

# 인공위성용 니켈-수소 축전지 충전전압 제한회로 구현

최영진 왕진석  
충남대학교 전자공학과

## NiH2 battery voltage limit circuit design for satellite

Young jin Choi and Jin suk Wang  
Dept. of Electronics, Chungnam National University

### ABSTRACT

A voltage-temperature limit circuit for the Ni-H<sub>2</sub> battery is designed and analyzed for the maximum and the minimum voltage deviations at the worst case of the EOL(end of life). It is demonstrated that the magnitude of voltage deviations due to circuit device tolerances are kept less than 0.3v at the worst case. The maximum and the minimum battery voltages are simulated for the environmental temperature range of 0 °C-30 °C by using MATHCAD. They are 34.67v and 29.851v, respectively.

### I. 서론

현재 인공위성용 축전지로 가장 많이 사용 되어온 니켈-카드뮴 축전지를 대체하여 에너지 밀도가 높고 수명이 긴 니켈-수소 축전지가 사용되고 있다. 그러나 니켈-수소 축전지는 충, 방전시 발생하는 수소개스에 의한 자체방전이 발생하는 단점을 갖고 있다. 본 연구에서는 축전지의 환경온도에 따라 축전지 최대충전전압을 제한하여 축전지 과충전을 예방할 수 있는 전압-온도 제한회로를 구현 하였다.

전압-온도 제한회로는 축전지 온도를 감지하는 써미스터 회로부와 전압-온도 곡선 선택부, 에러 증폭부, 기준전압원 등으로 분류 할 수 있다. 그림1에 전압-온도 제한회로 블럭선도를 나타내었다.

써미스터는 축전지셀 표면에 부착되어 축전지셀의 온도변화에 따른 저항값의 변화로

에러증폭부의 비반전 입력단자 전압을 변 시킨다. 에러증폭부의 +단자 전압은 써미스터 저항값과 병렬 연결된 전압-온도 곡선 선택저항 값에 의해 결정된다. 에러증폭부의 반전입력신호는 기준전압원에 의해 일정한 전압을 공급해준다. 축전지셀의 온도가 상승하면 에러증폭부의 비반전 입력신호가 변하고, 에러 증폭부 출력전압의 변화는 BCR 충전전류를 변화 시키므로 결과적으로 축전지 충전전압을 제한 하게된다. 그림2는 전압-온도 제한회로를 나타낸다.

### II 회로소자 편차(tolerances)

.2N5116: pinch off voltage : 6.7v(nom), 4v(min), 9.5v(max)

온도 및 radiation에 의한 EOL 입력 offset 전압 : ±1[mv]

.LM158A : EOL 입력 offset 전압 : ±4[mv]

.AD581TH : 온도계수: ±15ppm/ °C, radiation 에 의한 전압변화 : ±8.7[mv]

.1n3595 :

순방향 전압 강하: .4[v](min), .5[v](max)

.최대, 최소저항값=(정규값)\*(BOL오차)\*(EOL 오차)\*(온계수오차)

.기준전압원 편차=

(15ppm/ °C)\*(환경온도)+radiation오차 +입력 offset전압

=(15ppm/ °C)\*(-60 °C~+35 °C)±8.7[mv] ±4[mv]

=10[v](nom), 9.9783[v](min)

10.01795[v](max)

### III. MATHCAD 계산

다음은 최대 충전전압을 계산하기 위한 MATHCAD 입력화일 이다.

