

ABSTRAK

Pertumbuhan pesat sumber energi baru terbarukan (EBT) dalam sistem tenaga listrik berakibat pada pergantian teknologi dari pembangkit sinkron ke sumber daya berbasis *inverters* (IBR). Meskipun transisi ini berkontribusi pada pengurangan emisi karbon, hal ini juga menjadi tantangan baru pada stabilitas, khususnya stabilitas akibat gangguan kecil. *Grid-following inverters* memainkan peran penting dalam mengintegrasikan EBT dengan grid, dengan mengandalkan mekanisme sinkronisasi berbasis *phase-locked loop* (PLL) tegangan untuk mengontrol daya aktif dan reaktif agar sesuai dengan grid. Stabilitas akibat gangguan kecil menjadi dominan terjadi saat perangkat elektronik seperti *inverter* terkoneksi pada grid. Banyak faktor yang melatarbelakangi gangguan kecil yang terjadi seperti penyesuaian parameter kontrol, impedansi grid, sampai titik operasi *inverter*. Thesis ini akan membahas analisa stabilitas pada model GFL *inverters* dalam berbagai skenario, menggunakan model analitis yang dikembangkan dalam kerangka referensi *dq*. Model yang diusulkan mencakup bagian-bagian penting seperti PLL, *outer-loop* dan *inner-current loop*, saluran transmisi, dan LC-filters. Penilaian stabilitas dilakukan menggunakan analisis modal berbasis *eigenvalue* untuk mengevaluasi perilaku dinamis sistem dan mengidentifikasi parameter-parameter yang memengaruhi stabilitas. Simulasi pada domain waktu mendukung analisis frekuensi dengan analisis modal, menunjukkan kemampuannya dalam menjaga stabilitas tegangan dan merespons gangguan secara efektif. Hasil penelitian mendapatkan pentingnya parameter yang tepat dan penerapan analisis stabilitas sinyal kecil untuk memastikan operasi GFL *inverter* yang andal dalam sistem tenaga masa depan dengan penetrasi *inverter* yang tinggi.

Kata kunci – *inverter-based resource, grid-following inverter, eigenvalue, small signal stability*

ABSTRACT

The rapid growth of renewable energy sources (RES) in power systems has resulted in a technological shift from synchronous generators to inverter-based resources (IBRs). Although this transition contributes to reducing carbon emissions, it also introduces new challenges in terms of stability, particularly small-signal stability. Grid-following inverters play a vital role in integrating RES into the grid, relying on voltage-based synchronization mechanisms through a phase-locked loop (PLL) to control active and reactive power in accordance with the grid. Small-signal stability becomes a predominant issue as power electronic devices such as inverters are connected to the grid. Many factors contribute to these disturbances, including control parameter settings, grid impedance, and the operating point of the inverter. This thesis presents a stability analysis of GFL inverters under various scenarios, using an analytical model developed in the dq reference frame. The proposed model includes key components such as the PLL, outer-loop and inner-current loop, transmission line, and LC filters. Stability assessment is performed using eigenvalue-based modal analysis to evaluate the system's dynamic behavior and to identify parameters that affect stability. Time-domain simulations support the frequency-domain modal analysis, demonstrating the system's ability to maintain voltage stability and effectively respond to disturbances. The findings emphasize the importance of proper parameter selection and the application of small-signal stability analysis to ensure reliable operation of GFL inverters in future power systems with high inverter penetration.

Keywords – *inverter-based resource, grid-following inverter, eigenvalue, small signal stability*