

ABSTRAK

Sistem *microgrid* modern berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) mengalami masalah kurangnya inersia akibat dominasi sumber energi inverter yang tidak memiliki massa berputar. Metode *synchronverter* dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini dengan meniru karakteristik generator sinkron menggunakan parameter inersia virtual (J) dan penguat kendali tegangan (K). Namun, *synchronverter* konvensional menggunakan nilai J dan K yang konstan, sehingga kurang adaptif terhadap variasi kondisi operasi *microgrid* yang dinamis. Penelitian ini mengembangkan *adaptive synchronverter* yang secara dinamis menyesuaikan parameter J dan K menggunakan algoritma pembelajaran *Q-learning*. Metode yang digunakan adalah membandingkan pengaruh kendali *synchronverter* konvensional dan adaptif pada *microgrid* multi-pembangkit, dengan analisis parameter J dan K secara terpisah. Pengujian dilakukan pada sistem *islanded microgrid* yang terdiri atas sumber dc PLTS-baterai, PLTB berbasis *squirrel cage induction generator* (SCIG), inverter *three-phase three-level neutral point clamped* (NPC), filter LCL, dan beban lokal, dengan skenario perubahan beban dan variasi kecepatan angin. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan metrik *error* frekuensi dan *error* tegangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *adaptive synchronverter* mampu menurunkan *error* frekuensi maksimum hingga 33,33% dan *error* tegangan maksimum hingga 12,5% dibandingkan *synchronverter* konvensional. Pengurangan ini dihitung sebagai penurunan *error relatif* terhadap *error baseline* dari *synchronverter* konvensional pada setiap skenario, sehingga secara langsung merepresentasikan peningkatan kinerja kontrol frekuensi dan tegangan yang dihasilkan oleh *adaptive synchronverter*. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan kendali *microgrid* yang cerdas dan adaptif untuk mendukung integrasi EBT secara lebih efektif.

Kata kunci- *Adaptive Synchronverter*, *Q-learning*, Inersia Virtual, *Microgrid*, Energi Baru Terbarukan (EBT), Kendali Kestabilan, Frekuensi, Tegangan, Sistem Multi-Pembangkit

ABSTRACT

Modern microgrid systems based on renewable energy sources suffer from reduced inertia due to the dominance of inverter-based resources that lack rotating mass. The synchronverter methodology was developed to address this issue by emulating the behavior of synchronous generators using virtual inertia (J) and voltage control gain (K) parameters. However, conventional synchronverters employ fixed values of J and K, making them less adaptive to the dynamically changing operating conditions of microgrids. This study proposes an adaptive synchronverter that dynamically adjusts the J and K parameters using a Q-learning-based reinforcement learning algorithm. The proposed method compares the influence of conventional and adaptive synchronverter control in a multi-source microgrid, with separate analyses for the J and K parameters. The system is tested on an islanded microgrid consisting of a DC source from a solar PV-battery system, a wind power plant based on a squirrel cage induction generator (SCIG), a three-phase three-level neutral point clamped (NPC) inverter, an LCL filter, and local loads. The testing scenarios include load variations and wind speed fluctuations. System performance is evaluated using frequency error and voltage error metrics. Simulation results show that the adaptive synchronverter reduces the maximum frequency error by up to 33.33% and the maximum voltage error by up to 12.5% compared to the conventional synchronverter. These reductions are calculated as relative error decreases with respect to the baseline error of the conventional synchronverter in each scenario, thereby directly reflecting the improvement in frequency and voltage control performance achieved by the adaptive synchronverter. This research provides a significant contribution to the development of intelligent and adaptive microgrid control to support more effective integration of renewable energy sources.

Keyword- Adaptive Synchronverter, Q-learning, Virtual Inertia, Microgrid, Renewable Energy, Stability Control, Frequency, Voltage, Multi-generation System