

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В.В. Родзянов, студент, ХНАДУ

*Аннотация.* Рассмотрена проблема определения емкости аккумуляторных батарей. Проведен анализ существующих методов, рассмотрены их преимущества и недостатки с точки зрения диагностики. Определены основные проблемы и перспективные направления дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* ёмкость аккумуляторной батареи, определение ёмкости, Ni-MH аккумуляторная батарея.

### Введение

На современном этапе развития автомобильной промышленности для улучшения экономических, экологических и тяговых качеств автомобиля широко начали применять гибридные установки, т.е. двигатель внутреннего сгорания работает совместно с электрическим двигателем. Источником питания электродвигателя является аккумуляторная батарея (АБ) повышенного напряжения.

На автомобиле Toyota Prius применяется Ni-MH АБ емкостью 6 А·ч. Ввиду того, что батарея постоянно работает в режиме «заряд-разряд», и из-за ограниченного числа циклов заряда-разряда емкость батареи снижается, а эффективность ее использования падает. Ухудшаются экологические и экономические показатели.

### Анализ существующих методов

Целью работы является определение оптимального метода измерения емкости батареи и последующее определение эффективности ее использования на борту автомобиля.

Знание конструкции и принципов работы позволит с большим пониманием отнестись к процессу эксплуатации Ni-MH АБ и определить возможные проблемы и неполадки.

Согласно заявлениям производителей, максимальная потеря емкости Ni-MH, связанная

с «эффектом памяти», не превышает 5%, что во время эксплуатации заметить крайне сложно. Это видно из графика, приведенного на рис. 1.

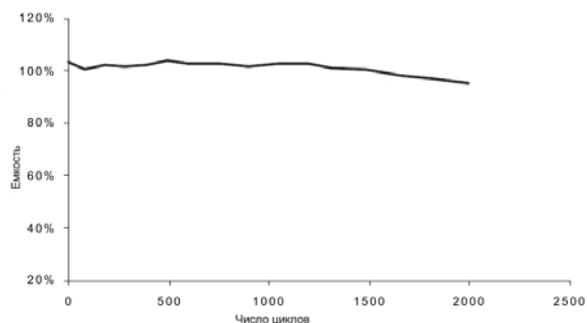


Рис. 1. Изменение емкости при циклическом разряде до 80%

В современных Ni-MH АБ используется состав водородоадсорбирующего сплава. В процессе циклирования происходят колебания объема отрицательного электрода до 15...25% от исходного за счет поглощения/выделения водорода. В результате колебаний объема возникает большое количество микротрещин в материале электрода. У образования микротрещин есть и отрицательная сторона – увеличивается площадь поверхности электрода, которая подвергается коррозии с расходом электролита, что приводит к постепенному увеличению внутреннего сопротивления элемента и снижению емкости.

Со временем в результате циклирования возрастает и саморазряд АКБ за счет появления

больших пор в материале сепаратора и образования электрического соединения между пластинами электродов. Эта проблема может быть временно решена путем нескольких циклов глубокого разряда аккумулятора с последующим полным зарядом.

На рис. 2 приведены характеристики саморазряда аккумулятора, которые предоставляет завод-изготовитель.

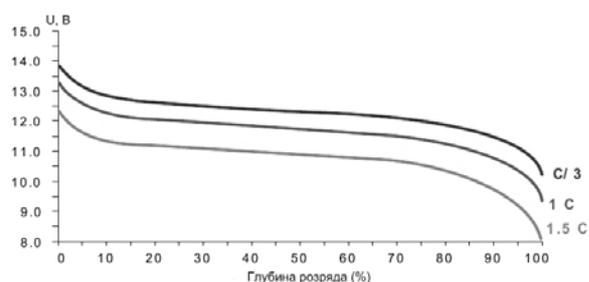


Рис. 2. График саморазряда при различных температурах

Отдельные аккумуляторы в батарее могут иметь несколько отличающиеся характеристики. Причиной этого является разброс параметров при производстве аккумуляторов, неравномерное распределение температуры внутри батареи при эксплуатации и разные темпы старения отдельных аккумуляторов. В итоге при зарядке батареи аккумуляторы с меньшей емкостью будут подвергаться перезарядке. Это вызывает дальнейшую деградацию таких аккумуляторов и выход их из строя. С другой стороны, если один из аккумуляторов в батарее имеет высокий саморазряд или вовсе закорочен, то при попытке полной зарядки такой батареи перезаряд будут испытывать исправные аккумуляторы.

