

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СВЕРХПРОЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ

Автор Алексей Беляков, ЗАО "ЭЛИТ", Курск, Россия

Представленный на 8-ом международном Семинаре по Конденсаторам  
Двойного Слоя  
и Подобным Устройствам Хранения Энергии.

Дирфилд Бич, ФЛ,

7-9 декабря 1998

## **Резюме:**

## **Введение:**

Надежность как предмет настоящего разговора означает безопасное использование конденсаторов и сохранение технических свойств в пределах некоторого периода использования.

Сверхпрочные условия использования для электрохимических конденсаторов (ЭК) с водными электролитами означают сначала - увеличение температуры и постоянная цикличность (нагрузка-разгрузка) или постоянное находящееся в норме операционное напряжение.

Проблема надежности меньших ЭК, разработанных для электрического и электронного применения достаточно изучена в течение прошлых лет, они были сделаны и использованы (1). Множество статей свидетельствуют о

стабильности единственных ЭК высокой производительности, однако надежность систем с единственным содержанием десятков килоджоулей и 500 Вт операционного напряжения и выше еще не описано.

Существуют большие различия в конструкции и технологии маленьких и больших ЭК. Невозможно использовать отношение активных и пассивных компонентов маленьких конденсаторов к большим, потому что определенные действия уменьшатся неизбежно.

С точки зрения безопасности взрыв маленького ЭК не будет причинять серьезный результат, как взрыв больших устройств.

В данной статье рассматриваются некоторые из аспектов безопасного и надежного действия ЭК в температуре от плюс 55°C (131°F) до плюс 70°C (158°F).

## **1. Процессы и Их Результат**

Рассматривая динамику электрохимических процессов в неполярном ЭК мы можем выбрать только одну динамическую часть - раствор электролита. Остальная часть ЭК, типа сборщиков, углеродистых электродов, сепараторов являются статическими. Электролит обеспечивает ЭК проводимостью второго типа (то есть перемещение нагрузки) и или создание или разрушение двойного электрического слоя на поверхности электрода. Мы уже показали в наших предыдущих статьях влияние электролита, его концентрации и количества (2) на электрические свойства. В дальнейшем мы покажем, что надежность ЭК в более высокой температуре зависит от электролита.

Несколько слов о физических и химических процессах в пределах ячейки в увеличенной температуре.

Прежде всего, увеличение температуры ведет к подвижности ионов и их проникновению в микро - и мезопоры, которые не были смочены электролитом прежде. Тем самым увеличивая емкость DLC. В то же самое время увеличивая утечку потока из-за теплового разрушения DLC.

Я хочу напомнить, что проводимость и количество электролита в пределах ЭК влияют на его мощность. Поэтому, разработчики хотят держать технологически максимум электролита до максимальной емкости сорбции углерода. Когда температура становится выше, тогда емкость сорбции углерода становится ниже, и там появляется "не - запланированный" избыток электролита. Если мы продолжаем нагревание, тогда там появляется тепловое расширение избытка электролита и давление от его насыщаемых паров. Это происходит в тот момент, когда там может появиться механическое разрушение изолятора и утечка потока электролита из-за короткого замыкания между отдельными ячейками.

Важно указать, что полимеры изолятора находятся под интенсивным влиянием агрессивного электролита в более высокой температуре и что ведет к ускоренному старению.

Увеличенная температура - причина окисления поверхности углерода положительного электрода, и формирования из сложных составов окисей на поверхности и полярных группах. Все это может уменьшить потенциал водного разложения и небольшого отравления газами в реальной системе.

Теперь несколько слов о кругообороте высокого напряжения, состоящем из биполярных ячеек высокой мощности и маленькой толщины. Мы можем

видеть, что место электролита в ячейке отделено содержанием электролита в другой ячейке только сборщиком. Толщина сборщика - только 15 - 60 микронов. Таким образом выход электролита от нескольких ячеек приведет к немедленному короткому замыканию. Я говорил, что нагревание увеличивает утечку потока. Это означает, что быстрое и неравное нагревание ЭК как реальная система будет вести к дисбалансу утечки потоков и внутреннего сопротивления отдельных ячеек кругооборота. В одной руде часть напряжения ячеек может достигнуть напряжения разложения электролита, и распечатывания сопровождаемого коротким замыканием электролита . Отравление газами в этом ограниченном месте может вызвать разрыв конденсаторной батареи.

