

Стабилизация температуры теплового химического источника тока для увеличения временного ресурса работы

А.И. Сергеев¹, В.В. Захаров², О.В. Волкова²

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

olga@ihte.uran.ru

Стабилизатор температуры увеличивает эксплуатационное время работы батареи и предназначен для термоактивируемых тепловых химических источников тока. В работе задача поддержания оптимального теплового баланса в ограниченном объеме в течение длительного времени решена путем стабилизации температуры батареи в оптимальном диапазоне. Представлен стабилизатор температурного режима источника тока, использующий для работы энергию самой батареи. Показано, что отличительной особенностью стабилизатора является совмещение функции нагревательного элемента и температурного сенсора. Экспериментальные исследования проведены с помощью инструментального контроля качества работы стабилизатора на макете и реальных батареях. Разработан и реализован экспериментально стабилизатор температуры, с помощью которого возможно достаточно длительно (до 1 ч) поддерживать заданную температуру при высокой экономичности расхода энергии батареи теплового химического источника тока. Это достигнуто благодаря тому, что энергия батареи расходуется практически только в режиме нагрева. Стабилизатор отличается малыми размерами, прост в реализации и настройке. Представленное техническое решение стабилизатора может найти применение в других областях техники для стабилизации температурного режима без использования дополнительного температурного сенсора.

Ключевые слова: термоактивируемый химический источник тока; стабилизатор температуры; нагревательный элемент; сенсор температуры

Для цитирования: Сергеев А.И., Захаров В.В., Волкова О.В. Стабилизация температуры теплового химического источника тока для увеличения временного ресурса работы // Изв. вузов. Электроника. 2020. Т. 25. № 4. С. 358–366. DOI: 10.24151/1561-5405-2020-25-4-358-366.

Stabilizing of Temperature of Thermal Chemical Current Source for the Increase of Temporal Resource of Work

A.I. Sergeev¹, V.V. Zakharov², O.V. Volkova²

¹Ural Federal University named after the first President of Russia,
B.N.Eltsin, Ekaterinburg, Russia

²Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of Russian
Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

olga@ihte.uran.ru

Abstract: The temperature stabilizer is designed for thermally activated thermal chemical current sources, in which it is necessary to maintain the optimal thermal balance in a limited amount for a long time. In the work the formulated problem has been solved by stabilizing the battery temperature in the optimal range. The stabilizer of the temperature range of the current source, using for its work the energy battery itself, has been presented. The stabilizer distinctive feature is the combination of the of the heating element function and of the temperature sensor. The experimental studies with the instrument control of the stabilizer work quality have been performed on the layout and real batteries. The temperature stabilizer, with the help of which it has been shown that it is possible to maintain the specific temperature for quite a long time (up to one hour) at high energy efficiency of the current source thermal chemical battery, has been developed and implemented experimentally. This has been achieved due to the fact that the energy of the battery is consumed almost only in the heating mode. The stabilizer is small, easy to implement and to adjust. The presented stabilizer solution can be used in other applications requiring the temperature stabilization without using an additional temperature sensor.

Keywords: thermal batteries; temperature stabilizer; heating element; temperature sensor

For citation: Sergeev A.I., Zakharov V.V., Volkova O.V. Stabilizing of temperature of thermal chemical current source for the increase of temporal resource of work. *Proc. Univ. Electronics*, 2020, vol. 25, no. 4, pp. 358–366. DOI: 10.24151/1561-5405-2020-25-4-358-366.

Введение. Разработка новых типов источников энергии для питания не только электронного оборудования, но и силовых электрических агрегатов, например электродвигателей исполнительных устройств, – актуальная задача, стоящая перед разработчиками. Перспективными в этом направлении представляются термоактивируемые химические источники тока (ТХИТ). Преимущество ТХИТ перед другими видами источников электрической энергии состоит в возможности обеспечения высокой удельной мощности в широком диапазоне температур окружающей среды (от – 60 до + 50° С) [1–11]. Однако ТХИТ характеризуются относительной непродолжительностью работы – до 20 мин. Для увеличения времени работы батареи необходимо обеспечить поддержание ее температуры на оптимальном уровне. Перспективным техническим решением задачи является применение стабилизатора температуры, нагревательный элемент которого встроен в корпус батареи [11–13].