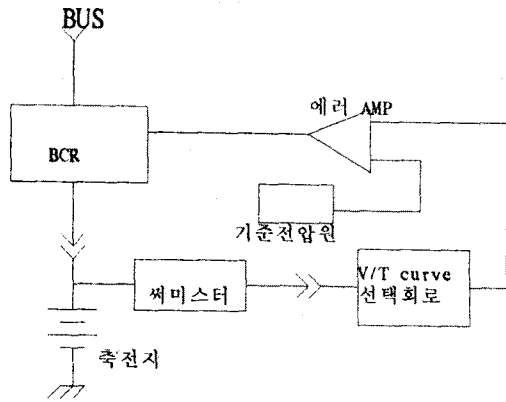


그림1 V/T 제한회로 블럭선도

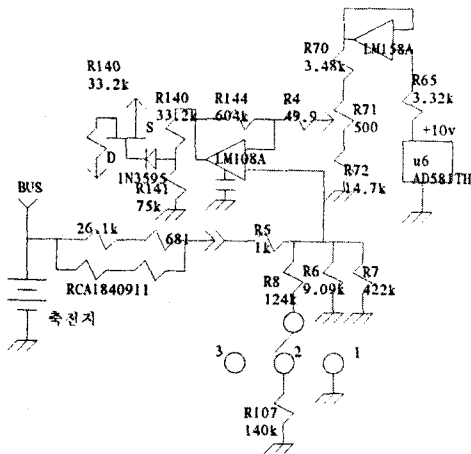


그림2 V/T 제한회로

temperature range: 0, 5, 30

thermister resistance

$$r_{t_0} = 351000 \quad r_{t_{20}} = 126700$$

$$r_{t_5} = 269000 \quad r_{t_{25}} = 100000$$

$$r_{t_{10}} = 207800 \quad r_{t_{30}} = 79420$$

$$r_{t_{15}} = 161700$$

EOL tolerance: +/- 1.3% over entire temperature range

BOL tolerance +/- 1.07% at 0 and 5 degree

+/- 1.03% at 10 and 15 degree

+/- .96% at 20 and 25 degree +/- 0.94% at 30 degree

$$I = 0..5 \quad r_{tx} = r_{t_x} \cdot 1.013 \cdot 1.0107 \quad r_{t_{x1}} = r_{t_x} \cdot 0.9893 \cdot 0.987$$

$$J = 10..15 \quad r_{tx} = r_{t_x} \cdot 1.0103 \cdot 1.01 \quad r_{t_{x1}} = r_{t_x} \cdot 0.9897 \cdot 0.987$$

$$K = 20..25 \quad r_{tx} = r_{t_x} \cdot 1.013 \cdot 1.006 \quad r_{t_{x1}} = r_{t_x} \cdot 0.987 \cdot 0.9904$$

$$L = 30 \quad r_{tx} = r_{t_x} \cdot 1.013 \cdot 1.009 \quad r_{t_{x1}} = r_{t_x} \cdot 0.987 \cdot 0.9906$$

$$M = 1..3 \quad (1:nominal, 2:mimum, 3:maximum)$$

$$V_{gs_1} = 6.75 \quad V_{gs_2} = 4 \quad V_{gs_3} = 9.5$$

$$V_{d_1} = 0.45 \quad V_{d_2} = 0.40 \quad V_{d_3} = 0.5$$

$$V_{os_1} = 0 \quad V_{os_2} = -0.001 \quad V_{os_3} = 0.001$$

$$A_{v_1} = 300000 \quad A_{v_2} = 400000 \quad A_{v_3} = 25000$$

$$V_{s_1} = 5 \quad V_{s_2} = 4.8 \quad V_{s_3} = 5.2$$

$$r_{140_1} = 33200 \quad r_{141_1} = 75000$$

$$MAX = (1.001) [1 - 5 \cdot 10^{-6} \cdot (-35 - 25)]$$

$$MIN = (0.999) [1 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot (-35 - 25)]$$

$$r_{140_3} = r_{140_1} \cdot MAX \quad r_{141_2} = r_{141_1} \cdot MAX$$

$$r_{140_2} = r_{140_1} \cdot MIN \quad r_{141_3} = r_{141_1} \cdot MIN$$

The error amplifier output voltage is defined by the following equation

$$V_{E_M} = \left( \frac{r_{140_M} + r_{141_M}}{r_{141_M}} \right) \cdot (V_{s_M} + V_{gs_M} + V_{d_M})$$

