

「太陽電池アレイ上の放電が宇宙機電源回路に与える影響の回路シミュレーション解析」 九州工業大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 曙 佐智雄

1. 背景と目的

近年、宇宙機の大型化や長寿命化、軌道の多様化により宇宙機表面、特に太陽電池アレイ部における放電の発生が問題になりつつある。この問題の一つに放電によるサージ電流が挙げられ、時として衛星部品の定格以上のサージ電圧が部品の破壊をもたらす危険性がある。とはいえ部品選定の試験の手間やコストなどを考慮すると、定格決定のためにはサージを含めた放電の影響を安価にかつ適正に評価することが熱望されている。本研究の目的は太陽電池アレイ上での放電が衛星の電源回路系に及ぼす影響を、回路シミュレーションソフトウェア SPICE を用いて解析することである。SPICE とは電気回路をグラフィカルに設計し、容易に過渡応答シミュレーションが可能なツールである。

2. 試験方法

放電が人工衛星の電源に与える影響を調べるためには、人工衛星の各構成要素と放電現象を SPICE で再現する必要がある(図1)。

人工衛星の構成要素は、電力を作る太陽電池アレイ、太陽電池を支えるパネル、仕事をする衛星負荷、太陽電池アレイの電力を負荷へ伝えるケーブル、人工衛星が宇宙にある周辺プラズマに対する容量である。ケーブル、パネルは分布乗数回路を利用した理論計算により電気的等価回路のモデル化を行った(図2,3) 太陽電池アレイについては、信号源を用い、太陽電池アレイの入出力応答を取得して、得られた特性をもとに、その特性を再現する電気的等価回路を SPICE により作成した(図4)。

放電には二つの過程が考えられ、放電の発生と、放電発生により生じたプラズマの伝播である(図5)。放電の発生については、宇宙での人工衛星の太陽電池アレイでの放電を模擬した地上試験と太陽電池アレイの等価回路を利用した SPICE シミュレーションとを比較することにより放電発生回路のモデル化を行った。

太陽電池アレイの電気的等価回路、放電現象の電気的等価回路を利用し、人工衛星の太陽電池パドル1アレイ分が放電により電源回路に与える影響を SPICE シミュレーションにより解析した。

3. 試験結果

人工衛星の太陽電池アレイのマイナス側で放電が起き、そのアーク抵抗が 10Ω とプラズマ伝播抵抗が 100Ω と仮定したときの SPICE シミュレーションを行った。放電のエネルギーとなるのは人工衛星がもつ容量成分と、太陽電池セルの上に貼り付けられたカバーガラスが持つ容量成分が蓄えたエネルギーである。これらの電流経路を調べた結果、衛星負荷に振幅 10V 程度のノイズがのることを SPICE シミュレーションにより予測した(図6)。

4. まとめ

人工衛星の放電現象を回路シミュレーションソフトウェア SPICE により解析し、放電による様々な電流経路や、人工衛星電源回路に与える影響が解析できた。



図1 人工衛星概要

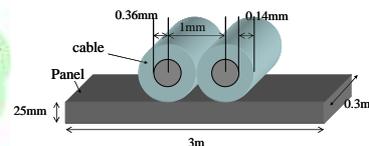


図2 ケーブルとパネルの分布定数での寸法

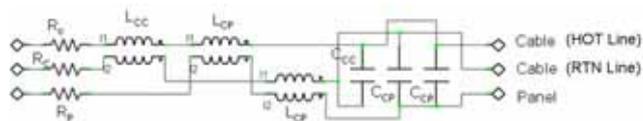


図3 ケーブルとパネルの分布乗数回路(0.3m で一回路)

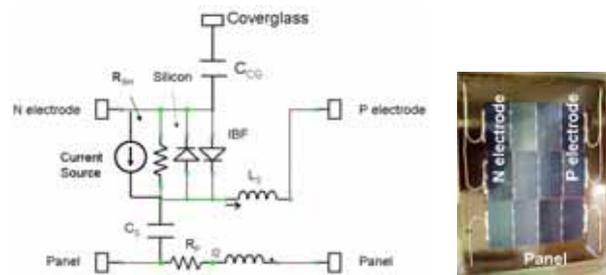


図4 太陽電池アレイの等価回路とサンプル

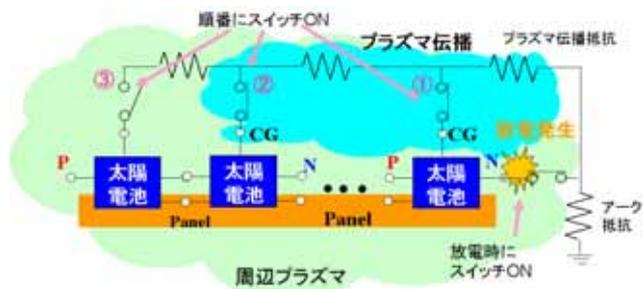


図5 放電発生と放電発生により生じたプラズマの伝播

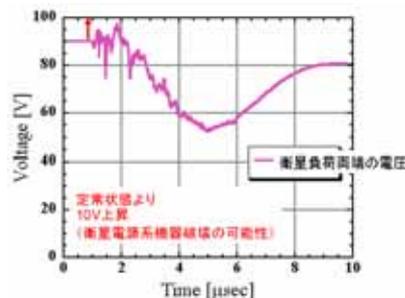


図6 放電による人工衛星負荷への影響

発表業績 ; 5 件

- (国際学会 ; 3 件)
 - (1) 24th International Symposium on Space Technology and Science, 2004
 - (2) 9th Spacecraft Charging Technology Conference, 2005
 - (3) 56th International Astronautical Congress, 2005
- (国内学会 ; 2 件)
 - (4) 第 24 回宇宙エネルギーシンポジウム, 2005
 - (5) 第 49 回宇宙科学技術連合講演会, 2005