

ABSTRACT

The reliable operation of a power system depends on the ability to maintain frequency within a specified range. The high penetration of variable renewable energy (VRE) generation has presented some challenges for power system operators to maintain system reliability. The VRE generation is electrically isolated from the power system and therefore cannot contribute to system inertia. In addition, without special control devices, variable renewable energy generations do not provide frequency response capabilities.

One of the procedures for power system operation planning is the scheduling of generators or unit commitment (UC). Frequency-constrained UC can be a solution for increasing the penetration of variable renewable energy generation. This research will focus on how the UC can guarantee the operation of a power system in terms of frequency response. In addition, power system planning also needs to take into account the safety of the transmission system.

Based on the optimization results, UC with taking into account the constraints of nadir frequency and rate of change of frequency (RoCoF) produces scheduling by maintaining the number of online generators at a certain number. This aims to increase the inertia of the system and increase the distribution of contingencies reserve. Based on the simulation results, the frequency-constrained UC is able to keep the RoCoF and nadir frequencies within predetermined limits. In addition, the post-contingency power flow restraint on the UC ensures the safety of the transmission system, both in normal and contingency states.

Frequency and transmission system security can be maintained in a system with high variable renewable energy penetration by implementing a frequency-and-security-constrained UC (FSCUC) model. In fact, the level of penetration of wind power can reach up to 71% in the system tested. However, the higher the penetration level, the higher the regulatory cost.

Keywords – unit commitment, frequency response, frequency regulation, power flow, renewable energy penetration.

INTISARI

Operasi sistem tenaga listrik yang andal bergantung pada kemampuan untuk menjaga nilai frekuensi pada rentang yang ditentukan. Tingginya penetrasi pembangkit energi baru terbarukan (EBT) intermiten menjadi tantangan bagi operator sistem tenaga listrik untuk menjaga keandalan sistem dari sisi frekuensi. Pembangkit EBT intermiten terpisah secara kelistrikan dari sistem, sehingga tidak dapat berkontribusi terhadap inersia sistem. Ditambah lagi, tanpa perangkat kendali khusus, pembangkit EBT intermiten tidak memiliki kemampuan respons frekuensi.

Salah satu prosedur dalam perencanaan operasi sistem tenaga listrik adalah penjadwalan pembangkit atau unit *commitment* (UC). Penjadwalan pembangkit dengan kekangan frekuensi dapat menjadi solusi dari pengingkatan penetrasi pembangkit EBT intermiten. Penelitian ini membahas bagaimana skema UC dapat menjamin operasi sistem terkait dengan respons frekuensi. Selain itu, perencanaan sistem juga perlu mempertimbangkan keamanan sistem transmisi.

Berdasarkan hasil optimisasi, UC dengan mempertimbangkan kekangan frekuensi nadir dan *rate of change of frequency* (RoCoF) menghasilkan penjadwalan dengan menjaga pembangkit *online* pada jumlah tertentu. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan inersia sistem dan meningkatkan persebaran *reserve*. Berdasarkan hasil simulasi, nilai RoCoF dan frekuensi nadir dapat dijaga tetap berada pada batas yang ditentukan. Di samping itu, kekangan aliran daya pasca kontingensi pada UC mampu memastikan keamanan sistem transmisi, baik dalam keadaan normal maupun dalam keadaan kontingensi.

Pada sistem dengan penetrasi EBT intermiten yang tinggi, keamanan frekuensi dan sistem transmisi mampu dijaga dengan mengimplementasikan model *frequency-and-security-constrained* UC (FSCUC). Bahkan, level penetrasi PLTB dapat mencapai 71% pada sistem yang diuji. Namun, semakin tinggi level penetrasi, semakin tinggi biaya regulasi yang diperlukan.

Kata kunci — penjadwalan pembangkit, respons frekuensi, regulasi frekuensi, aliran daya, penetrasi EBT