

5. Асанов А., Базарханқызы А., Нарбаева А.М. Амин немесе амид функционалды полиэлектролиттердің бентонит гидродисперсиясының тұрақтылығына әсері «Инновационные развитие и востребованность науки в современном Казахстане» Алматы 2014г. с 107-111.

6. Asanov A., Matniyazova G.K. Flocculation of natural turbid water by amide-, carboxyl- or amine- containing polyelectrolytes. Journal of water chemistry and technology. Volume 35, № 3, 2013. p 139-143.

7. Asanov A. G.K. Matniyazova. Flocculation of Industrial Water in the Presence of Carboxide-Amidecontaining polyelectrolytes. World Applied Sciences Journal 25(10); 1482-1484, 2013

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК В БАТАРЕЯХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Байсагов Я.Ж., магистрант; Лауринас В.Ч., к.ф.-м.н., доцент;
Колесников В.А., мнс магистр

Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

В данной статье рассматривается устройство водородного топливного элемента, а также описывается метод контроля состояния ячеек батареи топливных элементов путём автоматического измерения напряжения на ячейках батареи. Описана реализация данного метода в виде структурной и принципиальной электрической схем, подробно описан принцип работы электронной части прибора.

Ключевые слова: топливный элемент, электростанция, автоматизированная информационная система, твёрдый электролит, модульная структура.

В настоящее время в энергетике большие перспективы имеют электростанции на водородных топливных элементах (ТЭ), такие электростанции позволяют экологически чистым способом преобразовывать химическую энергию водорода в электроэнергию и тепло. Даже небольшая электростанция, или энергетическая установка, содержат огромное количество ячеек топливных элементов. Для обеспечения бесперебойной и эффективной работы электростанции, необходимо применение автоматизированных систем контроля и управления, которые будут отслеживать состояние и параметры функционирования всех топливных элементов электростанции в реальном масштабе времени. Современная электронная элементная база позволяет построить автоматизированную систему контроля состояния топливных элементов, что дает возможность прогнозировать выход элементов из строя, обнаруживать неисправности на ранних стадиях, оптимально распределять нагрузку на батареи топливных элементов.

В данной работе приведены результаты проектирования автоматизированной системы контроля напряжения электрохимических ячеек в батареях топливных элементов. Предлагаемая система является масштабируемой, универсальной и имеет модульную конструкцию.

Топливный элемент является электрохимическим устройством подобным гальваническому элементу, но отличающемуся от него тем, что вещества для электрохимической реакции подаются в него извне - в отличие от ограниченного количества энергии, запасённого в гальваническом элементе или аккумуляторе. Топливные элементы осуществляют преобразование химической энергии топлива в электроэнергию, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями, процессы горения. Это электрохимическое устройство в результате каталитического «холодного» горения топлива непосредственно вырабатывает электроэнергию.

Химические реакции в ТЭ идут на пористых электродах (аноде и катоде), активированных катализатором (обычно на основе платины или других металлов платиновой группы), по следующей схеме. Водород поступает на анод топливного элемента, где его атомы разлагаются на электроны и протоны:



Электроны поступают во внешнюю цепь, создавая электрический ток. Протоны, в свою очередь, проходят сквозь протонообменную мембрану на катодную сторону, где с ними соединяется кислород и электроны из внешней электрической цепи с образованием воды:



Побочными продуктами реакции, таким образом, являются тепло и водяной пар. Напряжение, возникающее при этом на единичном ТЭ, обычно не превышает 1,1 В. Для получения необходимой величины напряжения ТЭ соединяются последовательно в батареи, а для получения необходимого тока батареи ТЭ соединяются параллельно.

Схематичное устройство топливного элемента показано на рисунке 1.

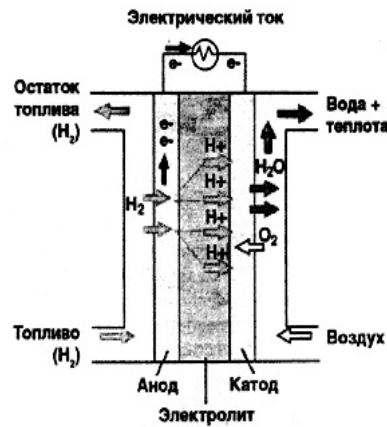


Рисунок 1 – Устройство топливного элемента

Основным, практически важным параметром работы топливного элемента является его ЭДС, зависящее от различных факторов, таких как сила тока, подача топлива, температура и внутреннее сопротивление элемента.

