

РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ ЄМНОСТІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СИСТЕМИ БАЛАНСУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Вайнштейн Я.В., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Збільшення об'єктів сонячної енергетики в загальній електромережі України призвело до зниження стабільності самої мережі, що пов'язано зі стохастичністю сонячної інсоляції. Для забезпечення стабільної роботи мережі потрібно мати точний прогноз виробітку електричної енергії сонячною станцією. Однак не існує достатньо точних систем прогнозування, тому є необхідність в використанні буферного джерела, яке зможе забезпечити сталість процесу видачі електричної енергії в мережу. Такою системою є електрохімічна система акумуляторних батарей, а беручи до уваги сучасні реалії, найпоширенішою є літій-іонна система акумуляторних батарей

Мета роботи. Отримання формули розрахунку ємності електрохімічної системи літій-іонних акумуляторів.

Матеріали і результати досліджень. В основі літій-іонної системи лежить інтеркаляція літію з різними хімічними елементами, яка виступає як у якості позитивного електроду, так і негативного. Основними представниками літій-іонних акумуляторних батарей є:

- Літій-кобальтова ($LiCoO_2$)
- Літій-марганцева ($LiMn_2O_4$)
- Літій-залізо-фосфатна ($LiFePO_4$)
- Літій-титанова ($Li_4Ti_5O_{12}$)
- Літій-нікель-марганцево-кобальтова ($LiNiMnCoO_2$)
- Літій-нікель-кобальтова-алюмінієва ($LiNiCoAlO_2$)

Опосередкована розрядна характеристика наведена на рис. 1.

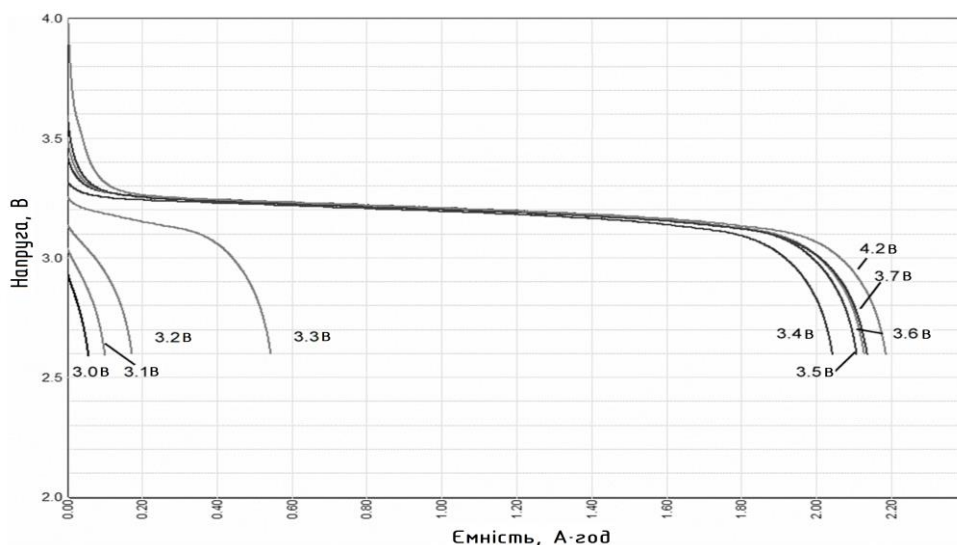


Рисунок 1 – Напруга зарядки та розрядна ємність літій-іонного акумулятора

В промисловості та великих енергетичних об'єктах найбільше розповсюдження отримали літій-нікель-марганцево-кобальтова, літій-залізо-фосфатна та літій-нікель-кобальтова-алюмінієва акумуляторні батареї.

Незважаючи на різні хімічні системи дані АКБ мають схожі параметри та характеристики, а отже й підлягають одному методу розрахунку необхідної ємності.

Розрахунок ємності проводимо за наступною формулою [1]:

$$F_s = F_D \cdot S_f, \quad (1)$$

де

F_s – шукане значення ємності;

F_D – значення ємності без врахування поправочного коефіцієнта. Дане значення отримують аналітичним шляхом за рахунок визначення необхідного рівня потужності та часу забезпечення рівня цієї потужності.

S_f – поправочний коефіцієнт.

В свою чергу поправочний коефіцієнт дорівнює:

$$S_f = (1 + d_f) \cdot (1 + t_f) \cdot (1 + c_f) \cdot (1 + a_f) \cdot (1 + i_f) \quad (2)$$

де

d_f – прийнятий проектом запас;

t_f – поправочний коефіцієнт температури;

c_f – поправочний коефіцієнт заряду;

a_f – коефіцієнт старіння АКБ;

i_f – втрати в інверторі (приймаються лише для акумуляторів ДБЖ).

Розрахунковий запас d_f – це запас покриття невідомих навантажень, які можуть виникати. Згідно до IEEE 485 приймаємо даний запас на рівні 10%. Проте акцентуючи увагу на стохастичності сонячної інсоляції та проведених розрахунках по прогнозу генерації сонячної станції задаємо значення цього коефіцієнту на рівні 15%.

Аналізуючи розрядні характеристики наведені на рис.1 та беручи до уваги отримані результати експерименту [2] поправочний коефіцієнт заряду c_f приймаємо рівним 10%.