Типовые схемотехнические решения использования нагревателя в качестве сенсора приведены в работах [14–16]. Однако эти решения имеют следующий существенный недостаток: они неэкономичны, что особенно критично для автономных источников энергии, в качестве которых применяются батареи и аккумуляторы. Кроме того, при относительно громоздкой схемотехнике они используют напряжение промышленной частоты.

Схемотехника и описание работы стабилизатора температуры. Разработанный авторами стабилизатор температуры не имеет указанных недостатков. Поясним работу стабилизатора температуры, ограничиваясь только функциональной схемой, так как схемотехническая реализация описываемых блоков может быть различной. Функциональная схема стабилизатора температуры показана на рис.1.

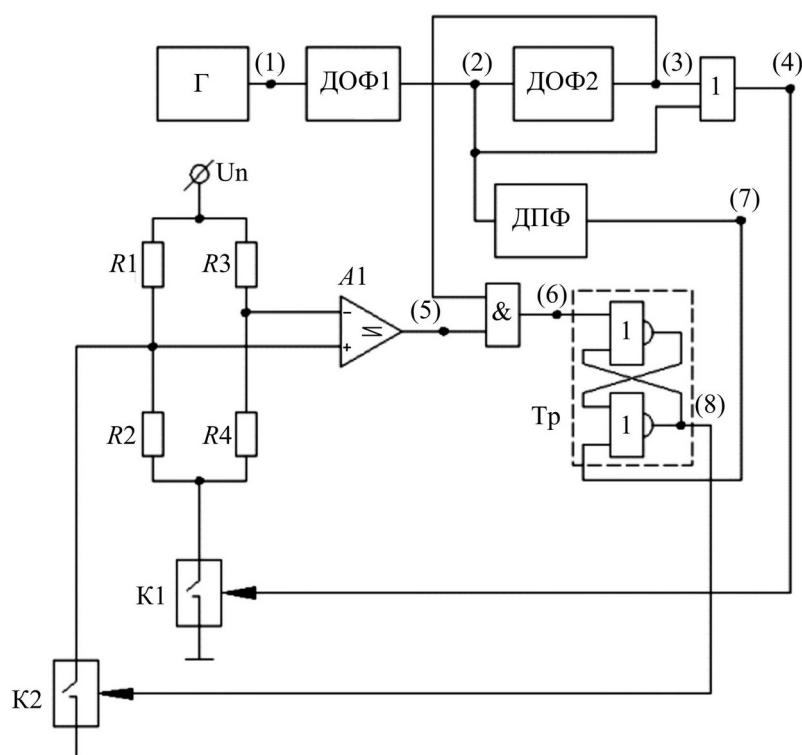


Рис.1. Функциональная схема стабилизатора: $R1...R4$ – резистивный мост; сопротивление $R1$ – тепловыделяющий (нагревательный) элемент, или температурный сенсор, встроенный в корпус ТХИТ; $R2$ – эталонное сопротивление; $K1$ и $K2$ – управляемые коммутаторы; $A1$ – компаратор напряжения; Γ – генератор прямоугольных импульсов; ДОФ1 и ДОФ2 – дифференциаторы отрицательных фронтов логических сигналов; ДПФ – дифференциатор положительных фронтов логических сигналов; Tp – RS-триггер; 2ИЛИ и 2И – элементы логики