Контролируя напряжение на каждом элементе батареи можно диагностировать неисправности или отклонение параметров топливных ячеек. Индивидуальный контроль напряжения элементов в батареях топливных элементов осложняется низким значением ЭДС одной ячейки, и как следствие, большим количеством ячеек. Для повышения совместимости необходимо получать измеренное значение напряжения в цифровом виде, что позволит передавать измеренные значения на верхний информационный уровень. При проектировании системы измерения напряжения на последовательно соединённых элементах следует учитывать высокое напряжение на концах батареи элементов. Из особенностей входного сигнала (для схемы измерения напряжения) можно выделить относительную неизменность значений ЭДС во времени, что позволяет увеличить интервал измерения и применять цифровую фильтрацию измеренных значений с целью повышения точности измерений.

Вследствие большого количества входных сигналов для уменьшения сложности схемы в целом необходимо добиться уменьшения сложности схемы измерения сигнала в отдельном канале.

В качестве метода измерения напряжения на ячейках батареи топливных элементов выбран метод уравнивания заряда.

Схема, иллюстрирующая данный метод, показана на рисунке 2.

В данном методе для определения напряжения ячейки применяется измерение количества электричества прошедшего через измерительный конденсатор при замыкании ключа соответствующего канала.

Для иллюстрации метода измерения напряжения на последовательно соединённых ячейках батареи топливных элементов на рисунке 2 изображена упрощённая электрическая схема, иллюстрирующая применение данного метода к батарее из четырёх элементов.

Данная схема содержит набор управляемых ключей $S1...S4$, измерительные конденсаторы $C1...C4$, интегратор тока $U1$ и цепь компенсации заряда $R0, S0$. Измерение напряжения на элементах батареи производится последовательно. В начальный момент времени все управляемые ключи находятся в разомкнутом состоянии, а напряжение на выходе интегратора тока равно нулю. Для того, чтобы измерить напряжение на верхнем по схеме элементе замыкается ключ $S1$. При этом потенциал на левом по схеме выводе конденсатора $C1$ увеличивается на величину напряжения на данном элементе.

При этом через конденсатор проходит заряд пропорциональный изменению напряжения:

$$Q = C \cdot \Delta U \quad (3)$$

Ток, проходящий через конденсатор $C1$, подаётся на вход интегратора тока $U1$. После окончания переходного процесса на выходе интегратора тока устанавливается постоянное напряжение,

величина которого пропорциональна заряду, прошедшему через конденсатор C1. Затем производится замыкание ключа S0, что приводит к возникновению постоянного по величине тока I_{ref} на входе интегратора тока, при этом напряжение на выходе интегратора будет уменьшаться по линейному закону. По прошествии интервала времени t выходное напряжение интегратора достигает нулевого значения, после чего ключи размыкаются и схема возвращается в начальное состояние. Величина заряда, прошедшего через резистор R0:

$$Q = I_{ref} \cdot t ; \quad (4)$$

где I_{ref} – сила тока цепи компенсации заряда.

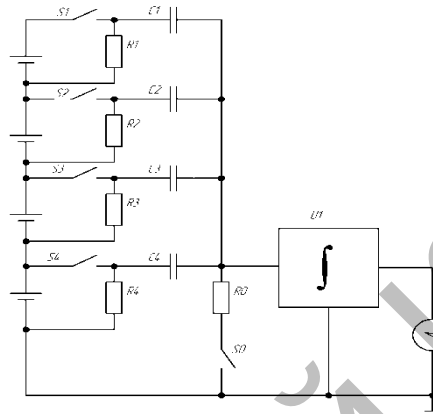


Рисунок 2 – Метод уравнивания заряда

Измерив время t , можно определить напряжение на элементе батареи:

$$U = \frac{I_{ref} \cdot t}{C_1} ; \quad (5)$$

При использовании микроконтроллера для автоматизации процесса измерения достигается высокая точность измерения напряжения, так как при помощи данного метода производится преобразование значения напряжения во временной интервал, который легко измерить без применения АЦП.

Для повышения универсальности модуля измерения напряжения целесообразно разделить его на два блока: основной блок и блок входных сигналов. Структурная схема основного блока модуля измерения напряжения изображена на рисунке 3.

