

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MODEL ARSITEKTUR SISTEM MANAJEMEN BATERAI CERDAS UNTUK PEMANTAUAN DAN PENINGKATAN KONDISI OPERASI PENYIMPAN ENERGI

Oleh

Irsyad Nashirul Haq

NIM: 33313004

(Program Studi Doktor Teknik Fisika)

Sistem manajemen baterai (SMB) diperlukan untuk menangani dinamika operasi, meningkatkan kinerja dan memperpanjang masa guna sistem baterai penyimpan energi (SBPE). Proses pengisian dan pemakaian baterai yang diluar rentang daerah operasi aman (DOA) dapat menurunkan kinerja dan memperpendek umur penggunaan baterai. Salah satu tantangan SBPE adalah bagaimana melakukan estimasi keadaan baterai yang akurat berdasarkan pengukuran parameter setiap sel baterai dengan jumlah yang banyak pada susunan seri paralel. Pada kondisi operasi nyata, dapat terjadi permasalahan SBPE akibat perbedaan tegangan ataupun suhu antar sel baterai dan SBPE akan menghasilkan panas dengan cepat saat siklus pengisian atau pengosongan dilakukan pada level arus yang tinggi. Seiring berjalannya waktu, kondisi tersebut dapat mengurangi masa guna SBPE secara keseluruhan.

Sebagai bagian dari infrastruktur *smartgrid* / jaringan listrik cerdas, infrastruktur SBPE harus lebih "*smart*" dibanding penggunaan di masa lampau yang biasanya dioperasikan dengan konsep *run to fail*. Jaringan listrik cerdas merupakan sistem yang kompleks dimana berbagai sistem saling berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain. Mikrogrid cerdas adalah salah satu aplikasi jaringan listrik cerdas yang dapat digunakan untuk integrasi pembangkit energi terbarukan, SBPE, jala-jala listrik dan beban listrik. Permasalahannya adalah bagaimanakah sebuah SMB pada SBPE dapat terintegrasi pada sistem jaringan listrik cerdas. Diperlukan sebuah kerangka kerja SMB yang dapat mengintegrasikan SBPE pada mikrogrid cerdas agar mudah dikelola, fleksibel untuk dikembangkan dan dapat memberikan informasi yang tepat untuk perancangan, pengoperasian dan pemeliharaan.

Pada penelitian ini, telah dikembangkan model arsitektur sistem manajemen baterai cerdas (MASMBC) untuk pemantauan dan peningkatan kondisi SBPE pada aplikasi mikrogrid cerdas. MASMBC tersebut terdiri dari lima lapisan interoperabilitas yaitu Lapisan Bisnis, Fungsional, Informasi, Komunikasi dan Komponen. Setiap lapisan menjelaskan bagaimana interaksi SMB agar dapat digunakan untuk pemantauan kondisi dan peningkatan kinerja SBPE. Fungsi

pemantauan kondisi dapat dimanfaatkan sebagai indikasi sebelum kegagalan terjadi, diagnosis saat kegagalan terjadi dan mencari akar permasalahan setelah kegagalan terjadi, sehingga dapat dilakukan koreksi dan rekomendasi untuk menghindari kegagalan yang lebih parah.

Pada lapisan komponen telah dikembangkan SMB dengan konfigurasi modular yang terdiri dari papan sel, modul lokal untuk akuisisi data, modul pusat untuk layanan basis data dengan menggunakan sistem tertanam. Pada lapisan fungsional telah dikembangkan algoritma untuk fungsi pemantauan, proteksi, estimasi kondisi, manajemen termal dan penyetimbang sel aktif. Pengembangan algoritma estimasi kondisi muatan (KM) dilakukan pada modul baterai timbal dan lithium dengan menggunakan metode perhitungan coulomb dan regresi vektor pendukung (RVP). Pada lapisan komunikasi dikembangkan algoritma protokol komunikasi *onewire* pada papan sel dan pemanfaatan protokol komunikasi SMA-COM, Modbus dan TCP/IP pada modul lokal dan modul pusat.

Lapisan interoperabilitas SMB yang telah diimplementasikan untuk pemantauan dan peningkatan SBPE pada mikrogrid cerdas dinilai level 4 (optimasi) berdasarkan kriteria MASBMC. Algoritma pemantauan kondisi dikembangkan mulai dari akuisisi data, komunikasi data, basis data dan estimasi kondisi SBPE yang diimplementasikan pada sistem tertanam. Fungsi pemantauan kondisi telah mampu mengukur dan menyimpan parameter kondisi baterai mulai dari 14 Februari 2014 sampai dengan 24 Januari 2019 sebanyak 2.125.004 baris data dengan ketersediaan data sebesar 82%. Fungsi pemantauan kondisi tersebut juga telah berhasil menunjukkan adanya ketidakseimbangan tegangan dan suhu, serta dapat digunakan untuk analisis deteriorasi kondisi baterai. Walaupun baterai yang diuji mempunyai tipe, karakteristik dan diperlakukan sama saat proses pemakaian dan pengisian, hasil menunjukkan adanya perbedaan respon saat kondisi operasional nyata.

