

ふじ3号 (F0-29) 電源系の現状に関する考察

2019年10月2日

一般社団法人 日本アマチュア無線連盟

(経緯と確認している電源関係の現象)

「ふじ3号 (F0-29)」は2019年7月19日に電力収支の問題でアナログ系中継器の運用が停止しました。

その後、世界中のアマチュア無線家の方から情報提供いただき運用停止前のテレメトリデータの分析と対処方法の検討を行い、同年9月12日に不安定ですが送信機の動作を確認するとともに、「ふじ3号」の状況把握と安定運用に向けた試験等の実施をしていますが、これまで皆様からの情報提供をいただきデータ等を参考にさせていただき、「ふじ3号」電源系の現状については次のとおりと考えている。

(問題点1)

充電モードがフル充電でもトリクル充電と同様の100mA程度しか充電電流が流れない。PCUはオートで規定の電圧でフル充電、トリクル充電に切り替わっている。

9月26日、PCUモードをマニュアルに変更し充電モードをフル充電に固定した結果、バッテリーへの充電が進み日陰を克服できる電力をバッテリーに蓄積することができた。9月30日まで、一度も停波することなくJAモードを継続していたが10月1日に送信機が停止した。

(問題点2)

日照時のパスで、太陽電池発生電力は15W以上確保できているのにバッテリー充放電電流が-0.5Aと蓄電池から放電している。

(問題1の検討)

電力収支から

日陰のパスでの電力収支は、BAT電圧 (BAT-V) 13.7V と充放電電流 (BAT-I) -0.49A から約6.7Wの電力が消費されている。(9月14日 16:39 UTCのパスで確認)

アナログモードの運用に必要な電力は仕様上約 7W である。放電電力は 6.7W なので電力収支は均衡する。

この日陰のパスで確認した太陽電池発生電流 (SCP-I) と BUS 電圧 (BUS-V) から、電力は 12W から 16W 確保できている事がわかる。アナログモードの運用に必要な電力は約 7W である。バッテリー充放電電流 (BAT-I) の 0.6A と BUS 電圧 15V から充電電力は 9W なので電力収支は均衡する。

日照時の電力収支

日照時のテレメトリでは、「バッテリーモード」と「バッテリーロジック」は共に「トリクル充電」を示し「フル充電」を示すことは希である。バッテリーの内部抵抗の上昇によりバス電圧の変化に対して運用開始時よりも極めて大きく「バッテリー端子電圧」 (BAT-V) が変化することが要因である。

2019/7/7 15:48 15:55

#113030

UTC 06:46-06:55-07:02 Max70

1A 1B 1C 1D 2A 2B 2C 2D 3A 3B 3C 3D 4A 4B 4C 4D 5A 5B 5C 5D 6A 6B 6C

```
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 81 60 99 92 F1 81 E8 E3 E2 E5 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 80 60 99 92 F1 81 E8 E3 E2 E5 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 7F 61 9A 92 F0 90 E8 E3 E2 E5 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 71 61 9A 93 F1 81 E8 E3 E2 E5 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 63 61 9F 93 F1 62 E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 7F 61 9C 93 F0 7C E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 6A 61 9C 93 F1 79 E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 73 61 9C 94 F1 89 E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 76 61 9D 94 F1 7D E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 79 61 9D 94 F1 74 E8 E3 E2 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 7A 62 9D 94 F1 74 E8 E3 E1 E4 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 77 62 9E 94 F1 76 E7 E3 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 71 62 9E 94 F1 70 E7 E2 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 6F 62 9E 94 F1 73 E7 E2 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 64 61 9E 94 F0 8C E7 E2 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 60 62 9E 94 F1 80 E7 E2 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 60 62 9E 94 F0 6D E7 E2 E1 E3 E1
HI HI 20 C2 88 D5 00 77 00 00 09 60 01 01 60 62 9E 94 F0 6D E7 E2 E1 E3 E1
```