Процесс измерения напряжения начинается с заряда измерительного конденсатора в блоке входных сигналов. Ток заряда конденсатора подаётся на вход сумматора U1, также на сумматор поступает ток с управляемого источника тока U2. Разность токов с выхода сумматора поступает на интегратор тока U3. После заряда измерительного конденсатора на выходе интегратора формируется напряжение, соответствующее заряду, прошедшему через измерительный конденсатор. Затем микроконтроллер U5 включает источник тока U2. Когда величина заряда, прошедшего через источник тока U2, сравняется с поступившим на вход сумматора, выходное напряжение интегратора достигнет напряжения сравнения компаратора. После этого сигнал с компаратора поступает на микроконтроллер U5, который измеряет время включённого состояния U2, а затем приводит схему в изначальное состояние, сбросив интегратор U3 и отключив источник U2.

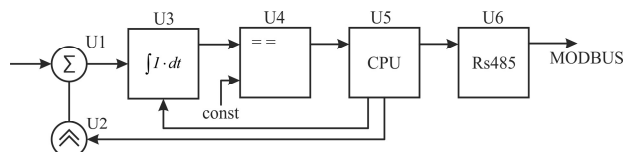


Рисунок 3 – Структурная схема основного блока

Для обмена данными с модулем измерения напряжения предусмотрен интерфейс связи стандарта Rs-485 (U6 на рисунке 3). При помощи интерфейса Rs-485 можно получить доступ к результатам измерения напряжения используя промышленный протокол MODBUS.

Задачей блока входных сигналов является формирование импульсов тока, соответствующих напряжениям измерительных каналов. Структурная схема блока входных сигналов на 8 каналов изображена на рисунке 4.

Блок имеет 8 одинаковых входных цепей, управляющие входы которых подключены к выходам 8-ми разрядного сдвигового регистра. Уровни выходных сигналов сдвигового регистра задаются микроконтроллером через последовательную шину данных. Преимуществом сдвиговых регистров является возможность их последовательного соединения, что позволяет соединять друг с другом блоки входных сигналов для наращивания количества входных каналов. Аналоговые выходы всех блоков входных сигналов соединяются параллельно, и подключаются к входу блока измерения.

Принципиальная схема изображена на рисунке 5. Схема состоит из 8-ми одинаковых входных измерительных цепей. Рассмотрим работу на примере цепи на транзисторе VT1.

В исходном состоянии транзистор VT1 закрыт, потенциал на коллекторе транзистора VT1 равен потенциалу на клемме X1, которая соединена с положительной клеммой верхнего по схеме элемента батареи. Потенциалы на базе и эмиттере транзистора VT1 равны потенциалу клеммы X2, которая соединена с отрицательной клеммой верхнего по схеме элемента батареи.