Peningkatan kinerja SBPE pada mikrogrid cerdas dilakukan berdasarkan analisis penurunan kapasitas, laju perubahan tegangan dan suhu serta dilakukan faktor koreksi parameter kerja SMB untuk memperpanjang waktu guna SBPE. Dari hasil analisis pemantauan kondisi SBPE selama 28 hari dengan waktu cacah setiap satu menit, diketahui perubahan suhu baterai pada string 1, urutan baterai 3 dan 4 sangat sensitif bila ada perubahan tegangan saat proses pemakaian dan pengisian. Diketahui terdapat hubungan antara laju perubahan tegangan dan suhu, dimana direkomendasikan laju perubahan suhu dan tegangan SBPE yang dapat diterima adalah di bawah 0.5°C per menit dan di bawah 3,0V per menit pada setiap baterai. Dengan melakukan faktor koreksi parameter-parameter SMB, waktu guna SBPE dapat diperpanjang dari 448 hari menjadi 1088 hari atau 2,43 kalinya, dan dengan melakukan penggantian 1 baterai pada SBPE, keseluruhan waktu gunanya menjadi 1456 hari sampai dengan titik akhir deteriorasi dimana SBPE benar-benar tidak bisa beroperasi lagi pada mikrogrid cerdas.

Kata Kunci : sistem baterai penyimpan energi, sistem manajemen baterai, peningkatan kinerja, model arsitektur, mikrogrid cerdas

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SMART BATTERY MANAGEMENT SYSTEM ARCHITECTURE MODEL FOR ENERGY STORAGE CONDITION MONITORING AND IMPROVEMENT

By

Irsyad Nashirul Haq

NIM: 33313004

(Doctoral Program in Engineering Physics)

Battery management system (SMB) is required to handle operating dynamics, performance improvement and to extend the useful life of battery energy storage system (BESS). The charging or discharging process of BESS outside of safe operating areas (SOA) can reduce performance and shorten battery useful life. The challenge is how to accurately estimate the state of the BESS based on the measurement of the parameters of each battery cell in large numbers in series parallel arrangement. In real operating conditions, this arrangement can cause problems in voltage or temperature differences between battery cells and will produce heat during the charging or discharging cycles at high current levels. Over time, these conditions can reduce the useful lifetime of the BESS.

As an infrastructure of smart grid, BESS should become even smarter in the future compared to the past which is usually operated with the concept of run to fail operation. Smart grid is complex system where various systems interact and influence each other. Smart microgrid is one of the systems to integrate renewable energy generations, BESS, electricity grids and electricity loads. The main problem is how a BMS on the BESS can be integrated into a smart microgrid system. A BMS framework is needed to integrate BESS to a smart microgrid so that it is easy to manage, flexible to develop and can provide the right information for design, operation and maintenance.

In this research, a framework of smart battery management system architectural model (SBMSAM) has been developed for condition monitoring and improvement the BESS in smart microgrid application. The SBMSAM consists of five interoperability layers which are Business, Functional, Information, Communication, and Components Layer. Each layer explains the interaction of the BMS's to perform the it's functionality. The BMS's condition monitoring function can be used for failure indication, diagnostic and root cause analysis so the corrections and recommendations can be made to avoid more severe failures.

The BMS's component layer has been developed with a modular configuration consisting of cellboards, local module for data acquisition, central module using an embedded system for database services. In functional layer, algoritm for

monitoring, protection, state estimation, thermal management, active cell balancing has been developed. The State Of Charge (SOC) estimation was carried out for lead acid and lithium batteries using the coulomb counting and support vector regression methods. In the communication layers has been developed algorithm for onewire protocol on cell boards, utilization of SMA-COM, Modbus and TCP/IP data communication from local modules to central module.

The BMS's interoperability layer has been implemented for condition monitoring and improvement of BESS on smart microgrid which is rated at level 4 (optimization) based on MASBMC criteria. The condition monitoring algorithm was developed, starting from data acquisition, data communication, database and state estimation of BESS that were implemented on embedded systems. The condition monitoring function has been able to measure and store battery condition parameters from 14 February 2014 to 24 January 2019 with 2,125,004 data with 82% of data availability. The condition monitoring function has succeeded in showing unbalanced voltage and temperature, and also used to analyze the deterioration of battery conditions. Even though the batteries have the same type, characteristics and were treated the same, the result shows there were difference responses in real operating condition.

The BESS's performance improvement on smart microgrid system was carried out based on an analysis of capacity degradation, voltage and temperature rate of changes and the BMS parameter correction was carried out to extend usefull lifetime. The results of the condition monitoring analysis of BESS for 28 days with one minute sampling time, the battery temperature changes in string 1 #3 and #4 are very sensitive to voltage changes during charging or discharging proses. There is a relationship between the voltage rate of change and temperature rate of change. The acceptable temperature and voltage rate of changes in BESS operation condition is below 0.5°C per minute and below 3.0V per minute on each battery. By making correction to the BMS operating parameters, the BESS's usefull lifetime can be extended from 448 days to 1088 days or 2.43 times, and by replacing one battery, the BESS's overall usefull lifetime can be extended to 1456 days until the end of the deterioration point where the BESS can't be operate anymore on smart microgrid.

Keywords: *battery energy storage system, battery management system, performance improvement, architechture model, smart microgrid*