

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАРЯДО-РОЗРЯДНИХ ПРОЦЕСІВ АКУМУЛЯТОНОЇ БАТАРЕЇ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

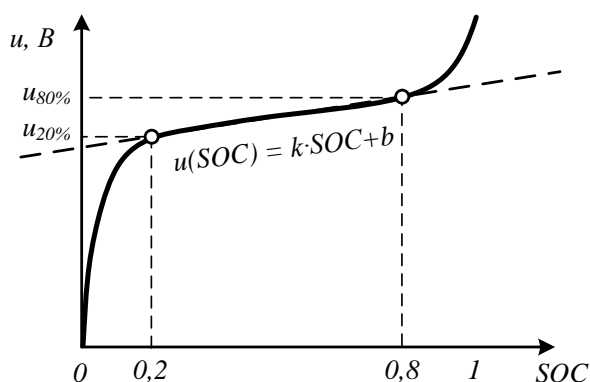
Стисло Б.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В процесі експлуатації акумуляторних батарей виникає необхідність визначення засобами промислової електроніки ступеню заряду накопичувача за рівнем його напруги. До найбільш відомих емпіричних виразів, що описують залежність напруги на батареї від рівня зарядженості (*SOC – State Of Charge*) відносять вирази Шепферда, Хаскіной-Даниленка, Романова.

В найпростішому випадку процес описується залежністю  $u(i, q) = E_0 - R_0 \cdot i - K \cdot F_2(i, q) + A \cdot F_3(q)$ , де  $E_0$  – напруга холостого ходу батареї;  $R_0$  – значення внутрішнього опору;  $i$  – струм розрядження;  $q$  – ємність батареї;  $K, A, F_2, F_3$  – емпіричні коефіцієнти, що описують реальні характеристики акумулятора. Таким чином, процеси, що протікають в акумуляторі при його розряді (або заряді) можуть бути описані чотирма доданками. Перший являє собою ідеальне джерело живлення; другий - моделює активний внутрішній опір батареї з падінням напруги на ньому; третій - описує зміну напруги на затискачах акумулятора в залежності від ступеню розряду батареї; четвертий - моделює роботу основної струмоутворюючої реакції в акумуляторі.

Оскільки основну частину енергії акумуляторної батареї зосереджено на інтервалі між точками  $[0,2 \dots 0,8]SOC$  кривої розряду (ДБЕ - діапазон безпечної експлуатації), для практичних застосувань функція зміни напруги може бути



Апроксимація зарядної кривої

апроксимована лінійною функцією  $u(SOC) = k \cdot SOC + b$  без суттєвого погіршення точності обчислень, де  $k$  – тангенс кута нахилу кривої в ДБЕ батареї;  $SOC$  (%) – поточне значення стану заряду;  $b$  – величина, що характеризує рівні напруги на границях ДБЕ. Для залежності  $u(SOC)$  коефіцієнти  $k$  і  $b$  можуть бути визначені при двох значеннях стану заряду:  $SOC = 20\%$  і  $SOC = 80\%$  конкретної батареї.

На рисунку наведено результати експериментальних досліджень заряду реальної літій-іонної акумуляторної батареї. Пунктирною лінією на графіку виконано апроксимацію експерименту на інтервалі  $SOC = 20\%$  і  $SOC = 80\%$ . Значення емпіричних коефіцієнтів визначаються наступним чином:

$$k = (u_{80\%} - u_{20\%}) / (0,8 - 0,2) = (4,11 - 4,0) / (80 - 20) = 0,00183$$

$$b = u_{80\%} - (k \cdot 0,8) = 4,11 - (0,00183 \cdot 80) = 3,963 \text{ (В)}$$