Марс не имеет атмосферы.

Summary. Recently, renewable energy has received more and more attention. Green energy, or renewable energy, has recently started to overtake traditional energy based on burning fossil fuels: coal, oil, etc., more and more. The development of renewable energy sources is mainly driven by wind power and solar energy. However, as recent situations in Germany, the United States and other countries have shown, wind power has its disadvantages. These are, first, the instability of energy supply, as well as the difficulties of converting the erratic wind energy into a current for industrial purposes. Solar energy also has its disadvantages. These are the necessity of large areas, the need for solar areas and the cleaning of solar panels from snow, dust and other precipitations. Today there is a search for renewable energy sources in all directions; the most non-significant options are being considered, such as, for example, the thermal energy of the oceans. "Warm-ocean" power plant would generate energy from the temperature difference between surface warm water and benthic cold water. This paper considers a method of energy generation using the temperature difference between day and night. In any point of the globe, the temperature during the day is always higher than at night. This temperature difference can be from 3 and up to 12, 15 and more degrees, for example, in Urengoy in winter it can reach 60 °C. The same thing happens on other planets, especially on Mars. There the temperature difference between day and night is about 60...80 °C, because Mars has no atmosphere.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, перепад температур, преобразователь энергии, разность температур, конденсатор, диэлектрическая проницаемость, источник питания.

Key words: renewable energy, temperature difference, energy converter, temperature difference, capacitor, dielectric constant, power supply.

УДК 621.362

Введение. В работах [1–3] рассмотрены методы работы, физические принципы способа получения энергии от перепада температур день-ночь и его технологии. Как известно, если конденсатор зарядить до некоторого напряжения, отключить от источника питания, затем с помощью дополнительной энергии уменьшить ёмкость, то вследствие постоянного заряда на ёмкости напряжение пропорционально вырастет. Другими словами, потенциальная энергия заряда вырастет за счёт притока этой дополнительной энергии.

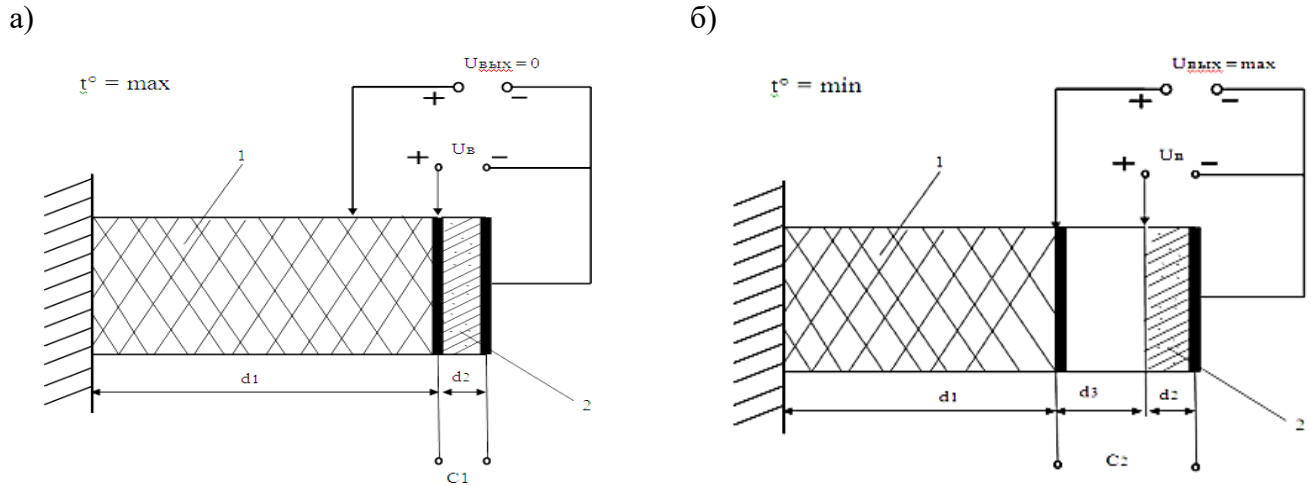
Физико-технические основы работы такого преобразователя энергии на основе перепада температур сводятся к следующему. Если зарядить конденсатор и отключить его от источника питания, то заряд на нём остаётся постоянным. Увеличивая расстояние между пластинами за счёт внешних сил, получим прибавку энергии в виде роста напряжения. Общая схема такого преобразователя ёмкостного типа показана на рис. 1.