Fig.1. Function circuit of stabilizer: $R1...R4$ – resistorbridge; $R1$ – heating resistor or temperature sensor on inner body of the thermal; $R2$ – calibrating resistor; $K1$ и $K2$ – commutators; $A1$ – voltage comparator; Γ – generator of the right-angled impulses; ДОФ1 и ДОФ2 – differentiators of the negative front of the logical signals; ДПФ – differentiators of the positive front of the logical signals; Tp – RS-trigger; 2ИЛИ and 2И – elements of the logic

В стабилизаторе температуры в качестве коммутаторов $K1$ и $K2$ используются MOSFET-транзисторы IRF3805 либо аналогичные им. Данные транзисторы управляются логическими сигналами с уровнями КМОП и имеют сопротивление сток – исток в закрытом состоянии не менее 3,3 МОм. Также применяются компаратор LM397 с малым

током потребления либо аналогичный ему по характеристикам и сопротивлению (R_2) С2-29 либо сопротивление другого типа с высокой температурной стабильностью. В качестве делителя напряжения правого плеча моста R_3 , R_4 лучше использовать многооборотный высокоомный резистор СП5-2 или СП5-3 с сопротивлением 47 или 33 кОм, центральный вывод которого подключен ко входу компаратора $A1$. Остальные блоки, в том числе и генератор, реализованы на элементах стандартной КМОП-логики. Стабилизатор напряжения для питания КМОП-микросхем и компаратора $A1$ на схеме не показан. Это может быть недорогой и экономичный интегральный стабилизатор напряжения серии LM7800 либо аналогичный с питанием от батареи ТХИТ.

Батарея ТХИТ имеет конструкцию «стакан в стакане», т.е. содержит внешний и внутренний металлические корпуса, промежуток между которыми заполнен теплоизолирующим материалом. Тепловыделяющий элемент $R1$ – проволочный (нихром) резистор, расположенный между теплоизолирующим материалом и внутренним корпусом и прилегающий к нему. Сопротивление $R1$ зависит от необходимой мощности для поддержания оптимальной температуры элементов ТХИТ и обычно не превышает 15 Ом. Важно обеспечить гальваническую развязку и наилучший тепловой контакт нагревателя с внутренним металлическим корпусом ТХИТ для минимизации разности температур между ними в процессе работы батареи. Источником питания стабилизатора температуры является ТХИТ. Стабилизатор находится в одном из трех режимов работы: холодный режим (без тепловыделения); режим анализа («опроса») температуры ТХИТ; режим нагрева ТХИТ (с максимальным тепловыделением нагревательного элемента $R1$).

Холодный режим соответствует оптимальной температуре корпуса ТХИТ (500–600 °С), которая зависит от модификации. Установлено, что допустимая абсолютная погрешность поддержания температуры корпуса батареи составляет примерно ± 15 °С. При уменьшении температуры за рамки указанной погрешности не гарантируется сохранение выходного напряжения батареи и максимального тока нагрузки в течение длительного времени. Увеличение температуры ведет к неоправданной потере энергии. И то и другое сокращает временной ресурс нормальной работы ТХИТ.

Частота «опроса» температуры определяет погрешность ее поддержания. Увеличение частоты сверх необходимого значения уменьшает погрешность, но при этом значительно снижается экономичность и, соответственно, временной ресурс работы ТХИТ.

Отметим, что батарея ТХИТ исходно активируется пиротехническим нагревателем. Элементы ТХИТ разогреваются до температуры, превышающей оптимальную температуру примерно на 50 °С. Эти элементы находятся во внутреннем корпусе и отделены от него тонким газовым промежутком, они имеют высокую теплоемкость в отличие от теплоемкостей внешнего и внутреннего корпусов батареи. Для предотвращения утечки тепла (остывания) элементов ТХИТ и сохранения их номинальной температуры внутренний корпус должен иметь температуру элементов с допустимой погрешностью примерно ± 15 °С. Нагревательный элемент и внутренний корпус служат тепловым барьером между внешней средой и элементами ТХИТ, который обеспечивает постоянную температуру последних. Длительность режима нагрева зависит от инерционности процессов теплопередачи как в окружающую среду, так и к внутреннему корпусу ТХИТ и определяется экспериментально. Основную роль при хорошем тепловом контакте между нагревательным элементом и внутренним корпусом батареи играют процессы теплопередачи через теплоизоляцию и внешний корпус в окружающую среду.

