

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЕМКОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

О.О. Дубровский
(представил д.т.н., проф. Б.Т. Кононов)

На основе анализа существующих методов измерения остаточной емкости химических источников тока предлагается выбор направления исследований, позволяющих получить приемлемые результаты определения остаточной емкости химических источников тока.

Целью данной статьи является анализ существующих методов определения остаточной емкости химических источников тока (ХИТ) с тем, чтобы установить возможные направления исследований в этой области, позволяющие осуществлять контроль остаточной емкости ХИТ с более высокой точностью и достоверностью измерения.

В настоящее время наиболее распространены методы определения остаточной емкости ХИТ по напряжению в разомкнутой цепи, по сопротивлению короткого замыкания, по напряжению разряда [1, 2, 3]. Рассмотрим достоинства и недостатки перечисленных методов.

Метод измерения остаточной емкости ХИТ по напряжению разомкнутой цепи [1] базируется на использовании зависимости равновесного значения напряжения разомкнутой цепи ХИТ от внутренней энергии активных веществ электродов. Процесс восстановления напряжения разомкнутой цепи ХИТ носит экспоненциальный характер (рис. 1). Поэтому равновесное значение напряжения, к которому стремится напряжение разомкнутой цепи ХИТ после отключения нагрузки, зависит от степени его заряженности.

К достоинствам этого метода следует отнести линейную зависимость емкости от напряжения разомкнутой цепи на всем интервале измерения остаточной емкости и, практически, ничтожное влияние результата измерения на изменение температуры. Погрешность не превышает 0,01% при изменении температуры на 1°C. Однако, наряду с достоинствами у данного метода имеются недостатки, из-за которых он не нашел широкого применения. Такими недостатками являются: очень узкий диапазон изменения равновесного значения напряжения разомкнутой цепи, составляющий 0,05 В ÷ 0,09 В при изменении остаточной емкости от 0% до 100%, а также и то, что источник практически никогда не находится в равновесном состоянии из-за смещения равновесия, вызванного

подключением нагрузки. Процесс восстановления равновесного состояния электродов довольно продолжителен и в среднем составляет от 2 до 5 суток.

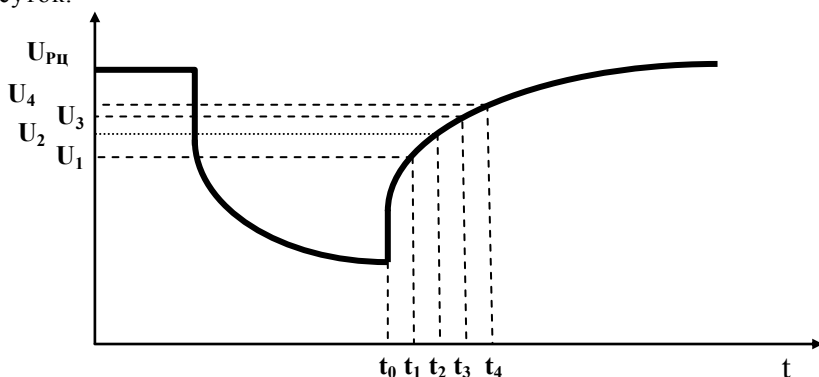


Рис. 1. Определение остаточной емкости по напряжению разомкнутой цепи ($U_{рц}$ – напряжение разомкнутой цепи; t_0 – начальный момент отключения нагрузки; t_1, t_2, t_3, t_4 – время измерения напряжения разомкнутой цепи U_1, U_2, U_3, U_4 соответственно)

Применение данного метода для источников, находящихся на хранении, также невозможно из-за снижения напряжения разомкнутой цепи, вызванного пассивацией поверхности электродов. Интенсивность этого процесса в значительной мере определяется технологическими факторами и поэтому может значительно отличаться даже для источников одного типа.

Метод определения остаточной емкости по разрядным кривым [2] основан на явлении снижения процесса разряда напряжения ХИТ.

Достаточно широкий интервал изменения напряжения способствует широкому распространению указанного метода в практике эксплуатации ХИТ, но получить с его помощью достаточную точность можно только для источников с непрерывным разрядом при стабильном значении тока или неизменном значении нагрузки.

Зависимость напряжения разряда ХИТ почти на всем рабочем диапазоне изменения остаточной емкости с достаточной степенью точности может быть аппроксимирована прямой линией. Исключение составляет только начальный криволинейный участок, длина которого не превышает 20% всего диапазона изменения емкости (рис. 2).