При высокой температуре брусок увеличивает свою длину и плотно прижимает подвижную пластину к диэлектрику, ёмкость будет максимальной. В этом состоянии конденсатор заряжается до напряжения возбуждения (см. рис. 1, *а*). При понижении температуры брусок уменьшает свои линейные размеры и отодвигает подвижную пластину, создавая зазор между ней и диэлектриком (см. рис. 1, *б*). В этом случае ёмкость устройства скачком падает вследствие появления воздушного зазора, а напряжение вырастает до максимума и разряжается на нагрузку. Далее процесс повторяется.

В данной работе ставилась задача экспериментально подтвердить преобразование энергии с помощью перепада температур между днём и ночью на примере ёмкости с двумя пластинами.

Соберём конденсатор из 2 односторонних фольгированных текстолитов. В качестве диэлектрика между ними будем использовать лист бумаги (см. рис. 2). Для эксперимента бралось два листа фольгированного стеклотекстолита размером примерно 200×200 мм. Между пластинами прокладывался бумажный лист с диэлектрической проницаемостью, равной приблизительно единице.

Пластины конденсатора сначала заряжались от источника питания, затем источник питания отключался. Для этого конденсатор подключался к АЦП микроконтроллера Arduino и заряжался до 3.3 В. Для более плотного прилегания пластин друг к другу и уменьшения расстояния между пластинами сверху на пластины помещался значительный груз. Вид графика напряжения на конденсаторе показан на рис. 3.



1 – диэлектрик, изменяющий свой линейный размер при изменении температуры; 2 – диэлектрик с большим значением диэлектрической проницаемости; C_1 – ёмкость, имеющая максимальное значение при зарядке от напряжения возбуждения; C_2 – ёмкость, имеющая минимальное значение при разрядке на нагрузку

Рис. 1. Схемы преобразователя ёмкостного типа при максимальной (а) и минимальной (б) внешней температуре (днём и ночью)