Работа стабилизатора температуры поясняется осциллограммами, показанными на рис.2. Приведенные на осциллограммах сигналы сняты в указанных на функциональной схеме контрольных точках (1) – (8).

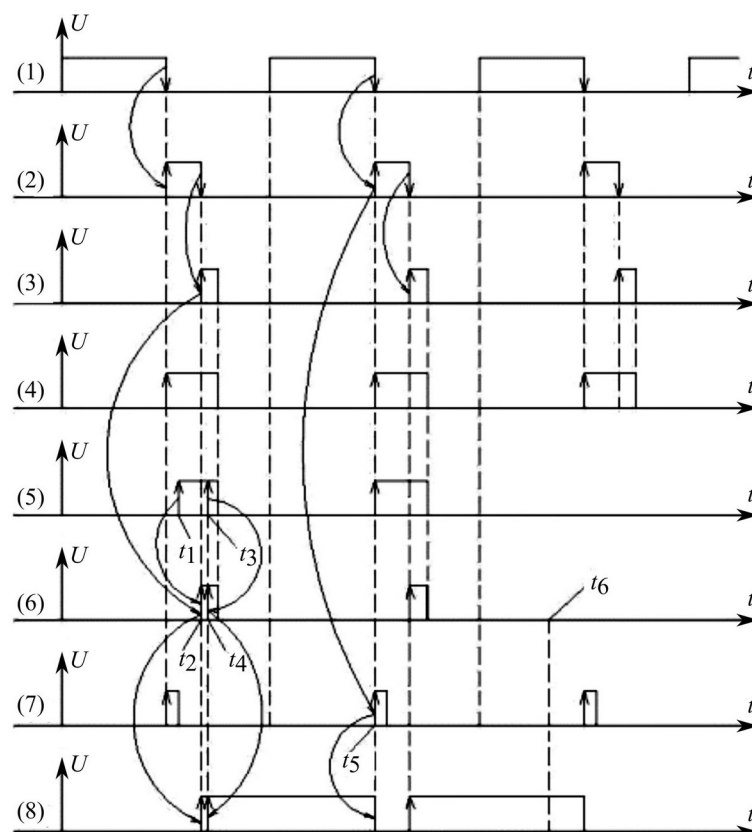


Рис.2. Осциллограммы сигналов стабилизатора: (1)–(8) – контрольные точки
Fig.2. Oscillograms of signals of the stabilizer: (1)–(8) – control points

В холодном режиме ключи К1 и К2 разомкнуты. Токи через мост и нагревательный элемент $R1$ не протекают, поэтому расход энергии батареи ТХИТ стабилизатором температуры минимальный. Потерями энергии в блоках логики на КМОП-элементах можно пренебречь. Генератор вырабатывает прямоугольные сигналы (1). ДОФ1 формирует прямоугольные импульсы (2) по отрицательному фронту сигналов генератора. ДОФ2 формирует прямоугольные импульсы (3) по отрицательному фронту сигналов ДОФ1. Выходные сигналы ДОФ1 и ДОФ2 суммируются элементом ИЛИ, по положительному фронту суммарного сигнала которого (4) замыкается коммутатор К1. Стабилизатор переходит в режим анализа температуры. Анализ температуры проводится примерно один раз каждые 2–4 с (определяется частотой генератора) в течение 50–150 мкс. При таком малом интервале времени тепловыделением в нагревателе $R1$ (потерями энергии) можно пренебречь. Сопротивления $R1$ и $R2$ образуют делитель напряжения питания моста. Если температура $R1$, равная температуре батареи, стала ниже номинальной, то сопротивление тепловыделяющего $R1$ возрастает и напряжение на неинвертирующем входе компаратора А1 становится больше, чем на инвертирующем, которое задается делителем $R3$ и $R4$. На выходе компаратора А1 (при разомкнутом К2) формируется логический уровень «1» (5), например, в моменты времени $t1$ или $t3$. Тогда на выходе (6) элемента 2И в моменты времени $t2$ или $t4$ формируется так же логический уровень «1», при появлении которого на выходе (8) триггера формируется логический уровень «1». При этом замыкается К2 и стабилизатор переходит в режим нагрева.

