

INTISARI

Estimasi State of Charge (SoC) yang akurat sangat penting dalam manajemen operasi baterai lithium-ion untuk memastikan keselamatan, efisiensi, dan umur pakai yang lebih panjang, khususnya pada aplikasi seperti kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi. Metode konvensional seperti Coulomb Counting memiliki kelemahan berupa akumulasi kesalahan dan kurang adaptif pada kondisi yang bervariasi, sehingga diperlukan teknik estimasi yang lebih canggih.

Pada penelitian ini, Extended Kalman Filter (EKF) diimplementasikan pada mikrokontroler STM32F411CEU6 untuk estimasi SoC secara real-time. Model rangkaian ekuivalen Thevenin dipilih karena memiliki keseimbangan antara efisiensi komputasi dan akurasi, sedangkan Particle Swarm Optimization (PSO) digunakan untuk mengidentifikasi parameter model berdasarkan data uji pulsa eksperimental. Parameter yang telah dioptimalkan kemudian diintegrasikan ke dalam EKF, yang kemudian dilakukan *tuning* agar mampu memberikan estimasi stabil dan akurat pada berbagai profil beban.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa identifikasi parameter berbasis PSO memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode Recursive Least Squares (RLS), sehingga model Thevenin lebih sesuai dengan data eksperimen. Dengan parameter yang telah dioptimalkan tersebut, EKF mampu mengurangi *drift* estimasi secara signifikan dibandingkan metode Coulomb Counting, serta mempertahankan kinerja yang andal pada berbagai kondisi awal SoC. Kombinasi identifikasi parameter berbasis PSO dengan estimasi EKF memberikan pendekatan yang reliabel dan efektif untuk aplikasi manajemen baterai tertanam.

Kata kunci : Estimasi State of Charge, Extended Kalman Filter, Particle Swarm Optimization, Model Thevenin, Mikrokontroler STM32

ABSTRACT

Accurate State of Charge (SoC) estimation is essential for lithium-ion battery management operation to ensure safety, efficiency, and extended lifespan, particularly in applications such as electric vehicles and energy storage systems. Conventional methods such as Coulomb Counting suffer from cumulative errors and lack adaptability under varying conditions, highlighting the need for more advanced estimation techniques.

In this research, an Extended Kalman Filter (EKF) was implemented on an STM32F411CEU6 microcontroller for real-time SoC estimation. The Thevenin equivalent circuit model was selected due to its balance between computational efficiency and accuracy, while Particle Swarm Optimization (PSO) was applied to identify the model parameters using experimental pulse test data. The optimized parameters were then integrated into the EKF, which was carefully tuned to achieve stable and accurate performance under various load profiles.

The results indicated that PSO-based parameter identification provided higher accuracy compared to the Recursive Least Squares (RLS) method, ensuring a closer match between the Thevenin model and experimental data. With these optimized parameters, the EKF significantly reduced estimation drift compared to Coulomb Counting and maintained robust performance across different initial SoC conditions. The combination of PSO-based model identification and EKF estimation thus provides an effective and reliable method for embedded battery management applications.

Keywords : State of Charge estimation, Extended Kalman Filter, Particle Swarm Optimization, Thevenin model, STM32 microcontroller