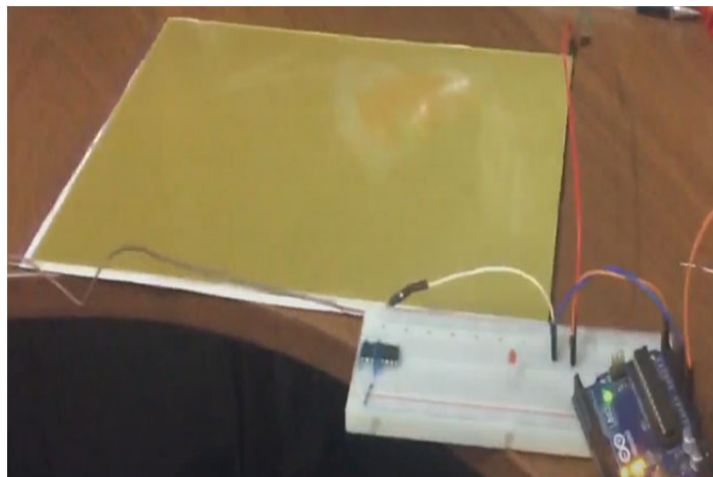


Рис. 2. Два листа из односторонних фольгированных текстолитов

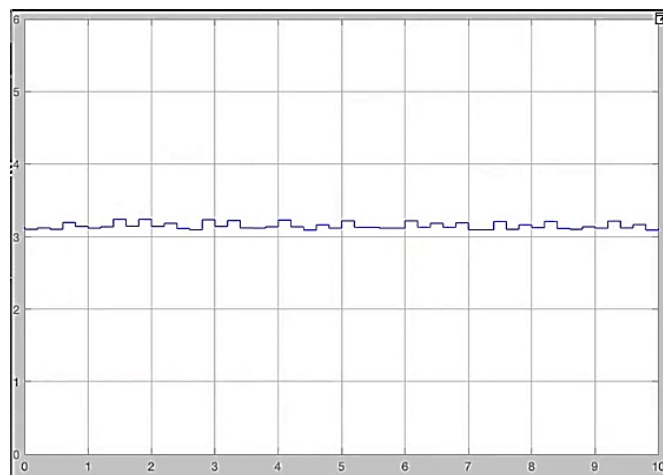


Рис. 3. График значения напряжения на ёмкости после заряда

Как видно из рис. 3, напряжение стабильно на уровне 3 В.

После зарядки источник питания отключался и груз снимался. Ёмкость при этом падала. Поскольку ёмкость была отключена от питания, а заряд оставался постоянный, то при уменьшении ёмкости напряжение возрастало (см. рис. 4).

Напряжение во время разряда конденсатора на АЦП фиксировалось с помощью осциллографа. На рис. 4 видно, как подскакивает напряжение на конденсаторе.



Рис. 4. Скачок напряжения на ёмкости при её уменьшении

Предел измерения для этого микроконтроллера составляет 5 В, хотя напряжение может возрасть сильнее.

Рассмотрим работу конденсатора в таком режиме, при котором его заряд будет происходить с меньшим расстоянием между обкладками, чем его разряд. Ёмкость конденсатора и его напряжение зависят от расстояния между обкладками:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{l},$$

$$U_c = U \frac{d_2}{d_1} \exp\left(\frac{-t}{RC}\right),$$

где S – площадь пластин ёмкости, м^2 ; ε – диэлектрическая проницаемость материала между пластинами; ε_0 – диэлектрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Ток I_c будет зависеть от значения накопленного ёмкостью заряда, т. е.

$$I_1 = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(C_1 U_1)}{dt},$$

где Q – заряд, накопленный ёмкостью при её зарядке источником возбуждения; C_1 – ёмкость устройства при заряде; U_1 – напряжение источника возбуждения.

Напряжение на выходе ёмкости после срабатывания одного цикла устройства U_2 будет равно напряжению возбуждения U_1 , умноженному на величину изменения ёмкости устройства.

Построим график напряжения, изменяя τ от 0 до 0,14, $R = 10$ МОм, $E = 1$, $d_1 = 0,1$ мм, $d_2 = 0,66$ мм (см. рис. 5).

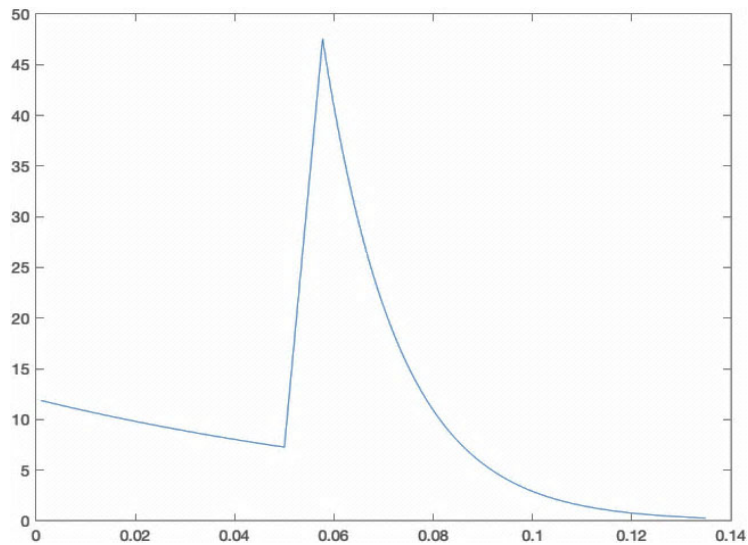


Рис. 5. Напряжение разряда конденсатора на резистор

В момент времени 0,05 с мы увеличиваем расстояние между обкладками для повышения напряжения. Вид тока получим следующий (см. рис. 6).