В режиме нагрева в левом плече моста через сенсор (нагреватель $R1$) протекает максимальный ток. Происходит нагрев $R1$ и, соответственно, батареи. Данный режим длится до момента времени $t5$, т.е. до появления положительного фронта (логического уров-

ня «1») с ДПФ (7). На выходе триггера возникает логический уровень «0». Ключ K2 размыкается, а K1 замыкается, и стабилизатор снова переходит в режим анализа.

В случае если температура батареи и, соответственно, R1 находятся в пределах установленной погрешности или несколько выше, например, к моменту времени t_6 , то компаратор A1 не срабатывает. Стабилизатор после режима анализа переходит в холодный режим до следующего анализа. В холодном режиме температура нагревателя R1 и батареи уравнивается. Возможные ложные срабатывания компаратора A1 в холодном режиме никак не влияют на работу устройства, поскольку для срабатывания триггера необходимо наличие двух логических сигналов «1» – на выходах (3) и (5).

Порог срабатывания компаратора, соответствующий нужной номинальной температуре батареи, устанавливается регулировкой многооборотного резистора правого плеча моста R3 и R4. Применение резистивного моста позволяет минимизировать и даже исключить влияние нестабильности и пульсаций источника питания на регулировку температуры ТХИТ.

Переходные процессы переключения MOSFET-транзисторов на осциллограммах не рассматриваются по причине пренебрежимо малой их длительности (десятки наносекунд) при периоде колебаний генератора в несколько секунд. По той же причине потреблением энергии и тепловыделением при этих процессах также можно пренебречь.

Методика настройки стабилизатора температуры. Для отработки схемотехнического решения стабилизатора температурного режима и проверки его работы использована модельная установка, включающая в себя макет батареи ТХИТ с параметрами, имитирующими тепловой режим в процессе активной работы батареи. Схема установка представлена на рис.3.