Згідно до існуючого стандарту експлуатації та технічного обслуговування коли розрядна ємність досягає рівня 80% від номінальної відбувається заміна, тому поправочний коефіцієнт старіння АКБ a_f приймаємо рівним 20%.

Як відомо акумуляторні батареї чутливі до оточуючого середовище, а більш за всього до температури. Оскільки АКБ встановлюється у відповідному приміщенні з забезпеченням всіх необхідних норм експлуатації та температури на рівні 25°C, встановим поправочний коефіцієнт температури рівним 5%. Пов'язано це з тим, що не завжди буде можливість забезпечити відповідний рівень температури, особливо зимою.

Залежність розряду літій-іонної батареї від температури навколишнього середовища представлена на рис. 2.

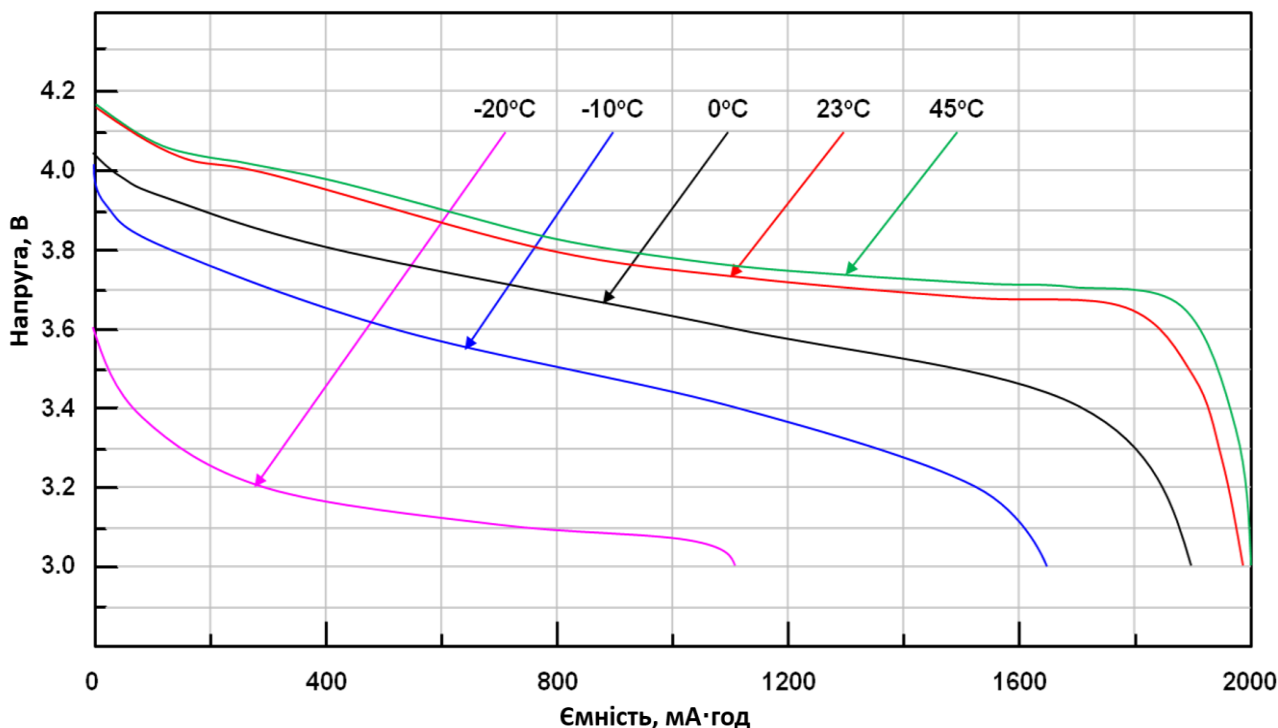


Рисунок 2 – Розрядні характеристики літій-іонної акумуляторної батареї в залежності від температури оточуючого середовища

Що стосується коефіцієнту відповідних втрат в інверторі, то оскільки в даній системі не використовується джерело безперебійного живлення то i_f приймаємо рівним 0.

Таким чином поправочний коефіцієнт дорівнює:

$$S_f = (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,05) \cdot (1 + 0,10) \cdot (1 + 0,20) \cdot (1 + 0,0) = 1,59 \quad (3)$$

Отже загальна формула буде мати наступний вираз:

$$F_s = 1,59 \cdot F_D \quad (4)$$

Висновки. Отримане значення поправочного коефіцієнта дорівнює 1,59. Описана формула для розрахунку ємності системи літій-іонних акумуляторних батарей дозволяє проводити розрахунки з необхідним запасом, поява якого пов'язана з експлуатаційними особливостями роботи даної система. Важливо також відмітити, що в залежності від особливостей кожної системи поправки, які використовуються для розрахунку загального поправочного коефіцієнту можна маніпулювати в межах існуючих стандартів. Наявність системи накопичення з правильно розрахованою ємністю дозволить підвищити стабільність та стійкість електричної енергії, яка виробляється сонячної станцію та віддається в мережу.

Перелік посилань

1. Chang, C.-H.; Sulley, M. Lithium-ion Stationary Battery Capacity Sizing Formula for the Establishment of Industrial Design Standard. J. Electr. Eng. Technol. 2018, 12, 2561–256.
2. Choong-koo Chang. Factors Affecting Capacity Design of Lithium-Ion Stationary. MPDI.2019, 09.