С другой стороны проект ячейки позволяет газу проходить свободно от ячейки и таким образом разгрузка мощности понижается.

Так, при увеличении температуры в пределах ЭК с водным электролитом имеют место следующие процессы:

- Увеличение смачивающей способности электролита и вместимости;
- Увеличение утечки потока ;
- Уменьшение способности сорбции углерода и появления "излишка" электролита;
- Увеличение давления в ячейке;
- Дисбаланс работы последовательно соединил кругооборот при неравном нагревании. Мы можем видеть все процессы, но первый можем причинить или постепенный или острый отказ ЭК.

## **Испытания и Результаты**

Чтобы оценить изменение свойств в сверхпрочных эксплуатационных режимах, мы использовали стандартный ЭК со следующей характеристикой:

Электрическая емкость 14 - 20 F

Внутреннее сопротивление (в 1 кГц) 8 - 20 mOhm

Операционное напряжение (номинал) 12.5 V

Этот блок был построен как биполярное устройство, нажатый покрытиями к операционному давлению.

Каждая ячейка кругооборота имела ее выделенный изолятор, который не предотвращал отравление газами в случае внутреннего давления становятся выше. Для безопасности блок был закрыт специальным тяжелым составом, используемый когда газ выходит через терминалы. Для испытания мы собрали группы ЭК (блоки) с отличающимися дозами электролита: минимум и максимум. Это было сделано специальным технологическим целесообразным в пределах применения тонких слоев активизированного углерода, смешанного с электролитом.

### 3.1. Выставка В Увеличенном Температурном И Номинальном Напряжении

Первая группа блоков была сделана без специального контроля над электролитом в массе электрода. Испытания велись в окружающей температуре плюс 61°C (142°F) и операционном напряжении 12.6 V. Начальные действия блоков были измерены после 379 часов выставки методами спектроскопии импеданса. Мы заметили, что после 24 часов все блоки просачивались электролитом через терминалы.

Исследования графиков показывают, что 2 блока из 3 увеличили их импеданс и потеряли свойства мощности (158, 159). Nyquist участок показывает ионный вклад и полярные группы на поверхности электрода. Это свидетельствует о увеличенном окислении положительного электрода в более высокой температуре.

График 5 показывает частоту зависящую от емкости до и после выставки.

График 6 показывает изменение Величины реальной части импеданса. Здесь видим некоторые потери емкости, это - приблизительно 20 процентов худшем случае.

Испытания показывают нам технологическую неустойчивость ЭК, что блокирует сборку. Эта неустойчивость выражается в утечке электролита и уменьшении характеристик в 2 из 3 блоках.

Другая группа блоков была разделена на две подгруппы, отличающиеся технологической дремотой электролита. Испытания велись в температуре плюс 70 °C (158°F). Картина изменения ESR блоков с меньшей и большей дремотой электролита дается на Графике 7. Блоки, содержащие больше электролита имеют очевидные преимущества, то есть на 1.4 - 1.9 раз ниже сопротивление. В то же самое время ESR блоки с более низким количеством электролита имеют положительную тенденцию к увеличению и таким образом остается выполнять требования клиентов.

Однако мы видим недостаточную утечку электролита через отрицательный терминал блока, содержащего больше электролита. Более поздние испытания показали, что его коммерческие свойства не ухудшались.

Изменения емкости блока показаны на Графике 8. Мы можем видеть большое различие в тенденциях к изменению, но отклонение емкости было в допустимом окне (<5 %) в течение больше чем 500 часов. Это случилось с блоками как низкой так и более высокой дремоты электролита.

### 3.2. Быстрое Испытание Цикличности

Испытание блоков ЭК в ускоренной цикличности было проведено с использованием suslogram, который наиболее близок к реальному условию использования (График 9):

- Нагрузка на пульсирующий ток (100 гц) ~45 А к максимуму операционное напряжение ~14.4 V в течение 428 мс;
- Пауза 10 - 12 мс;
- Разгрузка током 120 А в течение 0.5 мс, током 80 - 85 в течение 51 мс.

**Перевел: Андриянов А. В.**