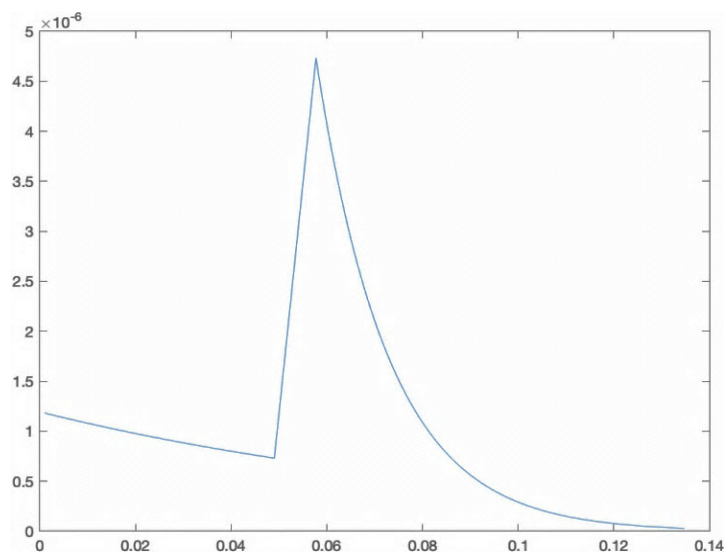


Рис. 6. Ток разряда конденсатора на резистор

Смоделируем работу конденсатора с раздвигающимися обкладками в пакете прикладных математических программ Matlab Simulink. Описать поведение нового физического объекта на основе этих уравнений можно на языке Simscape и подключить его через элемент «Simscape Component». Для изучения его поведения соберём схему с такими же параметрами, которые использовались выше (см. рис. 7).

Здесь Step1 – источник сигнала, который представляет собой прямоугольный импульс длительностью 3 с. Этот сигнал используется для управления ключами Switch1 и Switch2. Чтобы эти ключи открывались в разное время, сигнал для Switch2 инвертируется с помощью логического элемента. Элемент distance изменяет расстояние между обкладками на конденсаторе. Это подсистема, которая содержит стандартный элемент Signal Builder. Напряжение на конденсаторе фиксировалось также на осциллографе (см. рис. 8).

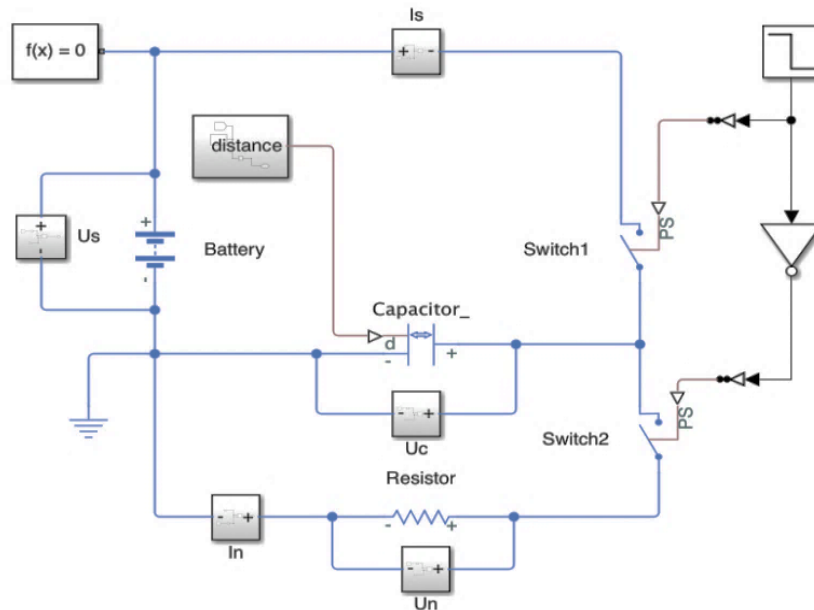


Рис. 7. Модель Simulink с использованием конденсатора с изменяемым расстоянием между его пластинами