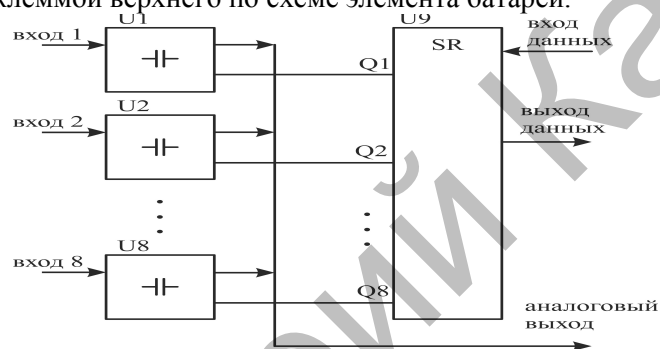


Рисунок 4 – Структурная схема блока входных сигналов

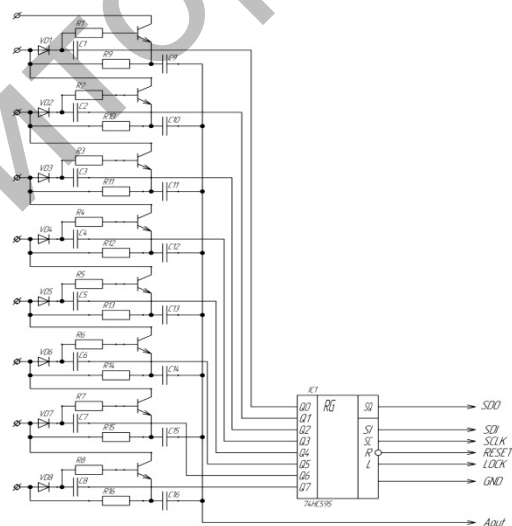


Рисунок 5 – Принципиальная схема блока входных сигналов

В начале измерительного цикла по команде управляющего микроконтроллера на выходе Q0 регистра сдвига IC1 появляется логическая единица с уровнем 5В. Это приводит к увеличению потенциала левого по схеме вывода конденсатора C1 на 5В. Через резистор R1 начинает протекать ток, который открывает транзистор VT1. После открытия транзистора VT1 потенциал на его эмиттере становится равным потенциалу клеммы X1. Так как изменение потенциала эмиттера транзистора VT1 равно по величине напряжению верхнего по схеме элементу батареи, а на линии Aout поддерживается постоянный потенциал, через конденсатор C9 пройдет заряд пропорциональный напряжению элемента батареи. Этот заряд измеряется блоком измерения, после чего управляющий

микроконтроллер убирает логическую единицу с вывода Q0. В результате конденсатор C1 разряжается через диод VD1 и начинается цикл измерения в следующем канале блока входных сигналов. Управление регистром сдвига осуществляется через последовательную шину данных SPI. Линия SDI является последовательным входом данных, линия SCLK является сигналом синхронизации данных, линия RESET предназначена для сброса схемы в начальное состояние, линия LOCK является стробом данных. Для расширения числа входов достаточно соединить линии нескольких блоков SCLK, RESET, LOCK, Aout параллельно, а выход данных SDO соединяется со входом SDI следующего блока.

Принципиальная схема основного блока представлена на рисунке 6.

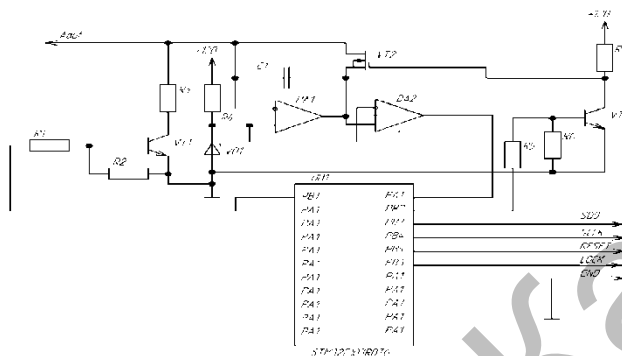


Рисунок 6 – Принципиальная схема основного блока

Основным узлом схемы является интегратор тока, выполненный на микросхеме операционного усилителя с высоким входным сопротивлением DA1. Конденсатор интегратора C1 зашунтирован полевым транзистором VT2, который позволяет сбросить интегратор в начальное состояние. Входной сигнал поступает на вход Aout с блоков измерения. Затем этот сигнал подаётся на вход интегратора, также на вход интегратора подключена цепь уравновешивания заряда R3 и VT1. Выходной сигнал интегратора подключён ко входу компаратора DA2, который сравнивает выходное напряжение интегратора с опорным. Опорное напряжение величиной 2,5В формируется на стабилитроне VD1. Выходной сигнал компаратора подключён к входному порту PA1 микроконтроллера DD1.

В начале цикла измерения управляющий микроконтроллер DD1 подаёт команду на блок входных сигналов, который формирует импульс тока. Импульс тока интегрируется в интеграторе DA1, и напряжение на его выходе становится меньше опорного на величину ΔU . Затем микроконтроллер формирует высокий уровень на выходе PB1, что вызывает открывание транзистора VT1. Открывание транзистора VT1 приводит к возникновению постоянного по величине тока, на входе интегратора. Данный ток вызывает повышение выходного напряжения интегратора DA1. Как только выходное напряжение интегратора достигнет порога сравнения компаратора DA2, компаратор сформирует сигнал, который поступит на вход микроконтроллера PA1. Микроконтроллер измеряет время, прошедшее с момента включения источника тока VT1, и рассчитывает величину заряда, поступившего на вход Aout. После окончания цикла измерения, на выходе PB2 микроконтроллера формируется низкий логический уровень, что приводит к закрыванию транзистора VT2. В результате закрывания транзистора VT2 потенциал на его коллекторе увеличивается до 12 В, что вызывает открывание полевого транзистора VT2, который, в свою очередь, шунтирует ёмкость C1, что приводит к возврату интегратора DA1 в начальное состояние. Управляющий микроконтроллер DD1 типа STM32F103RBT6 произведённый фирмой STMicroelectronics относится к семейству ARM микроконтроллеров, имеет RISC систему команд, и архитектуру Cortex-M3.