Аккумуляторы с меньшей емкостью будут разрушаться и в процессе разрядки батареи. Эти аккумуляторы окажутся разряженными раньше, дальнейшая разрядка батареи может вызвать очень глубокий разряд таких аккумуляторов и даже их переполносовку. При этом температура и давление внутри АКБ будут повышаться, что может привести к их разрушению.

Но на сегодняшний день отсутствуют способы и устройства эффективного определения и измерения степени заряженности, а также наличия количества электричества (кулонов, ампер-часов) в химических источниках тока (ХИТ), что определяет мобильность уст-

ройств, их применяющих, а также является важным моментом с точки зрения продления срока службы аккумуляторных батарей в эксплуатации и выработке гарантированного ресурса. Для кислотных негерметичных АКБ существует косвенный метод определения заряженности по плотности электролита, но этот метод обладает очень многими известными недостатками. Существует еще один косвенный метод определения заряженности АКБ с помощью нагрузочной «вилки», или тестовой нагрузки (а. с. СССР № 1619360, БИ № 1, 1991 г.). Этот метод не нашел широкого применения и он, также, обладает рядом недостатков. Индикаторы емкости свинцовых аккумуляторов «Кулон» имеют погрешность до 40 % и предназначены только для кислотных аккумуляторов, а также очень критичны к напряжению на измеряемом ХИТ. В компьютерах и мобильных телефонах, также как и во многих зарядных устройствах, судят о степени разряженности или заряженности ХИТ по напряжению на его клеммах, но это также косвенный способ, а связь емкости и напряжения имеет нелинейную зависимость, что дает неопределенные результаты измерения, и однозначно определить значение  $Q$  ХИТ таким образом невозможно, т.к. у разряженного ХИТ, в зависимости от нагрузки, напряжение на его клеммах будет меняться. Индикаторы «Бастиян» и «СКАТ-Т» имеют погрешности до 20%, и измеряемая емкость ограничена до 80 А·ч. Предприятия-изготовители ХИТ для определения емкости применяют метод разряда-заряда. Этот способ не эффективен. Для определения емкости некоторых типов ХИТ уходит до трех суток. Поэтому проверка, а не измерение емкости, делается выборочно. И такая проверка показывает, какая емкость была. Таким образом, в настоящее время вообще отсутствует способ и устройства, позволяющие эффективно проводить измерения электрической емкости ХИТ, а с применением в производстве ХИТ нанотехнологий проблема измерения емкости станет еще острее. Как в автомобиле имеется указатель уровня топлива, так и во всех устройствах и приборах, запитываемых от ХИТ, необходимо иметь компактный измеритель (указатель) заряженности (остаточной емкости).

Существуют новые методы определения емкости, защищенные патентами РФ № 2172044 (БИ № 24 2001 г.) «Способ измерения емкости химических источников тока» и

№2214025, №2248073 «Устройство для измерения емкости химических источников тока», а также патентом Украины № 70359 (БИ № 10, 2004 г.). Способ заключается в сравнении емкости измеряемого ХИТ с известной емкостью образцового (эталонного) конденсатора. В этом способе путем измерения напряжения на измеряемом ХИТ и разряде его на конденсаторную нагрузку измеряют время заряда конденсатора известной емкости и рассчитывают электрическую емкость измеряемого химического источника тока по формуле

$$Q_{эл} = \frac{C \cdot U}{2t_{зар} \cdot k},$$

где  $Q_{эл}$  – электрическая ёмкость измеряемого ХИТ;  $C$  – емкость заряжаемого конденсатора;  $U$  – напряжение на измеряемом ХИТ;  $t_{зар}$  – время заряда конденсатора от измеряемого источника;  $k$  – коэффициент, учитывающий конструктивные и технологические особенности измеряемого химического источника тока.