$$r_{70_1} = 3480$$

$$r_{70_2} = r_{70_1} \cdot MIN$$

$$r_{711_1} = 256$$

$$r_{711_2} = r_{711_1} \cdot 0.90 \cdot 0.907$$

$$r_{712_1} = 244$$

$$r_{712_2} = r_{712_1} \cdot 0.90 \cdot 0.907$$

$$r_{72_1} = 14700$$

$$r_{72_2} = r_{72_1} \cdot MIN$$

$$r_{4_1} = 49.9$$

$$r_{4_2} = r_{4_1} \cdot MIN$$

$$r_{144_1} = 604000$$

$$r_{144_2} = r_{144_1} \cdot MAX$$

$$V_{ref_1} = 10.00$$

$$V_{ref_3} = 10.01795$$

$$r_{70_3} = r_{70_1} \cdot MAX$$

$$r_{711_3} = r_{711_1} \cdot 1.10 \cdot 1.003$$

$$r_{712_3} = r_{711_1} \cdot 1.01 \cdot 1.103$$

$$r_{72_3} = r_{72_1} \cdot MAX$$

$$r_{4_3} = r_{4_1} \cdot MAX$$

$$r_{144_3} = r_{144_1} \cdot MIN$$

$$V_{ref_2} = 9.9783$$

$$R_{X_M} = \left( \frac{1}{r_{4_M} + r_{144_M}} + \frac{1}{r_{712_M} + r_{72_M}} + \frac{1}{r_{711_M} + r_{70_M}} \right)^{-1}$$

$$V_{X_M} = \left( \frac{V_{ref_M}}{r_{711_M} + r_{70_M}} + \frac{V_{E_M}}{r_{4_M} + r_{144_M}} \right) \cdot R_{X_M}$$

$$I_M = \frac{V_{E_M} - V_{X_M}}{r_{4_M} + r_{144_M}}$$

$V_{M_M} = V_{X_M} + I_M \cdot r_{4_M}$  : negative input voltage of U14

$$V_{IN_M} = \frac{V_{E_M} + A_{v_M} \cdot V_{M_M}}{A_{v_M}} + V_{os_M}$$

$$r_{b_1} = 26100 + 681$$

$$r_{b_2} = r_{b_1} \cdot 0.999^2 [1 - 5 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - 25)]$$

$$r_{b_3} = r_{b_1} \cdot 1.001^2 [1 - (5 \cdot 10^{-6}) \cdot (-10 - 25)]$$

$$r_{5_1} = 1000$$

$$r_{5_2} = r_{5_1} \cdot MIN \quad r_{5_3} = r_{5_1} \cdot MAX$$

$r_{bt}$  : The total resistance of the series thermisters in parallel with 26.781k, and in series with r5

$$r_{btMIN_t} = \frac{1}{\left( \frac{1}{2 \cdot r_{t_{x1}}} \right) + \frac{1}{r_{b_1}}} + r_{5_2}$$

$$r_{btMAX_t} = \frac{1}{\left( \frac{1}{2 \cdot r_{t_x}} + \frac{1}{r_{b_3}} \right)} + r_{5_3}$$

rp :  $\sqrt{T}$  level selection resistance

$$rp1_M = \frac{1}{\left(\frac{1}{r8_M} + \frac{1}{r7_M} + \frac{1}{r6_M}\right)}$$

$$rp2_M = \frac{1}{\left(\frac{1}{r8_M} + \frac{1}{r107_M} + \frac{1}{r7_M} + \frac{1}{r6_M}\right)}$$