Литература:

1. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.
2. Багоцкий В.С. Химические источники тока. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
3. Соловьев А.А, Сочугов Н.С. и др. Среднетемпературные твердооксидные топливные элементы с тонкопленочным $ZrO_2:Y_2O_3$ электролитом // Электрохимия, 2011, том 47, № 4, с. 524 – 533.
4. Modern Status and Future of SOFC, Lipilin A.S., Ceramic Materials Research Trends Editors: Paul B. Lin Chapter 5, Nova Publisher, 2007, p. 139-158.
5. Ю.Джозеф. Ядро Cortex-M3 компании ARM. Полное руководство. - М.: Додэка-XX1, 2012. - 552 с.
6. Коваленко А. Е., Гула В. Б. Отказоустойчивые микропроцессорные системы. - К.: Техника, 1986. - 150 с

7. Глазов Б.В., Дубровский А.Х. и др. Проектирование систем автоматизации технологических. -М.: Энергоатомиздат, 1990. - 415 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО УГЛЯ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ НОВОГО СПЛАВА АЛЮМОСИЛИКОХРОМА

Байсанов С.О., зав. лабораторией*; Байсанов А.С., зав. лабораторией**;
Шабанов Е.Ж., докторант ***; Шайржанов А.Ж., ведущий инженер****;
*ХМИ им. Ж.Абишева, лаб. металлургических расплавов;
**ХМИ им. Ж.Абишева, лаб. пирометаллургических процессов;
***Карагандинский государственный технический университет;
****ХМИ им. Ж.Абишева, лаб. металлургических расплавов
г. Караганда, Республика Казахстан

В работе приведены результаты крупнолабораторных испытаний по выплавке комплексного сплава алюмосиликохрома с вовлечением в металлургический передел высокозольных углей Карагандинского бассейна. В результате экспериментов получен качественный и не подверженный рассыпанию сплав.

Ключевые слова: высокозольный уголь; алюмосиликохром, комплексный сплав; двухкальциевый силикат, ферросиликохром

В течении многих лет (начиная 70-х годов прошлого века) ученые Химико-металлургического института занимаются разработками комплексных ферросплавов, содержащие кремний, алюминий, хром, марганец, кальций и т.д.. Их получают в руднотермических печах с вовлечением в металлургический передел высокозольных углей, некондиционных руд и отходов производства. При этом уменьшается техногенное воздействие на окружающую среду, а также себестоимость комплексных сплавов получится низким за счет дешевизны применяемых в шихте промышленных отходов.

Потенциальными потребителями таких комплексных сплавов являются металлургические предприятия Казахстана и России, в том числе:

а) производители рафинированных сортов феррохрома:

- Актюбинский завод ферросплавов (филиал АО «ТНК Казхром»);
- ОАО «Серовский завод ферросплавов»;
- ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат»;

б) производители нержавеющей марок сталей:

- АО «АрселорМиттал Темиртау» (Карагандинская обл., г. Темиртау);
- ОАО «Носта» (ОХМК) (Россия, 462352, Оренбургская обл., г.Новотроицк);
- ОАО «Мечел» (Россия, 454047, г.Челябинск);
- Магнитогорский металлургический комбинат (Россия, 455002, г.Магнитогорск);

Сфера применения вышеназванных сплавов не ограничивается только обработкой стали. Например, алюмосиликохром (ФАСХ) можно использовать в производстве низко- и среднеуглеродистых марок феррохрома.

При выплавке рафинированного феррохрома в качестве восстановителя используют ферросиликохром марки ФСХ 48. По этой технологии шлаки получаются рассыпающимися и при охлаждении превращаются в мелкодисперсную пыль. Утилизация и складирование таких шлаков сопровождаются большими трудностями и одновременно представляют серьезную опасность для окружающей среды.

Как известно из многочисленных исследований распадающихся шлаков, основной причиной их распада является повышенная основность, обуславливающая формирование в качестве первичной фазы при кристаллизации шлака, двухкальциевого силиката, обладающего полиморфизмом. Двухкальциевый силикат – Ca_2SiO_4 (ларнит) существует в нескольких модификациях. $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ при медленном охлаждении неустойчив и переходит в $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$. Это сопровождается 10-11%-ным увеличением объема кристаллов, вызывающих саморассыпание в тонкий порошок богатых известью силикатных шлаков.