

ABSTRACT

The continuous consumption of fossil fuels in electrical power generation due to increasing load demand contributed in causing dire environmental impacts. This has directed to developing sustainable hybrid microgrids consisting of multiple distributed generations (DGs). DGs include renewable energy resources (RES) such as Run of River (RoR) small-hydro and solar Photovoltaic (PV) generations along with conventional generation. Integrated large shares of RES in hybrid microgrids help in minimizing emissions and operation cost of the power system to achieve an environment-friendly ecosystem. RoR small-hydro and solar PV generation vary depending on variable solar irradiance and water discharge respectively. Solar irradiance and water discharge vary during the day depending on the weather, such as sunny hours, clouds, rainfall and others. Intermittency and uncertainty nature of these energy sources in a hybrid microgrid makes energy dispatch a challenging problem. Therefore, this thesis presents an optimal energy generation scheduling to minimize the total power system operation cost. A mathematical model of RoR small-hydro and solar PV is proposed in this thesis to formulate a stochastic scheduling model. The model is solved using the chance constrained method and fitted into a Mixed Integer Linear Programming (MILP) approach. Solar irradiance and water discharge are modeled as stochastic random variables and simulated using the Autoregressive Moving Average (ARMA) method. The uncertainty of solar irradiance and water discharge are modeled using Probability Density Functions (PDFs). Chance constrained stochastic optimization method is employed to guarantee that power balance probability is equal to or greater than a predefined confidence level. Finally, the applicability of the proposed hybrid microgrid generation scheduling model is demonstrated through numerical simulations over 24-hour and 168-hour dispatch. The model is tested on four standard testbed systems IEEE

6-bus test system, IEEE 14-bus modified test system, IEEE 24-bus Reliability Test System (RTS) and 69-bus Microgrid Test System. Results show that increasing the penetration level of solar PV and RoR small-hydro generations in the microgrid will minimize total operation cost. Also, modeling solar PV and RoR small-hydro as stochastic RES is reflecting the intermittency nature of solar irradiance and water discharge when compared with capacity credit modeling. Using multiple RES in a hybrid microgrid makes the microgrid more dispatchable and increases power system reliability with lower operation cost. Finally, the right choice of the PDF that best fit the solar irradiance and water discharge data is affecting the optimal solution of the generation scheduling problem.

Keywords: Microgrid, generation scheduling, RoR small-hydro, solar PV, Renewable Energy Resources (RES)

Penjadualan Stokastik Mikrogrid dengan PV Suria Tahap Penembusan Tinggi dan Penjanaan Hidro Sungai

ABSTRAK

Penggunaan bahan api fosil yang berterusan dalam penjanaan tenaga elektrik atas permintaan yang meningkat telah membawa kesan buruk terhadap alam sekitar. Oleh itu, perkembangan mikrogrid hibrid lestari yang terdiri daripada pelbagai penjana elektrik yang boleh diedarkan (DG). DG merangkumi pelbagai sumber tenaga boleh diperbaharui (RES) seperti Generasi Fotovoltaiik (PV) dan penjanaan hidro kecil “Run of River” (RoR) bersama dengan generasi konvensional. Sebilangan besar RES yang terintegrasi dalam mikrogrid hibrid dapat meminimumkan pelepasan dan kos operasi dalam sistem kuasa untuk mencapai ekosistem yang mesra alam. Penjanaan hidro kecil dan PV suria adalah masing-masing bergantung kepada pergerakan air sungai dan penyinaran suria. Pancaran cahaya matahari dan pergerakan air adalah berbeza atas faktor seperti waktu cerah, awan, hujan dan keadaan cuaca yang lain. Keadaan ketidakpastian sumber tenaga ini menyebabkan penghantaran tenaga menjadi masalah yang mencabar. Tesis ini mengkaji penjadualan penjanaan tenaga yang optimum untuk meminimumkan jumlah kos operasi sistem tenaga. Model matematik kepada RoR hidro kecil dan PV suria dicadangkan dalam tesis ini untuk merancang jadual operasi setiap jam menggunakan pendekatan “Mixed Integer Linear Programming (MILP)”. Sinaran suria dan pelepasan air dimodelkan sebagai stokastik boleh-ubah dan disimulasikan dengan kaedah “Autoregressive Moving Average (ARMA)”. Ketidakpastian sinaran matahari dan pelepasan air dimodelkan menggunakan “Probability Density Functions (PDF)”. Kaedah pengoptimuman stokastik digunakan untuk menjamin kebarangkalian keseimbangan daya adalah sama dengan atau lebih besar daripada tahap keyakinan yang telah ditentukan. Akhirnya, kebolehlaksanaan model penjadualan generasi

mikro hibrid yang dicadangkan ditunjukkan melalui simulasi berangka selama penghantaran 24 jam dan 168 jam. Model ini diuji pada empat sistem standard iaitu IEEE 6-bus test system, IEEE 14-bus modified test system, IEEE 24-bus Reliability Test System (RTS), dan 69-bus Microgrid Test System. Hasil kajian menunjukkan bahawa peningkatan tahap penjanaan PV suria dan hidro kecil di mikrogrid dapat meminimumkan jumlah kos operasi. Selain itu, pemodelan PV suria dan hidro kecil RoR sebagai stokastik RES mencerminkan sifat ketidakpastian untuk sinaran matahari dan pelepasan air jika dibandingkan dengan pemodelan kredit kapasiti. Penggunaan pelbagai RES dalam mikrogrid hibrid dapat meningkatkan kebolehpercayaan sistem kuasa dengan kos operasi yang lebih rendah. Akhirnya, pilihan PDF yang tepat dan sesuai melalui data penyinaran suria dan data pelepasan air mempengaruhi penyelesaian masalah penjadualan penjanaan yang optimum.

Kata kunci: *Mickogrid, penjadualan penjanaan, RoR hidro kecil, PV solar, sumber tenaga boleh diperbaharui (RES)*