

ABSTRACT

A dataset shows that 29.5% of small satellite failures are caused by power system failure, while 26% and 16.4% are due to AOCS (*attitude and orbit control system*) and mechanism, respectively. After 5 years in orbit, the failure rate due to the power system increases to 37.2% and reaches 44% after 10 years. This indicates that satellite reliability is heavily influenced by power system reliability. The extreme space environment accelerates PDM (*power distribution module*) degradation, which is satellite a power subsystem. This significantly reduces system reliability. In general, degradation can reduce PDM output capacity and quality. Degradation also caused the dc-dc converter control system on PDM to become inaccurate.

This research proposes two-level approach to enhance PDM reliability. The first approach is PDM architecture design using nonexclusive redundancy and a contingency plan. This approach needs an accurate current sharing mechanism. This approach is supported by implementing current sharing using SMC (sliding mode control) as a second approach to keep current sharing still accurate, although the component was degraded.

The analysis using Montecarlo simulation and reliability block diagram shows that nonexclusive redundancy and the contingency plan enhance satellite operational duration by up to 42%, slowing down the PDM reliability decline, and minimize the difference of capacity reduction on each converter. The first scheme also prevents the converters junction temperature from increasing too high, although the remaining dc-dc converter decreases due to failures. Meanwhile, modeling shows that current control using SMC can ensure accurate voltage regulation with error reaching 0% and current sharing error between dc-dc converters below 10%.

Key words: satellite, power distribution module, reliability, redundancy, current sharing

INTISARI

Data menunjukkan 29,5% kegagalan satelit berukuran kecil diakibatkan oleh sistem daya, sedangkan 26% dan 16,4% lainnya masing-masing disebabkan oleh AOCS (*attitude and orbit control system*) dan mekanisme penggerak. Setelah 5 tahun di orbit, kegagalan akibat sistem daya meningkat menjadi 37,2% dan mencapai lebih dari 44% setelah 10 tahun. Hal ini mengindikasikan reliabilitas satelit sangat dipengaruhi oleh reliabilitas sistem daya. Lingkungan antariksa yang ekstrem mempercepat degradasi PDM (*power distribution module*) atau modul distribusi daya yang merupakan subsistem daya pada satelit. Hal ini secara signifikan menurunkan reliabilitas sistem. Secara umum degradasi dapat menurunkan kapasitas dan kualitas keluaran PDM, degradasi juga dapat menyebabkan sistem kendali konverter dc-dc pada PDM tidak lagi akurat.

Penelitian ini mengusulkan dua pendekatan bertingkat untuk meningkatkan reliabilitas PDM. Pendekatan pertama adalah desain arsitektur PDM menggunakan redundansi non-eksklusif dan rencana kontingensi. Pendekatan ini membutuhkan mekanisme berbagi arus yang presisi. Pendekatan ini didukung oleh pendekatan kedua berupa penerapan kendali berbagi arus dengan SMC (*sliding mode control*) untuk menjaga pembagian arus tetap akurat meskipun terjadi degradasi komponen.

Hasil analisis menggunakan simulasi Montecarlo dan *reliability block diagram* (diagram blok reliabilitas) menunjukkan redundansi non-eksklusif dan rencana kontingensi dapat meningkatkan durasi operasi satelit hingga 42%, memperlambat penurunan reliabilitas PDM, dan meminimalkan perbedaan penurunan kapasitas masing-masing konverter dc-dc. Skema pertama juga mencegah suhu *junction* pada konverter meningkat terlalu tinggi meski jumlah konverter dc-dc daya yang tersedia berkurang akibat kegagalan. Sementara itu pemodelan menunjukkan kendali arus dengan SMC dapat memastikan regulasi tegangan yang akurat dengan galat hingga 0%, dan galat pembagian arus antar konverter dc-dc tidak lebih dari 10%.

Kata kunci: satelit, modul distribusi daya, reliabilitas, redundansi, berbagi arus