

УДК 621.355.2

ПЛОТНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТА В ПОРАХ ЭЛЕКТРОДОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННОГО СВИНЦОВОГО АККУМУЛЯТОРА

В.В.Баюнов, Г.В.Кривченко, Ю.А.Подалинский

ОАО «НИИИ "Источник"», Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 23.04.04 г.

Рассмотрена возможность определения плотности электролита в порах активных масс герметизированного свинцового аккумулятора расчетным путем с использованием экспериментальных данных.

The possibility of definition of electrolyte density in lead acid battery VRLA active mass pores is considered by calculation method with use of experimental data.

Герметизированные свинцовые аккумуляторы (ГСА) находят все более широкое применение в промышленности, системах управления, снабжения и в быту. Емкость ГСА значительно превысила 3000 А·ч. При проектировании ГСА особый интерес представляет возможность определения основной характеристики аккумулятора – изменения напряжения U в зависимости от снятой емкости Q или длительности разряда τ для различных режимов:

$$U = f(Q) = f(\tau). \quad (1)$$

Классические зависимости ЭДС (E) свинцового аккумулятора и потенциалов равновесия положительного $\varphi_{p(+)}$ и отрицательного $\varphi_{p(-)}$ электродов от концентрации кислоты или плотности электролита P справедливы для одинаковой плотности электролита в порах положительного и отрицательного электродов [1]:

$$\text{ЭДС } (E) = f(P), \quad (2)$$

$$\varphi_{p(+)} = f(P), \quad (3)$$

$$\varphi_{p(-)} = f(P), \quad (4)$$

$$E = \varphi_{p(+)} - \varphi_{p(-)}, \quad (5)$$

$$\frac{dE}{dT} = f(P). \quad (6)$$

Во время разряда свинцового аккумулятора плотность электролита в порах положительного и отрицательного электродов различна. В работе [2] для определения зависимости (1) на различных режимах разряда с использованием зависимостей (2)–(5) была введена расчетная плотность электролита P_p , которая соответствует этим зависимостям.

Представляет практический интерес определение расчетным путем плотности электролита в порах положительного и отрицательного электродов ГСА в процессе разряда различными режимами в зависимости от температуры электролита. Для этого необходимо установить зависимость между плотностью электролита в порах положительного и отрицательного электродов во время разряда и расчетной плотностью электролита.

В работе [1] численным интегрированием определены плотности электролита в порах положительного $P_{(+)}$ и отрицательного $P_{(-)}$ электродов по толщине и в межэлектродном пространстве в зависимости от снятой емкости Q , равной 1.67, 16.7, 33.3, 66.7 и 100%. В расчетах учитывалось влияние диффузионных процессов, происходящих во время разрядов в порах активной массы электродов толщиной 2 мм и межэлектродном пространстве, равном 2 мм, при температуре 25°C и конечном напряжении разряда 1.8 В.

По средним значениям плотности электролита в порах электродов по их толщине $P_{(+)}$ и $P_{(-)}$ и зависимостям (3), (4) и (5) для данной степени разряженности определены $\varphi_{p(+)}$, $\varphi_{p(-)}$ и E . По полученным значениям E определяем расчетную плотность электролита P_p , которая превышает плотность электролита в порах положительного электрода $P_{(+)}$ на величину (δ_p), а плотность электролита в порах отрицательного электрода $P_{(-)}$ превышает плотность электролита в порах положительного электрода $P_{(+)}$ на величину (δ) (таблица).

Расчетная плотность электролита
в порах электродов толщиной 2 мм

Снятая емкость Q , %	$P_{(-)}$, г/см ³	$P_{(+)}$, г/см ³	$\delta = P_{(-)} - P_{(+)}$, г/см ³	$\varphi_{(-)}$, В	$\varphi_{(+)}$, В	$E = \varphi_{(+)} - \varphi_{(-)}$, В	P_p , г/см ³	$\delta_p = P_p - P_{(+)}$, г/см ³
1.67	1.282	1.276	0.006	-0.385	1.736	2.121	1.278	0.002
16.7	1.247	1.212	0.035	-0.370	1.700	2.070	1.222	0.010
33.3	1.215	1.179	0.036	-0.360	1.682	2.042	1.192	0.013
66.7	1.135	1.084	0.051	-0.330	1.632	1.962	1.100	0.016
100	1.064	1.010	0.054	-0.308	1.590	1.898	1.047	0.037

Для определения расчетной плотности электролита в порах электродов $P_{(+)\text{р}}$ и $P_{(-)\text{р}}$ аккумулятора СГ-6 во время разряда при температурах -10°C и +45°C данные таблицы были пересчитаны в связи с изменением плотности электролита в зависимости от температуры [3] и изменением dE/dT [1] от плот-

ности электролита. В данной работе экспериментальные исследования проводились путем разрыва цепи на герметизированных аккумуляторах СГ-6 с абсорбированным электролитом плотностью 1.280 г/см^3 при температурах -10°C и $+45^\circ\text{C}$. Замеры НРЦ (E) и напряжения U производили во время разряда токами $0.1, 0.2, 0.4, 1$ и 3C (C – номинальная емкость 20-часового разряда) после снятия $1.6, 25, 50, 75$ и 100% -ной емкости. Разряды заканчивались при конечном напряжении, соответствующем требованиям технической документации; фиксировалось также конечное напряжение 1.80 В .

