UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dynamic Modeling and Real-Time Simulation Validation of Dispatchable Virtual Oscillator Controlled Grid-Forming Inverters
Naufal Anwar Ariyanto, Husni Rois Ali, S.T., M.Emg., Ph.D., DIC., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T., M.E
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Dekarbonisasi sektor tenaga listrik mendorong peningkatan penggunaan energi terbarukan dan menggeser pembangkitan dari generator sinkron menuju sumber berbasis inverter atau *inverter-based resource* (IBR). Pergeseran ini mengurangi inersia sistem serta dukungan tegangan dan frekuensi yang biasanya diberikan oleh generator sinkron. Kondisi tersebut menimbulkan tantangan terhadap stabilitas sistem tenaga. Kendali *grid-forming* (GFM) menjadi salah satu solusi karena memungkinkan inverter membentuk tegangan dan frekuensinya sendiri. Salah satu strategi GFM adalah *Dispatchable Virtual Oscillator Control* (dVOC), yang mampu membentuk tegangan sekaligus mengatur *setpoint* daya aktif dan reaktif.

Penelitian ini mengembangkan model dinamis inverter *grid-forming* berbasis dVOC. Model terdiri atas pembangkit referensi dVOC, pengendali tegangan-arus bertingkat, dan pengendali restorasi tegangan adaptif berbasis penguatan *alpha*. Model diimplementasikan pada MATLAB/Simulink, kemudian dimodelkan ulang pada PLECS untuk pengujian simulasi waktu nyata (*real-time simulation*) menggunakan PLECS RT Box. Kinerja inverter diuji pada respons tunak dan respons dinamis terhadap gangguan sisi jaringan, yaitu *voltage dip*, *voltage drop*, perubahan frekuensi, dan *phase jump*. Pengujian dilakukan pada kondisi jaringan lemah, sedang, dan kuat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguatan restorasi tegangan menjadi parameter utama yang memengaruhi keseimbangan antara akurasi pengiriman daya dan dukungan tegangan. Kekuatan jaringan juga memengaruhi besar transien yang terjadi, dengan gangguan *phase jump* pada jaringan kuat menghasilkan respons transien paling signifikan. Selain itu, inverter berbasis dVOC menunjukkan karakteristik *droop* daya aktif–frekuensi secara inheren. Pada seluruh kondisi pengujian, pengendali restorasi tegangan adaptif mampu mempertahankan tegangan terminal dan menjaga stabilitas sistem.

Validasi simulasi waktu nyata menunjukkan bahwa kendali *grid-forming* berbasis dVOC yang dikembangkan mampu menjaga stabilitas sistem pada kondisi jaringan lemah hingga kuat. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat digunakan sebagai dasar untuk implementasi perangkat keras inverter *grid-forming* berbasis dVOC pada sistem tenaga dengan penetrasi energi terbarukan yang tinggi.

Kata kunci : *grid-forming inverter*, *Dispatchable Virtual Oscillator Control*, *dVOC*, simulasi waktu nyata, *PLECS RT Box*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dynamic Modeling and Real-Time Simulation Validation of Dispatchable Virtual Oscillator Controlled Grid-Forming Inverters
Naufal Anwar Ariyanto, Husni Rois Ali, S.T., M.Emg., Ph.D., DIC., SMIEEE. ; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T., M.E
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The decarbonization of the electric power sector increases the use of renewable energy and shifts power generation from synchronous generators toward inverter-based resources (IBRs). This shift reduces system inertia as well as the voltage and frequency support normally provided by synchronous generators. As a result, new challenges arise in power-system stability. Grid-forming (GFM) control is one solution because it allows an inverter to establish its own voltage and frequency. One GFM strategy is Dispatchable Virtual Oscillator Control (dVOC), which can form voltage while regulating active- and reactive-power setpoints.

This research develops a dynamic model of a dVOC-based grid-forming inverter. The model consists of a dVOC reference generator, a cascaded voltage-current controller, and an adaptive voltage-restoration controller based on the alpha gain. The model is implemented in MATLAB/Simulink and then remodeled in PLECS for real-time simulation testing using the PLECS RT Box. The inverter performance is tested under steady-state and dynamic conditions against grid-side disturbances, including voltage dips, voltage drops, frequency changes, and phase jumps. The tests are carried out under weak, medium, and strong grid conditions.

The results show that the voltage-restoration gain is the main parameter affecting the balance between power-dispatch accuracy and voltage support. Grid strength also affects the magnitude of the transient response, with the phase-jump disturbance under strong-grid conditions producing the most significant transient. In addition, the dVOC-based inverter shows an inherent active-power–frequency droop characteristic. In all test conditions, the adaptive voltage-restoration controller is able to maintain terminal voltage and preserve system stability.

Real-time simulation validation shows that the developed dVOC-based grid-forming control can maintain system stability under weak to strong grid conditions. These results indicate that the developed model can be used as a basis for hardware implementation of dVOC-based grid-forming inverters in power systems with high renewable-energy penetration.

Keywords : *grid-forming inverter, Dispatchable Virtual Oscillator Control, dVOC, real-time simulation, PLECS RT Box.*