Рассмотрим энергию, которая затрачивается на заряд и разряд этого конденсатора, причём заряжать мы его будем с расстоянием между обкладкам d_1 , а разряжать – с расстоянием d_2 . Интеграл от мгновенной мощности за промежуток времени равен полной переданной энергии за это время:

$$W = \int_0^T P(t) dt .$$

Единицы измерения. В Международной системе единиц (СИ) единицей измерения мощности является ватт, равный одному джоулю, делённому на секунду.

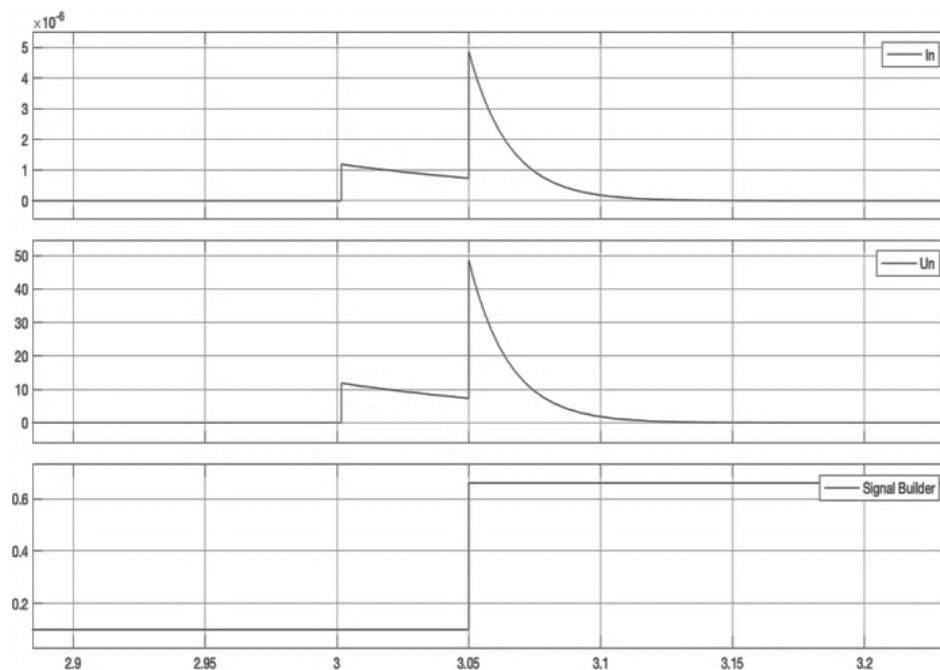


Рис. 8. Напряжение на конденсаторе в модели Simulink

В Matlab Simulink, используя стандартную библиотеку «Specialized Power Systems», можно с помощью элемента «power measurement» получить мощность. Далее проинтегрировав её стандартным элементом, получаем энергию. Схема для подсчёта энергии показана на рис. 9.