По данным НРЦ (E) определяли расчетную плотность электролита P_p . Расчетная плотность электролита в порах положительного $P_{(+)\text{p}}$ и отрицательного $P_{(-)\text{p}}$ электродов ГСА с толщинами электродов, близкими к 2 мм , определяется по зависимостям:

$$P_{(+)\text{p}} = P_p - \delta_p, \quad (7)$$

$$P_{(-)\text{p}} = P_{(+)\text{p}} - \delta. \quad (8)$$

Результаты исследований и расчетов сводятся к следующему.

При температурах -10°C и $+45^\circ\text{C}$ плотность электролита в порах электродов уменьшается с увеличением степени разряженности ГСА на всех режимах разряда токами от 0.1 до 3C .

На всех режимах разряда при температуре -10°C и степени разряженности 25% плотность электролита в порах электродов снижается, при разряженности 50% остается постоянной на режимах $0.4\text{--}3\text{C}$, при разряженности 100% увеличивается на разрядах токами $1\text{--}3\text{C}$.

При температуре $+45^\circ\text{C}$ для всех степеней разряженности от 25 до 100% на разрядах токами $0.4\text{--}3\text{C}$ плотность электролита в порах возрастает (рис.1). Это увеличение связано с большей плотностью электролита в межэлектродном пространстве в режиме разряда 3C . Так, на этом разряде при температурах -10°C и $+45^\circ\text{C}$ снятая емкость составила 40 и 58% от полной емкости аккумулятора C .

Оценим также влияние теплового режима работы электродов в ГСА. Суммарное тепловыделение в аккумуляторе СГ-6 в процессе разряда состоит из тепловой энергии, выделяемой на внутреннем активном сопротивлении, и поглощаемой тепловой энергии (обратимая теплота реакции), которые в конце разрядов током $0.1, 0.2, 3\text{C}$ изменяют температуру аккумулятора при -10°C на $-1.6, -1.0, +4.0^\circ\text{C}$, а при $+45^\circ\text{C}$ – на $-2.6, -2.3, +3.2^\circ\text{C}$ соответственно. Средние температуры в процессе разрядов будут в два раза меньше. Таким образом, на разрядах током 0.1 и 0.2C температура аккумулятора понижается, а на разряде током 3C – повышается; последнее также способствует повышению плотности электролита в порах электродов в связи с улучшением процесса диффузии.

При расчете принято, что все тепло идет на нагрев (охлаждение) аккумулятора, а в окружающую среду не выделяется.

На разряде током 0.1C при температуре -10°C снятая емкость на 17% меньше, чем при температуре $+45^\circ\text{C}$. В связи с этим плотности электролита в порах электродов при -10°C выше, чем при температуре $+45^\circ\text{C}$ (рис.2). Для конечного напряжения раз-

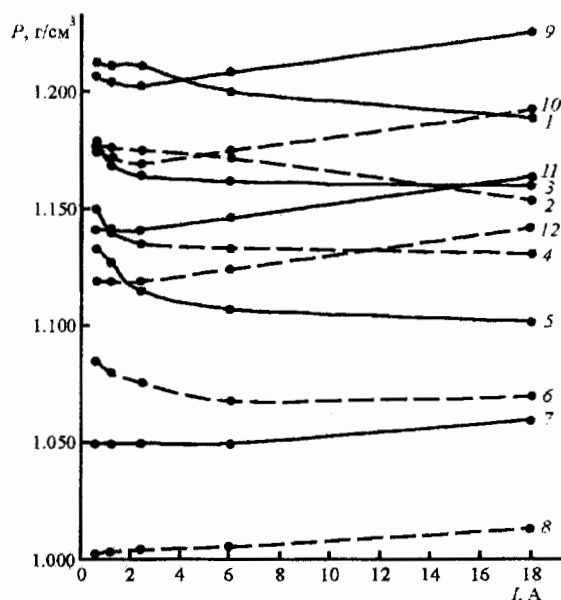


Рис.1. Изменение плотности электролита в порах отрицательного $P_{(-)\text{p}}$, г/см^3 (1, 3, 5, 7, 9, 11) и положительного $P_{(+)\text{p}}$, г/см^3 (2, 4, 6, 8, 10, 12) электродов в зависимости от разрядного тока I , А, степени разряженности Q , % (1, 2, 9, 10 – 25% ; 3, 4, 11, 12 – 50% ; 5, 6 – 75% ; 7, 8 – 100%) и температуры (1–8 – -10°C ; 9–12 – $+45^\circ\text{C}$) ГСА