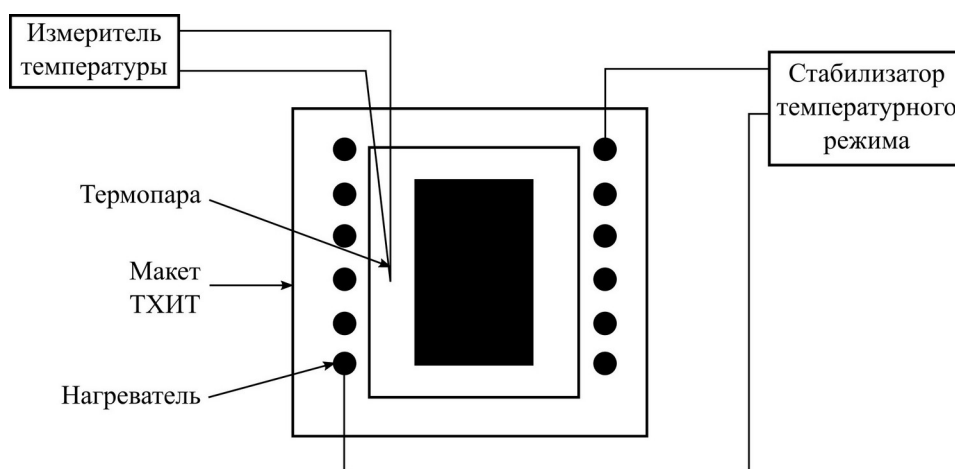


Рис.3. Схема модельной установки
Fig.3. Model apparatus

Макет ТХИТ представляет собой теплоизолирующий корпус батареи, содержащий внутри металлический стакан, на внешней поверхности которого находится нагревательный элемент. В металлический стакан помещен керамический тигель, массогабаритные параметры которого соответствуют сборке элементов ТХИТ. Методика отработки режимов работы стабилизатора заключается в следующем. Тигель нагревается до температуры, превышающей на 50 °С температуру, необходимую для работы элементов ТХИТ. Через 30 с включается стабилизатор температурного режима. Питание стабилизатора осуществляется от внешнего источника напряжения (на рис.3 не показан). Температура внутри макета в процессе отработки режимов контролируется термопарой.

Результаты испытаний работы стабилизатора в составе батареи. Испытания стабилизатора в составе готовых батарей ТХИТ проведены в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН (г. Екатеринбург). На рис.4 (кривая 1) приведен график изменения температуры сборки электрохимических элементов ТХИТ после ее активации без термостабилизации с применением теплоизоляции батареи от внешней среды. Батарея ТХИТ включается путем ее активации пиротехническим нагревателем. Время активации составляет не более 20 с, при этом температура внутри корпуса батареи ТХИТ повышается до 670 °С.

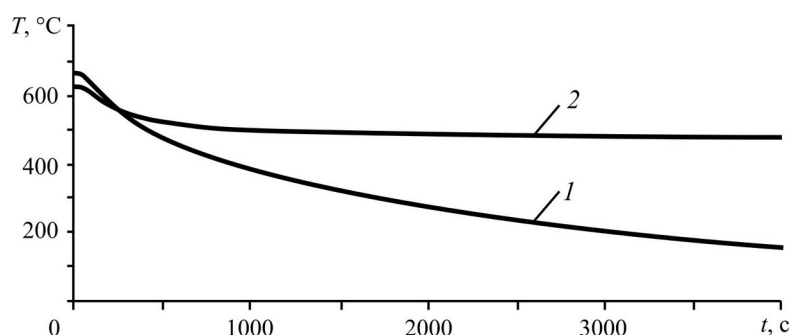


Рис.4. Изменение температуры ТХИТ без термостабилизации (кривая 1) и с применением стабилизатора температуры (кривая 2)

Fig.4. Temperature variation of thermal battery without stabilizer (curve 1) and with stabilizer (curve 2)

Из рис.4 (кривая 1) видно, что температура сборки электрохимических элементов снижается примерно за 500 с до 500 °С, а за 4000 с — до 150 °С. Скорость снижения температуры зависит от толщины теплоизоляции, но ее увеличение ухудшает массогабаритные характеристики ТХИТ.

На рис.4 (кривая 2) приведен график изменения температуры сборки электрохимических элементов ТХИТ после ее активации с применением в составе ТХИТ стабилизатора температуры при использовании той же самой теплоизоляции батареи от внешней среды. Задаваемая температура составляет приблизительно 550 °С. Видно, что снижение температуры сборки электрохимических элементов уменьшается до 550 °С примерно за то же время, что и без термостабилизации. Дальнейшее уменьшение температуры составляет не более 10 °С от заданной за 4000 с.

Заключение. Разработанный стабилизатор температуры ТХИТ имеет хорошие характеристики работы в составе батареи, что обеспечивает стабильный режим в требуемом диапазоне температур с точностью ± 10 °С. Погрешность поддержания температуры можно значительно уменьшить регулировкой частоты задающего генератора. При необходимости может быть использован также экономичный прецизионный компаратор А1, например, LMV762 либо аналогичный. Времязадающие цепи генератора и дифференциаторов фронтов стабилизатора не критичны к выбору пассивных элементов и допускают изменение значений в широких пределах. Правильно собранный стабилизатор не требует настройки. Задание желаемой температуры сводится к установке порога срабатывания компаратора многооборотным резистором правого плеча моста. Верхний предел стабилизируемой температуры зависит от нагревательного элемента.