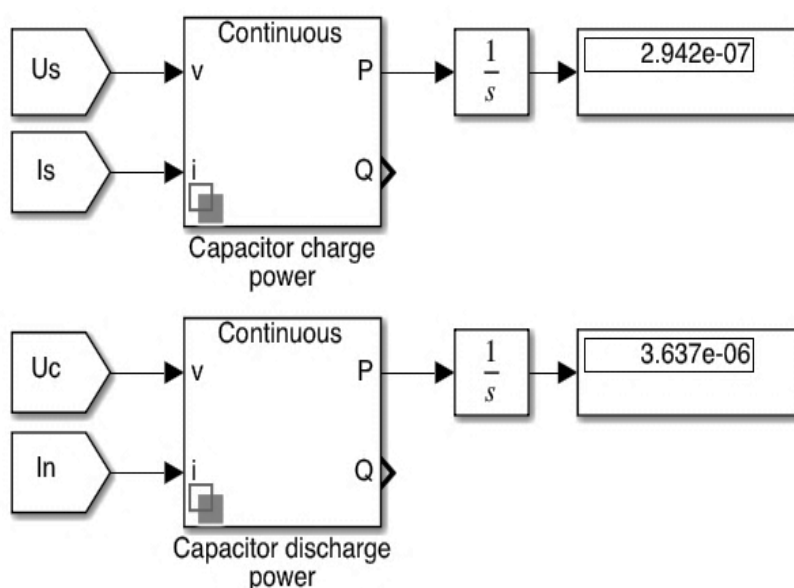


Рис. 9. Измерение энергии заряда и разряда конденсатора в модели Simulink

Видно, что высвобождаемая энергия конденсатора больше, чем та энергия, которая тратится на его заряд.

Применение такого устройства для получения энергии от перепада температур между днём и ночью возможно в автономной гибридной электротехнической системе, где используются солнечная энергия, энергия ветра. Недостатком таких систем является сильная зависимость от погодных условий, что снижает надёжность электроснабжения. Поэтому если такие автономные гибридные электротехнические системы снабдить преобразователем энергии на основе перепада температур, то это повысит надёжность работы гибридного комплекса. Возможность получения энергии с помощью использования суточного перепада температур отличается стабильностью, т. к. перепад температур в течение суток всегда есть в любой точке земного шара.

Блок-схема такого гибридного комплекса с шиной постоянного тока показана на рис. 10.

Проблема. При разработке систем управления автономного комплекса электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии с устройством перепада температур приходится сталкиваться с проблемой подбора электрической прочности диэлектрика между пластинами конденсатора: при срабатывании преобразователя напряжение на выходе будет больше напряжения зарядки в несколько раз. Это создаёт проблему электрической прочности промежутка воздушного зазора и ограничивает значение диэлектрической проницаемости диэлектрика.

Решение. Для подбора значения электрической прочности необходимо вначале рассчитать выходное напряжение.

Заряд Q на ёмкости можно выразить через ёмкость C_1 и напряжение V_1 :

$$Q = C_1 V_1,$$

где C_1 – ёмкость в начальном состоянии, V_1 – напряжение возбуждения.

При появлении воздушного зазора между пластинами конденсатора имеем

$$Q = C_2 V_2,$$

где C_2 – ёмкость с зазором, V_2 – напряжение выхода. Отсюда

$$V_2 = Q/C_2.$$



ВЭУ – ветрогенератор; СП – солнечные панели; СПТ – система перепада температур; АГП – бензиновый агрегат питания; СУ – система управления; КНТ – контроллеры управления; АКБ – аккумуляторные батареи; ИИВ – инверторы; ТР – трансформатор; НГ – нагрузка

Рис. 10. Упрощённая модель автономного комплекса электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии с устройством перепада температур и шиной постоянного тока

Так как заряд постоянный и не меняется, $Q = \text{const}$, то тогда получим, что

$$C_2 \ll C_1, V_2 \gg V_1.$$

Если C_2 уменьшается в n раз, то напряжение выхода будет $n \cdot V_1$.

Электрическая прочность материала между пластинами конденсатора рассчитывается из условия

$$nV_1 < V_{\text{пр}},$$

где $V_{\text{пр}}$ – напряжение пробоя диэлектрика, помещённого между пластинами конденсатора.

Для автоматизации расчёта была создана программа, алгоритм которой показан на рис. 11.

Программа работает следующим образом. Вначале вводятся геометрические параметры ёмкости и её относительная диэлектрическая проницаемость. После того как все эти данные будут введены, программа переходит к выбору среды: воздух, масло или газ.

Если выбран воздух, то водится условие эксплуатации системы, затем электрическая прочность из условий, заданных по воздуху. После этого программа рассчитывает ёмкость и вводит параметры зазора. Программа рассчитывает уже вторую ёмкость после изменения соотношения первичной ёмкости к вторичной. Как только значение получено, программа начинает рассчитывать напряжение возбуждения, после расчёта напряжение возбуждения получается с учётом найденного коэффициента напряжения на выходе.