$$rp3_M = \frac{1}{\left(\frac{1}{r7_M} + \frac{1}{r6_M}\right)}$$

CURVE1

NOMINAL  $V1NM_t = VIN_1 \cdot \left(\frac{rbt_t + rp1_1}{rp1_1}\right)$

MINIMUM  $V1MN_t = VIN_2 \cdot \left(\frac{rbtMIN_t + rp1_3}{rp1_3}\right)$

MAXIMUM  $V1MX_t = VIN_3 \cdot \left(\frac{rbtMAX_t + rp1_2}{rp1_2}\right)$

CURVE2

NOMINAL  $V2NM_t = VIN_1 \cdot \left(\frac{rbt_t + rp2_1}{rp2_1}\right)$

MINIMUM  $V2MN_t = VIN_2 \cdot \left(\frac{rbtMIN_t + rp2_3}{rp2_3}\right)$

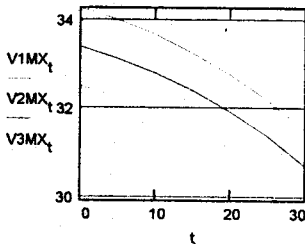
MAXIMUM  $V2MX_t = VIN_3 \cdot \left(\frac{rbtMAX_t + rp2_2}{rp2_2}\right)$

CURVE3

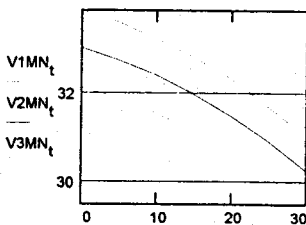
NOMINAL  $V3NM_t = VIN_1 \cdot \left(\frac{rbt_t + rp3_1}{rp3_1}\right)$

MINIMUM  $V3MN_t = VIN_2 \cdot \left(\frac{rbtMIN_t + rp3_3}{rp3_3}\right)$

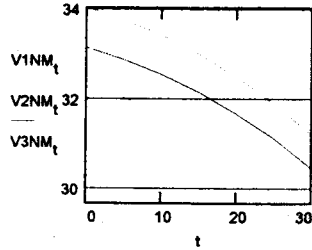
MAXIMUM  $V3MX_t = VIN_3 \cdot \left(\frac{rbtMAX_t + rp3_2}{rp3_2}\right)$



(a)

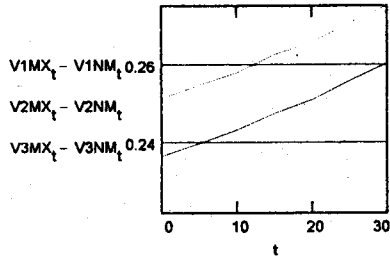


(b)

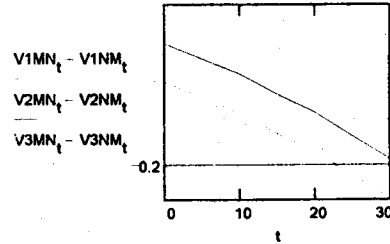


(c)

그림3 온도 변화에 대한 축전지 전압  
(a)최대값 (b)최소값 (c)정규값



(a)



(b)

그림4 전압 편차 (a) 최대값-정규값  
(b) 최소값-정규값

## VI. 결론

축전지 온도에 따라서 최대 충전전압을 제한할 수 있는 회로를 구현하고, 회로소자값의 정규, 최소, 최대값을 이용하여 EOL에서의 축전지 전압을 MATHCAD프로그램으로 계산한 결과 +/-0.3v 이하의 정규값에 대한 편차를 보였다. 0 °C-30 °C의 써미스터 온도 변화에 대하여 축전지 전압은 최대 34.25v, 최소 29.47v 를 보였다.

## 참고문헌

- [1] Carlo Tommasini, Romulo Pontual, "Performance improvement of ASTRA 1A Ni-H<sub>2</sub> batteries using optimized battery charging schemes and reconditioning" IECEC Proceeding, AIAA-94-3868-CP.
- [2] Martin Marietta ASD, CDR data package power components book 1 of 2, 1993.