Стабилизатор температуры ТХИТ может найти применение и для других целей, особенно при дефиците электроэнергии.

Литература

1. **Guidotti R.A., Masset P.** Thermally activated («thermal») battery technology. Part I: An overview // Journal of Power Sources. 2006. Vol. 161. P. 1443–1449.
2. **Skundin A.M.** Electrochemical power sources: handbook. Moscow: Institute of High-Power Engineering, 2003. 740 p.
3. **Kukoz F.I., Trush F.F., Kondratenkov V.I.** Thermally activated batteries. Rostov: Izd. Rostov. Univ., 1989. 208 p.
4. **Guidotti R., Reinhardt F.W., Dai J., Reisner D.E.** Performance of thermal cells and batteries made with plasma-sprayed cathodes and anodes // Journal of Power Sources. 2006. Vol. 160. P. 1456–1464.
5. **Nelson P.A.** Advanced high-temperature batteries // Journal of Power Sources. 1990. Vol. 29. P. 565–577.
6. **Masset P.J., Guidotti R.A.** Thermally activated («thermal») battery technology. Part IIIa: FeS₂ cathode material // Journal of Power Sources. 2008. Vol. 177. P. 595–609.
7. **Masset P.J., Guidotti R.A.** Thermally activated («thermal») battery technology. Part IIIb: Sulfur and oxide-based cathode materials // Journal of Power Sources. 2008. Vol. 178. P. 456–466.
8. **Butler P., Wagner C., Guidotti R., Francis I.** Long-life, multi-tap thermal battery development // Journal of Power Sources. 2004. Vol. 136. P. 240–245.
9. **Au M.** Nanostructured thermal batteries with high power density // Journal of Power Sources. 2003. Vol. 115. P. 360–366.
10. **Masset P.J.** Thermal stability of FeS₂ cathode material in «thermal» batteries: effect of dissolved oxides in molten salt electrolytes // Z. Naturforsch. 2008. Vol. 63a. P. 596–602.
11. **Волкова О.В., Захаров В.В., Резнических О.Г.** Электровосстановление хлорида хрома (III) в тепловом химическом источнике тока // Расплавы. 2017. № 4. 294–301.
12. Батарея элементов тепловых химических источников тока / **В.В. Захаров и др.** // Патент РФ № 2573860. 2014. Бюл. № 3.
13. Батарея элементов тепловых химических источников тока / **В.В. Захаров и др.** // Патент РФ № 2706728. 2019. Бюл. № 32.
14. **Елизаров П.** Стабилизатор температуры жала паяльника от 08.12.2014. Приднестровский портал радиолюбителей radio-hobby.org. URL: <http://radio-hobby.org/modules/news/article.php?storyid=1493> (дата обращения: 10.02.2020).
15. **Матыцин А.** Стабилизатор температуры жала паяльника от 20.12.2009. RadioRadar.net: Электронно-информационный портал. URL: http://www.radioradar.net/radiofan/miscellaneous/stabilized_temperature_soldering_tip.html (дата обращения: 10.02.2020).
16. **Евсеев А.** Стабилизированный регулятор мощности // Радио. 2002. № 4. С. 36–39.

Поступила в редакцию 14.02.2020 г.; после доработки 14.02.2020 г.; принята к публикации 16.06.2020 г.

