

ABSTRACT

State information of a power system is crucial for monitoring, control, and fault detection. However, limitations in directly measuring the state information of synchronous generators pose significant technical challenges. These technical challenges have prompted the development of accurate and real-time state estimation methods to enhance power system monitoring and maintain stability.

This study aims to develop a state estimator for a sub-transient synchronous generator model and its controller and evaluate its performance under various operating conditions and noise. A Dynamic State Estimation (DSE) method with a sub-transient model and Extended Kalman Filter (EKF) is proposed for accurate and real-time dynamic state estimation of synchronous generators using only terminal measurements. The sub-transient model effectively captures the dynamic behavior of synchronous generators, while the EKF offers accurate and efficient state estimation through a two-stage process: prediction and correction.

Simulation results on various test scenarios demonstrate the effectiveness of the EKF method in generating accurate state estimates with low Mean Square Error (MSE) values, thereby enhancing power system stability and reliability. Notably, the *unstable fault* scenario has the smallest MSE value, with an MSE of 4.41×10^{-9} . Meanwhile, the simulation combining process and measurement noise produces the largest MSE value, with an MSE of 1.19×10^{-1} . highlight the capability of the proposed EKF approach to provide accurate state estimation for sub-transient synchronous generator models using only terminal measurements.

Keywords: *Power System Stability, Synchronous Generator, Dynamic State Estimation, Extended Kalman Filter, Sub-Transient Model*

INTISARI

Informasi keadaan (*state*) sangat penting untuk pemantauan, pengendalian, dan deteksi gangguan dalam sistem tenaga. Namun, keterbatasan informasi *state* generator sinkron sering kali menghambat pengukuran langsung dari informasi ini. Tantangan teknis ini telah mendorong pengembangan metode estimasi *state* yang akurat dan *real-time* untuk meningkatkan pemantauan sistem tenaga dan menjaga stabilitasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat estimasi *state* untuk model generator sinkron sub-transien dan pengendalinya serta mengevaluasi kinerjanya di berbagai kondisi operasi dan gangguan. Sebuah metode *Dynamic State Estimation* (DSE) dengan model sub-transien dan *Extended Kalman Filter* (EKF) diusulkan untuk estimasi *state* dinamis yang akurat dan *real-time* dari generator sinkron hanya dengan menggunakan pengukuran terminal. Model sub-transien bagus dalam merepresentasikan perilaku dinamis generator sinkron, sementara EKF memberikan estimasi *state* yang akurat dan efisien. Proses estimasi EKF terdiri dari dua tahap utama: prediksi dan koreksi.

Hasil simulasi pada berbagai skenario uji menunjukkan efektivitas metode EKF dalam menghasilkan estimasi *state* yang akurat dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang rendah, sehingga meningkatkan stabilitas dan keandalan sistem tenaga. Secara keseluruhan, skenario *unstable fault* memiliki nilai MSE terkecil dengan nilai MSE sebesar $4,41 \times 10^{-9}$. Adapun simulasi dengan kombinasi derau proses dan pengukuran menghasilkan nilai MSE terbesar dengan nilai MSE sebesar $1,19 \times 10^{-1}$. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan EKF yang diusulkan dapat memberikan estimasi *state* yang akurat untuk model generator sinkron sub-transien hanya dengan menggunakan pengukuran terminal.

Kata kunci – *Stabilitas Sistem Tenaga, Generator Sinkron, Estimasi State Dinamis, Extended Kalman Filter, Model Sub-Transien*