Чаще всего основным режимом работы ХИТ является режим прерывистого разряда. Для такого режима разряда определение остаточной емкости непрерывной разрядной кривой связано с большими погрешно-

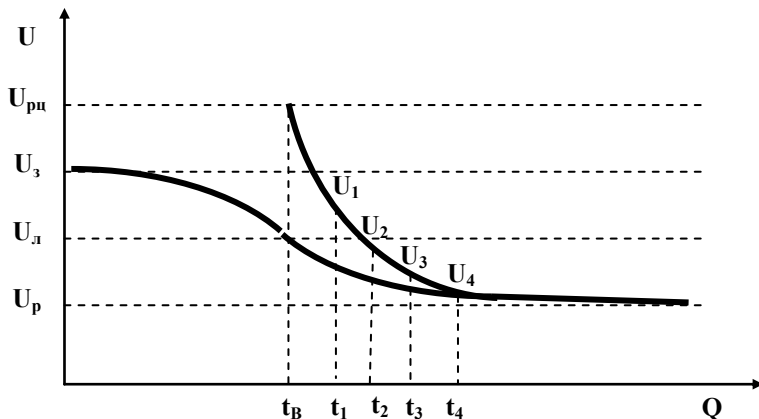


Рис. 2. Определение остаточной емкости по напряжению разряда (t_B – момент времени включения нагрузки; U_1, U_2, U_3, U_4 – напряжения, измеренные соответственно в моменты времени t_1, t_2, t_3, t_4 ; $U_{рц}, U_3, U_p, U_l$ – напряжения разомкнутой цепи, заряженного химического источника тока, разряженного химического источника тока и линейного участка разрядной кривой химического источника тока в момент включения нагрузки t_B соответствиями, вызванными изменением величины напряжения после подключения нагрузки.

Метод определения остаточной емкости по сопротивлению короткого замыкания ХИТ [1] основывается на использовании квазилинейной

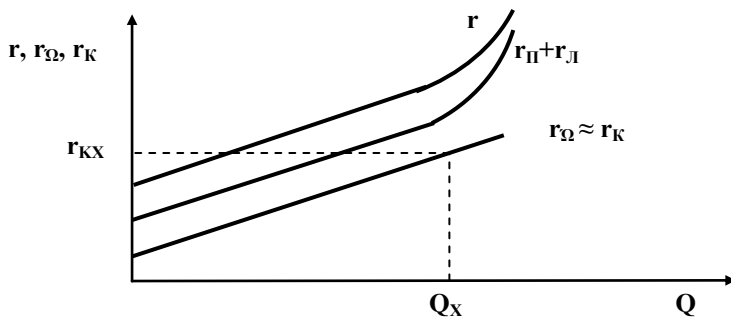


Рис. 3. Определение остаточной емкости ХИТ по сопротивлению короткого замыкания (r_{Π} – сопротивление поляризации ХИТ; r_K – сопротивление короткого замыкания; r – сопротивление нагрузки; r_L – омическое сопротивление ХИТ; Q – емкость ХИТ; Q_X – остаточная емкость ХИТ)

зависимости его полного внутреннего сопротивления от остаточной емкости (рис. 3).

Полное внутреннее сопротивление ХИТ складывается из двух составляющих: омического r_d и поляризационного r_n сопротивлений. Омическая составляющая внутреннего сопротивления ХИТ зависит от активного сопротивления электродов, двойного электронного слоя и слоя электролита, примыкающего к двойному электрическому слою. Значение сопротивления поляризации зависит от степени заряженности ХИТ, температуры, силы тока, протекающего через нагрузку, времени, прошедшего после включения нагрузки [3]. Следует отметить, что зависимость сопротивления поляризации от остаточной емкости при фиксированном значении тока разряда нелинейна. Как показано на рис. 3 особенно сильно нелинейный характер проявляется после того, когда ХИТ израсходует 60 % запасенной емкости. Нелинейный характер зависимости изменения полного внутреннего сопротивления ХИТ от остаточной емкости препятствует практическому использованию рассмотренного метода.

В настоящее время широкое распространение получили методы измерения полного внутреннего сопротивления ХИТ на переменном токе [1, 2], поскольку при этом исключается погрешность измерения, вносимая поляризационной составляющей. Действительно, из-за малого времени протекания тока в одном направлении, нелинейный характер поляризационной составляющей не успевает проявиться. Воспроизводимость результатов измерения зависит от класса точности активного сопротивления и точности вольтметра. По кривым зависимости полного внутреннего сопротивления от частоты можно судить о характере внутреннего сопротивления ХИТ и, используя экспериментальные зависимости, оценить степень заряженности химических источников тока.

Результаты проведенного анализа позволяют утверждать, что ни один из известных методов определения остаточной емкости для различных типов химических источников тока не является универсальным.

Приемлемые результаты определения степени заряженности ХИТ можно получить, сочетая измерение полного внутреннего сопротивления с измерением поляризационного сопротивления. При этом предпочтение следует отдать частотным методам с использованием для обработки результатов измерений средств вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.В., Хашев Ю.М.. Химические источники тока. – М.: Наука, 1978. – 177 с.
2. Дамье В.Н., Рысухин Н.Ф.. Производство первичных химических источников тока. – М.: Высш. школа, 1980. – 234 с.

3. Системы автономного электроснабжения / Б.Ф. Самойленко, Б.Т. Кононов и др. – МО СССР, 1990. – 360 с.