Сергеев Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники Уральского энергетического института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), aiseas@mail.ru

Захаров Валерий Вячеславович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (Россия, 620137, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 22), zaharov@ihite.uran.ru

Волкова Ольга Вячеславовна – кандидат химических наук, научный сотрудник Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (Россия, 620137, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 22), olga@ihite.uran.ru

References

1. Guidotti R.A., Masset P. Thermally activated («thermal») battery technology. Part I: An overview. *Journal of Power Sources*, 2006, vol. 161, pp. 1443–1449.
2. Skundin A.M. *Electrochemical Power Sources*. Handbook. Moscow, Institute of High-Power Engineering, 2003. 740 p. (in Russian)
3. Kukoz F.I., Trush F.F., Kondratenkov V.I. *Thermally activated batteries*. Rostov. Univ. Publ., 1989. 208 p. (in Russian).
4. Guidotti R., Reinhardt F.W., Dai J., Reisner D.E. Performance of thermal cells and batteries made with plasma-sprayed cathodes and anodes. *Journal of Power Sources*, 2006, vol. 160, pp. 1456–1464.
5. Nelson P.A. Advanced high-temperature batteries. *Journal of Power Sources*, 1990, vol. 29, pp. 565–577.
6. Masset P.J., Guidotti R.A. Thermally activated («thermal») battery technology. Part IIIa: FeS₂ cathode material. *Journal of Power Sources*, 2008, vol. 177, pp. 595–609.
7. Masset P.J., Guidotti R.A. Thermally activated («thermal») battery technology. Part IIIb: Sulfur and oxide-based cathode materials. *Journal of Power Sources*, 2008, vol. 178, pp. 456–466.
8. Butler P., Wagner C., Guidotti R., Francis I. Long-life, multi-tap thermal battery development. *Journal of Power Sources*, 2004, vol. 136, pp. 240–245.
9. Au M. Nanostructured thermal batteries with high power density. *Journal of Power Sources*, 2003, vol. 115, pp. 360–366.
10. Masset P.J. Thermal Stability of FeS₂ Cathode Material in «Thermal» Batteries: Effect of Dissolved Oxides in Molten Salt Electrolytes. *Z. Naturforsch.* 2008, vol. 63a, pp. 596–602.
11. Volkova O.V., Zakharov V.V., Reznitskikh O.G. Chromium (III) Chloride as a Promising Cathode Material for Thermal Batteries. *Rasplavy*, 2017, vol. 4, pp. 294–301.
12. Zakharov V.V. et al. *Battery of thermal chemical cells*. Patent RF 2573860. October 31. 2014. (in Russian).
13. Zakharov V.V. et al. *Battery of thermal chemical cells*. Patent RF 2706728. July 19. 2019.
14. Elizarov P. *Soldering iron tip temperature stabilizer of 08.12.2014*. Dnestr portal of radio fans radio – hobby.org. Available at: <http://radio-hobby.org/modules/news/article.php?storyid=1493> (accessed: 10.02.2020). (in Russian).
15. Matitsin A. *Soldering iron tip temperature stabilizer of 20.12.2009*. RadioRadar.net: Electronically - the information portal. Available at: http://www.radioradar.net/radiofan/miscellaneous/stabilized_temperature_soldering_tip.html (accessed: 10.02.2020) (in Russian).
16. Evseev A. The stabilized power regulator. *Radio = Radio*, 2002, no. 4, pp. 36–39. (in Russian).

Received 14.02.2020; Revised 14.02.2020; Accepted 16.06.2020

Information about the authors:

Alexander I. Sergeev – Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. of the Electrical Engineering Department of Ural Power Engineering Institute, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin (Russia, 620002, Ekaterinburg, Mir st., 19), aiseas@mail.ru

Valery V. Zakharov – Cand. Sci. (Chem.), Senior Researcher of the Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russia, 620137, Ekaterinburg, S. Kovalevskaya st., 22), Zaharov@ihite.uran.ru

Olga V. Volkova – Cand. Sci. (Chem.), Researcher of the Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russia, 620137, Ekaterinburg, S. Kovalevskaya st., 22), olga@ihite.uran.ru