Затем программа сравнивает напряжение на выходе и напряжение диэлектрической прочности. Если они не совпадают, то программа отдаёт указания на изменение каких-то параметров; если совпадают, то даётся команда на переход к расчёту материала активного диэлектрика.

В дальнейшем, если, допустим, выбран газ, программа повторяет почти все те же операции, которые выбраны для воздуха.

Если выбрано масло, то вначале выбирается значение напряжения пробоя, и в дальнейшем проводится тот же расчёт.

Данная разработанная программа зарегистрирована как программа для ЭВМ под номером RU 2023612776.

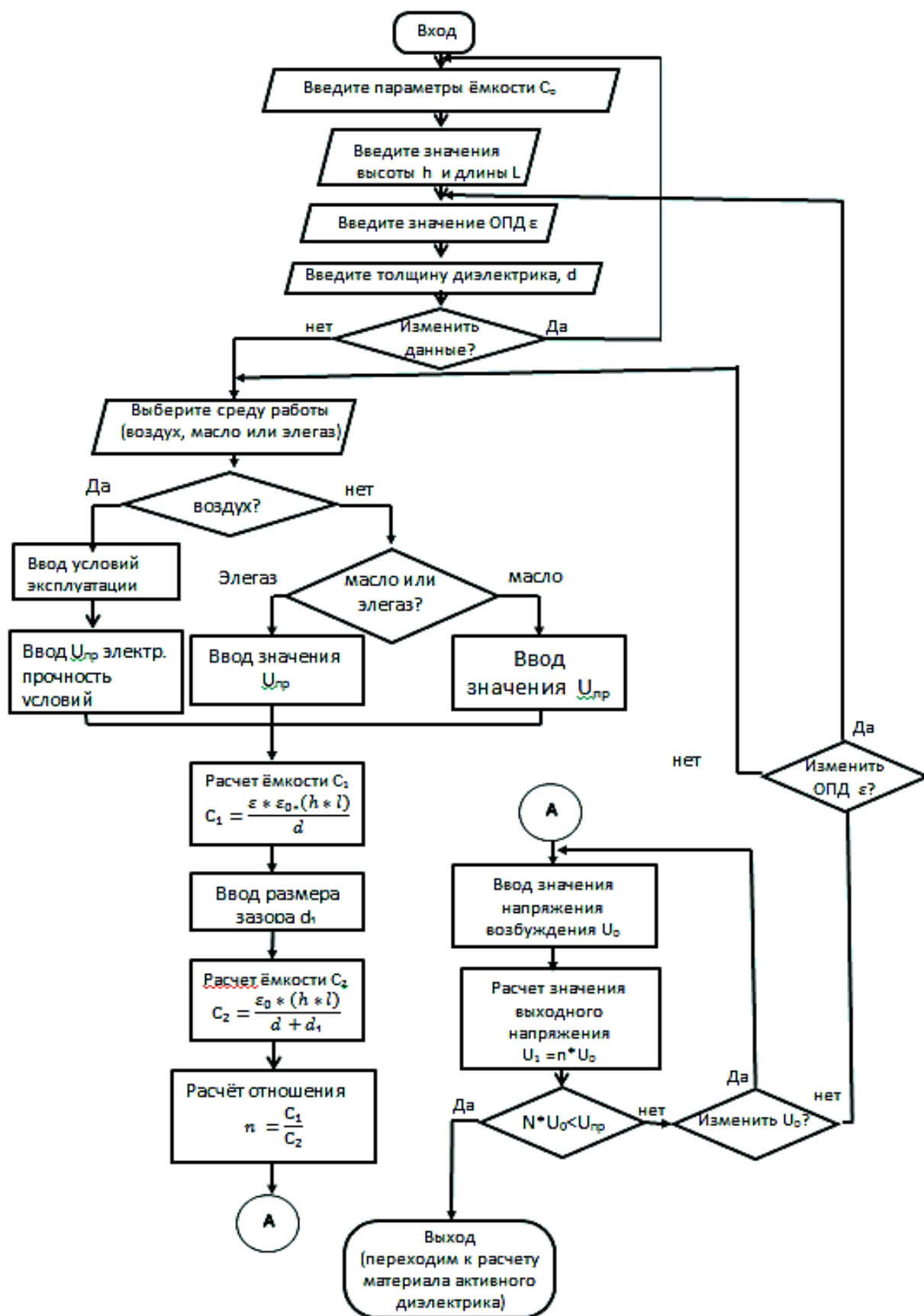


Рис. 11. Алгоритм подбора напряжения зарядки и электрической прочности диэлектрика между пластинами конденсатора

Вывод. Можно заметить, что способ получения энергии с помощью перепада температур или изменения ёмкости между пластинами конденсатора вполне реален и может применяться в более широких масштабах. В данном случае прибавка энергии получается за счёт изменения температуры и её воздействия на физические тела, в частности за счёт изменения линейных размеров любого физического тела при уменьшении или увлечении температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Челухин, В. А. Электротепловой преобразователь низкопотенциальной энергии перепада температур / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон // Вестник ТОГУ. – 2014. – № 4 (35). – С. 93-98.
2. Челухин, В. А. Об электроснабжении возможных поселений на Марсе / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон // Электричество. – 2016. – № 5. – С. 45-52.
3. Челухин, В. А. К вопросу создания общей классификации электрических машин / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – № 3. – С. 46-53.
4. Челухин, В. А. Оценка эффективности использования перепада температур день-ночь для целей энергетики / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон, М. С. Кружаев // Промышленная энергетика. – 2018. – № 6. – С. 45-49.