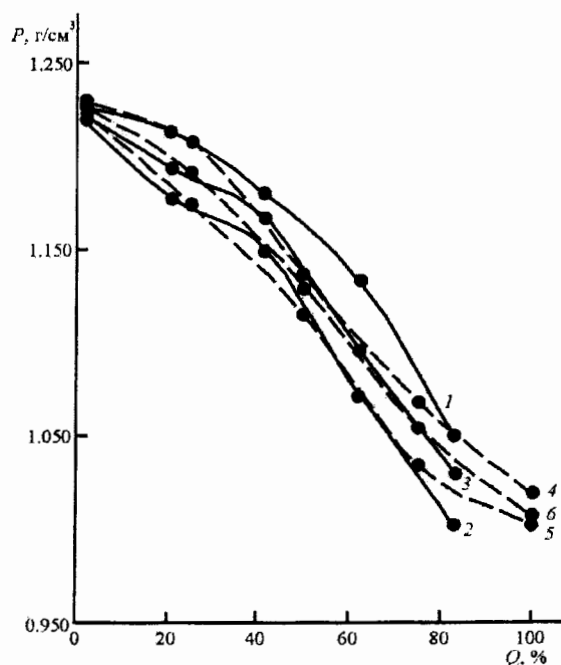


Рис.2. Изменение плотности электролита в порах отрицательного $P_{(-)\text{p}}$, г/см^3 (1, 4), положительного $P_{(+)\text{p}}$, г/см^3 (2, 5) электродов и расчетной плотности P_p , г/см^3 (3, 6) при разрядном токе 0.1C , А, в зависимости от снятой емкости Q , %, и температуры электролита (1, 2, 3 – -10°C ; 4, 5, 6 – $+45^\circ\text{C}$)

ряда 1.8 В конечные плотности электролита $P_{(-)p}$, $P_{(+)p}$, P_p при -10°C составляют 1.08, 1.05, 1.06 г/см³ соответственно.

На разряде током 3С при температуре -10°C снятая емкость на 35% меньше, чем при температуре $+45^\circ\text{C}$. В начале разряда плотность электролита в порах электродов при температуре -10°C ниже, чем при температуре $+45^\circ\text{C}$, что связано с диффузионными затруднениями, а в конце разряда – выше в связи с меньшей снятой емкостью (рис.3).

ВЫВОДЫ

Показана возможность определения плотности электролита в порах активных масс электродов ГСА расчетным путем с использованием экспериментальных данных, полученных на аккумуляторах СГ-6 для режимов разряда токами 0.1–0.3С, А, при температурах -10°C и $+45^\circ\text{C}$.

Плотность электролита в порах электродов уменьшается с увеличением степени разряженности ГСА при указанных температурах и токах разряда.

Соотношение плотности электролита в порах электродов при разрядах 0.1 и 3С и температурах -10°C и $+45^\circ\text{C}$ зависит от уменьшения снимаемой емкости при -10°C по сравнению с $+45^\circ\text{C}$.

Мероприятия по увеличению плотности электролита в порах активной массы положительного электрода во время разрядов повысят удельные электрические характеристики ГСА.

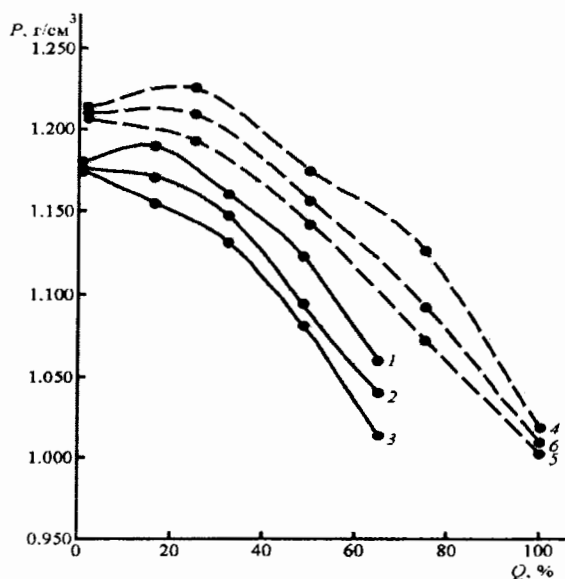


Рис.3. Изменение плотности электролита в порах отрицательного $P_{(-)p}$, г/см³ (1, 4), положительного $P_{(+)p}$, г/см³ (2, 5) электродов и расчетной плотности P_p , г/см³ (3, 6) при разрядном токе 3С, А, в зависимости от снятой емкости Q, %, и температуры электролита (1, 2, 3 – -10°C ; 4, 5, 6 – $+45^\circ\text{C}$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дасоян М.А., Азугф И.А. Современная теория свинцового аккумулятора. Л.: Энергия, 1975.
2. Хализов И.Ф., Баюнов В.В., Коликова Г.А. // Электротехника. 2002. Вып.6. С.62.
3. Максимова И.Н., Никольский А.А., Сергеев С.В. Свойства электролитов химических источников тока. Л.: Энергия, 1975.