

超小型衛星用太陽電池アレイ上における沿面放電時のバス電圧上昇に関する研究

指導教員：豊田和弘 17108015 大迫泰平

1.研究背景と目的

近年は小型衛星の開発が活発化してきている。これまで行われてきた宇宙機に関する研究の多くが大規模な宇宙機の場合についてであり、超小型衛星規模の場合での影響については不明な部分も多い。その一つが宇宙機上の放電現象である。放電現象によってバス電圧の急激な上昇が引き起こされ、測定用機器の故障などの影響が出る可能性がある。最悪の場合で宇宙機の運用停止も考えられる。本論文では超小型衛星に搭載される規模の太陽電池パネル上での沿面放電によるバス電圧上昇について研究を行った。

2.実験内容

沿面放電によるバス電圧上昇はバスキャパシタンスによってある程度抑制されることが分かっている。超小型衛星規模でどの程度のキャパシタンスであれば十分に電圧上昇を抑制できるか調査した。ツェナーダイオードによる電圧上昇抑制が有効であるかを調べた。さらに実験において放電電流遮断時の瞬間的な電圧上昇が確認されたため、その結果についてもまとめている。

3.実験結果

3.1 キャパシタによる電圧上昇抑制

衛星模擬回路に挿入するキャパシタを変化させたところ、 100nF ~ $10\mu\text{F}$ の容量の時に電圧上昇幅が大きく変化した。また、 $10\mu\text{F}$ 以上になるとそれ以上の変化はほとんど見られなかった。

3.2 ツェナーダイオードによる電圧上昇抑制

3.6V のツェナーダイオードを挿入して実験を行ったところ、放電電流が流れる $25\mu\text{s}$ 程度の間、 3.6V を大きく超える電圧上昇が確認され、十分な抑制効果は得られなかった。

3.3 電流遮断時の電圧上昇

電流遮断時の電流落差と電圧電圧上昇幅の関係に相関関係がみられ、回路インダクタンスによる電圧上昇が発生していると考えられる。

4.まとめ

本研究でのバス電圧上昇抑制効果は 1.8V 程度が上限であった。また回路インダクタンスによる電圧上昇が起こる可能性があることが示された。

Abstract

Theme : Research on bus voltage rise during creepage discharge
on solar cell arrays for microsattellites

Supervisor : Kazuhiro Toyoda 17108015 Taihei Oosako

In recent years, many small satellites have been developed. However, most of the research on spacecraft that has been done has been for large spacecraft. There are many unclear points about the case of microsattellites. One of them is the discharges on a spacecraft. The discharge causes a sharp rise in bus voltage, which can damage equipment. In the worst case, the spacecraft may be ruined. In this paper, I investigated the rise in bus voltage due to creepage discharge using a solar cell array for microsattellite.

It is known that the increase in bus voltage due to creeping discharge is suppressed by the bus capacitance. I investigated the following three points.

- 1) how much capacitance is needed to sufficiently suppress the rise in bus voltage
- 2) how effective is voltage rise suppression by Zener diodes
- 3) Instantaneous voltage rise when the discharge current is cut off

First, when the capacitor inserted in the satellite simulation circuit was changed, the voltage rise range changed significantly when the capacitance was 100nF to 10 μ F, and there was almost no further change when the capacitance was 10 μ F or more.

Second, when an experiment was conducted by inserting a Zener diode with a breakdown voltage of 3.6V, a voltage rise exceeding 3.6V was confirmed for about 25 μ s when the discharge current flowed.

Third, correlation was found in the relationship between the current drop and the voltage rise width when the current was cut off. It is considered that the voltage rise is caused by the circuit inductance.

Finally, the upper limit of the effect of suppressing the rise in bus voltage in this study was about 1.8V. It has been shown that a voltage rise due to circuit inductance can occur.

目次

第1章 序論

- 1.1 人工衛星開発の背景
- 1.2 人工衛星の放電事故
- 1.3 研究動向
 - 1.3.1 Flash-over 電流の測定
 - 1.3.2 JAXA(Japan)
- 1.4 軌道上のプラズマ環境
 - 1.4.1 低地球軌道(Low Earth Orbit)
 - 1.4.2 極軌道
 - 1.4.3 静止プラズマ環境
- 1.5 宇宙用太陽電池の構造
- 1.6 宇宙機の帯放電発生原理
- 1.7 ツェナーダイオード
- 1.8 研究目的

第2章 実験機器

- 2.1 極軌道模擬チャンパー (PEO チャンバー)
- 2.2 高速 16ch オシロスコープ
- 2.3 画像取得プログラム Quick Look

第3章 プラズマ環境での沿面放電試験

- 3.1 実験方法
 - 3.1.1 模擬回路構成
 - 3.1.2 測定回路設置
 - 3.1.3 測定条件の設定
- 3.3 放電試験と結果
 - 3.3.1 キャパシタンスによる変化
 - 3.3.2 電流遮断時のバス電圧の上昇
 - 3.2.3 ツェナーダイオードによるバス電圧上昇抑制

第4章 総括

- 4.1 結論
 - 4.1.1 バスキャパシタンスによる変化
 - 4.1.2 電流遮断時のバス電圧の上昇
 - 4.1.3 ツェナーダイオードによるバス電圧上昇の抑制
- 4.2 今後の課題

全文をご希望の方は cho@ele.kyutech.ac.jp までご連絡ください。

Content

Chapter.1 Introduction

1.1 Background of artificial satellite development

1.2 Discharge accident

1.3 Research direction

1.3.1 Flash-over Current

1.3.2 JAXA(Japan)

1.4 Plasma environment

1.4.1 Low Earth Orbit

1.4.2 Polar Earth Orbit

1.4.3 Geostationary satellite orbit

1.5 Structure of solar cells for space

1.6 Principle of discharge generation

1.7 Zener diode

1.8 Purpose of research

Chapter.2 Experimental device

2.1 PEO chamber

2.2 High speed 16ch oscilloscope

2.3 Quick Look

Chapter.3 Creeping discharge test

3.1 experimental method

3.1.1 Simulation circuit

3.1.2 Measurement circuit

3.1.3 Measurement condition

3.3 Result

3.3.1 Change due to capacitance

3.3.2 Increase in bus voltage due to current interruption

3.2.3 Suppression of bus voltage rise by Zener diode

Chapter.4 Conclusion

4.1 conclusion

4.1.1 Change due to capacitance

4.1.2 Increase in bus voltage due to current interruption

4.1.3 Suppression of bus voltage rise by Zener diode

4.2 Future task

If you want the full text, please contact cho@ele.kyutech.ac.jp