5. Математическое моделирование процесса получения энергии при использовании перепада температур день-ночь на основе нейронных сетей и искусственного интеллекта / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, Пьей Зон Аунг, Е. В. Абрамсон // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № I-1 (41). – С. 18-24.
6. Челухин, В. А. Теоретическая оценка величины отклонения разности между минимальным и максимальным значениями температуры окружающей среды / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, Пьей Зон Аунг, Е. В. Абрамсон // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № III-1 (43). – С. 81-92.
7. Преобразователь энергии суточного перепада температур для энергоснабжения удалённых сельскохозяйственных объектов / Е. В. Абрамсон, Пьей Зон Аунг, В. А. Челухин и др. // Электротехнологии и электрооборудование АПК. – 2022. – Т. 69. – № 2 (47). – С. 54-58.
8. Разработка схем автономного гибридного электротехнического комплекса на основе возобновляемых источников энергии с системой перепада температур для электроснабжения удалённых сельскохозяйственных объектов / Е. В. Абрамсон, Пьей Зон Аунг, В. А. Челухин и др. // Электротехнологии и электрооборудование АПК. – 2022. – Т. 69. – № 4 (49). – С. 93-97.
9. Челухин, В. А. Применение «умных» материалов для решения вопроса эффективности преобразователя перепада температур / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон, М. С. Кружаев // Инновации в науке. – 2017. – № 13 (74). – С. 34-38.
10. Патент № 2557066 Российская Федерация, МПК H02M 3/04 (2006.01). Преобразователь энергии перепада температур с электронным управлением: № 2014112479/07: заявлено 31.03.2014: опубликовано 20.07.2015 / Челухин В. А., Челухин И. В., Абрамсон Е. В.; заявитель ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». – 6 с.
11. Патент № 2564994 Российская Федерация, МПК H02N 11/00 (2006.01), H02M 3/04 (2006.01). Низкопотенциальный преобразователь энергии перепада температур с элегазом: № 2014112477/07: заявлено 31.03.2014: опубликовано 10.10.2015 / Челухин В. А., Абрамсон Е. В. – 6 с.