4A (SCP-I) 60~81 0.9412~1.2647A

4B (BAT-I) 60~62 0.1184~0.0792A

5A (BUS-V) F0~F1 -> B0~B1 17.2550~17.3531V

4C (BAT-V) 99~9F 16.4643~17.1100V

電圧及び温度の CW テレメトリは MSB 4it (左) が E を示す場合は A に、F を示す場合は B に置き換えること。

太陽電池の発生電力は約 21W からバッテリー充電の電力約 2W とアナログ運用に必要な 7W を除くと残り 12W の「電力の行方」があるはずである。

この電力の行方はバス電圧の上昇から電源系コンポーネントを防護する「シャント」(抵抗器)であり 12W は熱として消費されていると思慮される。

(問題 2 の検討)

次に示す日照時のデータをご覧頂きたい。衛星が地球食から半影とアルベドにより電力が供給され始めると、蓄電池の充電と衛星システムへの電力が供給される。この時点ではバッテリーは放電により電圧が下がっており 0.4~0.5A の充電電流が流れている。しかし、経時劣化により充電開始から数分でバッテリーの端子電圧が上昇するため、充電モードをフル充電にしているにもかかわらず充電できなくなる。さらに、電圧差からバッテリーからバスに対して電流が流れてしまう。

「問題 1」と同様に太陽電池により得られた電力と、直前までに蓄電池に蓄えられた電力はシャントにより熱エネルギーに変換されていると考えられる。

しかし、蓄電池の放電状況や太陽電池の発生電力によっては、20 分間連続で蓄電池への充電が行われていることも確認している。(例 2019/9/30 05:49UTC)

#114154

2019/9/28

UTC 07:40-07:48-07:58 Max17

JST 16:40-16:48-16:58

AOS JA MODE

1A 1B 1C 1D 2A 2B 2C 2D 3A 3B 3C 3D 4A 4B 4C 4D 5A 5B 5C 5D 6A 6B 6C

HI HI 20 8A 88 D5 00 F6 00 00 09 60 01 01 4F 9F 99 60 F1 EC EF F1 E9

HI HI 20 8A 88 D5 00 F6 00 00 09 60 01 01 6E 4F 9F 9A EA 66 F1 EC EF F1 E9

HI HI 20 8A 88 D5 00 F6 00 00 09 60 01 01 6C 4F E1 9F EA 66 F1 EC EF F0 E9

HI HI 20 8A 88 D6 00 F6 00 00 09 60 01 01 6F 4C E3 9F EC 85 F1 EC EF F1 E9

HI HI 20 8A 88 D5 00 F6 00 00 09 60 01 01 9F EE 8A F1 EC EF F0 E9

HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 75 E5 9F EE E F1 EC EF F0 E9

HI HI

HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 75 75 E8 E2 F1 76 F1 EC EC F0 E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 76 76 E7 E2 F0 92 F1 EC EC F0 E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 77 77 E8 E2 F0 F1 EC EC EF E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 78 78 E7 E2 F0 89 F1 EE EC EF E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 79 79 E7 E2 E1 79 F1 EC EC EF E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 7A 7A E7 E2 E1 F1 EC ED EE E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 E2 E1 8D F1 EC EF EE E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 55 01 01 7F 7A E7 E2 F1 80 F1 EC EF EE E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 01 01 7F 7A E7 E2 F1 F1 EC EF EE E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 09 01 7F 7A E7 E2 F1 F1 EC EF EE E9
HI HI 20 8A 88 D1 00 F6 00 00 09 60 09 01

4A (SCP-I)	6C~7F	1.0588 ~ 1.2451A
4B (BAT-I)	4C~4F 75~7A	0.5104 ~ 0.4516A -0.2932 ~ -0.3912A
5A (BUS-V)	EA~F1 -> AA~B1	16.6668 ~ 17.3531V
4C (BAT-V)	9F~E8 -> 9F~A8	17.1100 ~ 18.1861V

(まとめ)

「ふじ3号」に発生している電源系トラブルの根本的な原因は、100万回を超える充放電サイクルによる経時劣化である。

太陽電池、バッテリーの現況と日陰率の変化を考慮して運用計画を立て運用を継続していきます。

末筆ですが、テレメトリ等の情報提供にご協力いただいた、世界各国の皆様
に心からお礼申し上げますとともに、今後とも「ふじ3号」の運用へのご理解ご
協力をお願いいたします。

参考

<https://blog.goo.ne.jp/fo-29/c/9120bf34180d391ace202f936508afa8/2>