

ABSTRACT

Hybrid trains utilize the dc bus voltage to integrate multiple sources of energy, such as generators on the ac side and batteries connected to the dc bus. To maintain voltage stability, a PWM rectifier is required to connect the generator to the dc bus and regulate the dc voltage. The PWM rectifier's proper functioning requires a control system and impedance parameter values. The control system aims to regulate current and voltage output of the PWM rectifier to meet load and battery charging requirements. The PWM rectifier has an impedance consisting of an input inductor serving as a filter and an output capacitor functioning as a buffer for efficient operation. In practical applications, the PWM rectifier control system and generator impedance value may not meet or sometimes exceed the requirements. Furthermore, the installed impedance values may be inaccurate due to the tolerance values of the inductance components. All of these conditions may lead to disturbances such as degraded performance, unstable power transfer, and very large current and voltage ripple values.

To enhance system stability and performance, it is crucial to model the impedance value and control system of the PWM rectifier. This research report presents the necessary inductance and capacitance values for a 180 kW PWM rectifier, as well as the control model used. A 380 V three-phase ac generator, with a specified power output of 180 kW, maintains the dc output voltage of the rectifier at a constant 600 V. The impedance model in this study provides detailed calculations of upper and lower limits of inductance in the abc frame, along with actual values under steady-state conditions. Upper and lower limits are calculated to represent the tolerance of inductor values in the market and the voltage tolerance produced by the generator. This research also models capacitance values on the dc bus. The control system, inductance, and capacitance values undergo testing with various loading variations. The values for the control system, inductance, and capacitance were evaluated across several loading variations.

The results of the simulation show that an increase in inductor values leads to an increase in both current-voltage ripple and drop, while a decrease in inductor values causes a decrease in both current-voltage ripple and drop. At full load, the voltage experiences a 20.54% drop with the maximum limit inductor and a 13.96% drop with the minimum limit inductor. The output voltage's ripple reaches 2.65% at the upper limit and 0.47% at the lower limit. Additionally, the output current ripple at the upper limit inductor reaches 2.68% and 0.54% at the lower limit. The PWM rectifier with inductor L_{\min} produces an inductor ripple current of 2.42%, L_{mkt} of 1.79%, L_{std} of 0.45%, and L_{\max} of 0.41%. The results show that implementing the proposed control and impedance models in a 180 kW PWM rectifier is feasible and ensures stable dc voltage.

Keywords: PWM rectifier control, hybrid train, impedance model

INTISARI

Kereta hibrida menggunakan tegangan bus dc untuk mengintegrasikan beberapa jenis sumber energi, seperti generator sisi ac dan baterai yang terhubung ke bus dc. Untuk menjaga stabilitas tegangan, PWM *rectifier* diperlukan untuk menghubungkan generator ke bus dc dan mengatur tegangan dc. Untuk dapat bekerja dengan baik, PWM *rectifier* membutuhkan sistem kontrol dan nilai parameter impedansi yang sesuai. Sistem kontrol bertujuan untuk mengatur arus keluaran dan tegangan PWM *rectifier*, sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban dan pengisian baterai. PWM *rectifier* memiliki impedansi yang terdiri dari induktor input yang berfungsi sebagai filter dan kapasitor keluaran yang berfungsi sebagai penyangga untuk pengoperasian yang efisien. Namun, pada aplikasi praktisnya, sistem kontrol PWM *rectifier* dan nilai impedansi generator mungkin tidak sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, komponen induktansi juga memiliki nilai toleransi, sehingga nilai impedansi yang terpasang menjadi tidak akurat. Semua kondisi ini dapat menyebabkan gangguan seperti penurunan kinerja, transfer daya yang tidak stabil, dan nilai riak arus dan tegangan yang sangat besar.

Berdasarkan permasalahan di atas, untuk meningkatkan stabilitas dan kinerja PWM *rectifier*, maka pemodelan nilai impedansi dan sistem kendali pada PWM *rectifier* menjadi sangat penting. Laporan penelitian ini menyajikan model kendali dan nilai induktansi dan kapasitansi yang diperlukan untuk PWM *rectifier* 180 kW. Generator ac tiga fase 380 V dengan spesifikasi daya 180 kW, digunakan sebagai sumber daya utama untuk menghasilkan tegangan keluaran dc konstan pada 600 V. Model impedansi dalam penelitian ini memberikan perhitungan terperinci dari batas atas dan bawah induktansi pada kerangka abc, bersama dengan nilai aktual dalam kondisi kondisi *steady*. Batas atas dan bawah dihitung untuk mewakili toleransi nilai induktor di pasar dan toleransi tegangan yang dihasilkan oleh generator. Penelitian ini juga memodelkan nilai kapasitansi pada bus dc. Sistem kontrol, nilai induktansi, dan kapasitansi menjalani pengujian dengan berbagai variasi pembebanan. Sistem kendali, nilai induktansi, dan kapasitansi diuji pada beberapa variasi pembebanan.

Berdasarkan hasil simulasi, riak dan penurunan tegangan-arus meningkat dengan nilai induktor yang lebih besar dan menurun dengan nilai yang lebih kecil. Pada beban 100%, penurunan tegangan adalah 20,54% dengan induktor batas maksimum dan 13,96% dengan induktor batas minimum. Riak tegangan keluaran mencapai 2,65% pada batas atas dan 0,47% pada batas bawah. Sementara itu, riak arus induktor bervariasi untuk masing-masing induktansi, yaitu L_{\min} sebesar 2.42%, L_{mkt} sebesar 1.79%, L_{std} adalah 0.45%, dan L_{\max} sebesar 0.41%. Hasil ini menunjukkan bahwa model kendali dan impedansi yang diusulkan cocok untuk diimplementasikan dalam PWM *rectifier* 180 kW dan memastikan stabilitas tegangan dc.

Kata kunci – Kendali PWM *rectifier*, kereta hibrida, model impedansi.