Ёмкость АКБ сильно зависит от величины разрядного тока. Поэтому единственный надёжный способ определения ёмкости аккумуляторов – это сравнение разрядной характеристики аккумулятора с заложенными в память прибора образцами для каждой модели. Если данная конкретная модель аккумулятора в прошивке прибора отсутствует, ёмкость может быть оценена только примерно, после 3...4 циклов заряда-разряда разными токами.

Другим методом является определение внутреннего сопротивления АКБ. По сути, величина снижения напряжения на элементах АКБ при протекании тока определяется внутренним сопротивлением элементов. Известно, что емкость АКБ связана с ее внутренним сопротивлением и, получив опытным путем значение внутреннего сопротивления, можно оценить и емкость АКБ. Так, если внутреннее сопротивление АКБ увеличилось в 2 раза, то можно утверждать, что емкость АКБ уменьшилась в 2 раза.

Есть опыт диагностики АКБ на основе применения специализированных устройств, измеряющих внутреннее сопротивление АКБ на переменном токе. Их использование позволяет своевременно выявлять дефекты АКБ.

Обследование АКБ производится регулярно. Измеряются и фиксируются в компьютерных базах данных напряжения и внутренние сопротивления каждого элемента батареи. Результаты текущих измерений сопоставляются с предыдущими результатами измерений, и принимаются решения о необходимости ремонта или замены аккумуляторов. Особенно важно, что измерения делаются без вывода батареи из работы и на обследование одной батареи напряжением 220 В требуется не более чем 1,5 часа.

При обследовании АКБ кроме внутреннего сопротивления ее элементов измеряются сопротивления и межэлементных соединений. Это позволяет своевременно выявлять характерные дефекты, обусловленные коррозией токовыводов аккумуляторов.

Измерение сопротивления АКБ на переменном токе проще измерения сопротивления, базирующегося на создании толчкового тока. Протекание по АКБ переменного тока в течение 1,5 часов, необходимых для замера напряжения на всех ее элементах, менее вредно, чем многократное протекание толчкового тока, силой сотни ампер.

Однако измерение внутреннего сопротивления АКБ на переменном токе имеет существенный недостаток. Измеренное сопротивление содержит не только активную составляющую, но и реактивную, как это следует из схемы замещения (рис. 3). Следовательно, сопротивление, полученное одночастотным методом измерения на переменном токе, не будет равно интересующему нас активному сопротивлению аккумулятора, определенному на постоянном токе. И даже при наличии частотной зависимости (за исключением очень низких частот – менее 1...3 Гц) переход к сопротивлению на постоянном токе весьма затруднителен в силу специфики электрохимических процессов. Следовательно, такие измерения могут применяться лишь для оценки тенденций изменения технического состояния аккумуляторов.

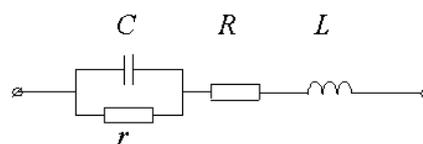


Рис. 3. Схема замещения, определяющая внутреннее сопротивление АКБ

Второй фактор, снижающий ценность результатов измерения внутреннего сопротивления на переменном токе, заключается в использовании тока малой амплитуды, что не обеспечивает отстройку от крайне нелинейного начального участка ВАХ аккумулятора.

### **Выводы**

В статье проведен анализ состояния существующих методов диагностики АБ и проблемы их применения.

Для определения экономических и экологических показателей необходимо учитывать совместную работу ДВС-АКБ.

### **Литература**

1. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 326 с.
2. Смирнов О.П. Перспективы развития систем электропитания транспортных средств // Материалы доклада в техническом университете г. Варна (Болгария) на XIV научно-технической конференции с международным участием на тему: «Транспорт, экология – устойчивое развитие» 8-10 мая 2008 года, Варна, 2008. – С. 295 – 301.

Рецензент: А.В. Бажинов, профессор, д.т.н. ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 27 марта 2009 г.