

통신위성 전력제어 및 분배장치 설계 및 해석

최재동*

Design and Analysis of Power Control and Distribution Unit for Communication Satellite

Jae-Dong Choi*

Abstract

This research presents the design and analysis of PCDU(Power Control & Distribution Unit) of communication satellite. The PCDU of a spacecraft must provide adequate power to each subsystem and payload during mission life, and it also needs high reliability and performance in space environment.

A control circuit of the PCDU include bus sensing and filter circuits, error signal amplification circuit, error compensation circuit of SAS(Shunt Assembly Switch) and BPC(Battery Power Converter). The phase margin and DC gain for the designed circuits are analyzed through the frequency response characteristics of the compensated control circuit. And also the transfer function of the battery power converter circuit are discussed at the battery CCCM(Charge Continuous Conduction Mode) and battery C/DCCM (Continuous/Discontinuous Conduction Mode).

초 록

본 연구는 통신위성 전력제어장치(Power Control & Distribution Unit)의 설계 및 해석에 관한 내용을 기술한다. 위성체 전력제어장치는 임무기간동안 각 서브시스템과 탑재체에 충분한 전력을 공급하여야 하며, 또한 우주환경 하에서 높은 신뢰성 및 성능이 요구된다.

전력제어 및 분배장치의 제어회로를 위해 버스전압검출 및 필터회로, 오차신호 증폭회로 그리고 SAS 및 BPC 오차신호 회로가 포함되었다. 설계된 제어보상회로에 대한 주파수 응답특성분석을 통해 각 회로의 위상여유와 이득이 분석되었다. 또한 배터리 충전/방전을 위한 BPC회로 분석을 통해 배터리 충전 연속모드, 배터리 방전 연속/불연속 모드에서의 입출력 전달함수가 제시되었다.

키워드 : 통신위성(communication satellite), 전력제어·분배장치(power control & distribution unit), 션트 스위치(shunt assembly switch), 배터리 충전방전기(battery power converter), CCCM(Charge Continuous Conduction Mode)

* 통신위성체제그룹/jdchoi@kari.re.kr

1. 서 론

정지궤도 통신위성의 전력계 서브시스템은 태양전지 어레이와 부하사이의 손실을 최소화하기 위해 완전조절방식을 이용하여 위성체의 주전력 버스를 제어한다. 조절된 버스는 전력제어 및 분배장치를 통해 여러 종류의 위성부하에 버스전압을 제공한다. PCDU는 남쪽과 북쪽 태양전지 어레이 전력이 낮 기간 동안 스위칭 셉트 전압조절기 및 배터리 충전기에 의해 조절되며, 식 기간 동안 배터리 방전기에 의해 버스전압이 조절된다. 이를 위해 버스전압을 검출하고 검출된 신호를 SAS(Shunt Array Switch) 제어 및 BPC(Battery Power Converter) 제어신호로 변환하기 위해 버스제어보드가 요구 된다.

버스제어회로는 태양전지 어레이 혹은 배터리로부터 발생하는 전력을 제한된 범위내의 버스전압을 유지하기 위해 조절한다. 모든 서브시스템과 탑재체 전력은 회로실패나 과부하에 의한 손상으로부터 보호하기 위해 전력제어장치 외부에 직접 연결된 퓨즈를 통해 전달된다.

SAS 스위치들은 셉트 스위칭 방식을 통해 스위치의 완전한 온 혹은 오프 동작 상태를 갖는다. 회로 스위칭의 상승과 하강시간은 전도와 방사 노이즈에 대한 레벨을 최소화하기 위해 dv/dt 에 의해 제한된다. BPC회로는 충전기와 방전기를 이용하여 낮기간 동안 배터리에 완전충전을 위한 전력을 제공하며, 식 기간 동안에는 일정 SOC(State of Charge) 이상값을 유지하여 버스에 전력을 제공하게 된다.

본 연구에서는 낮 기간과 식 기간에 관계없이 임무기간동안 일정한 버스전압을 유지할 수 있는 전력제어 및 분배장치가 설계되었다. 이 장치는 버스전압검출 및 필터회로, 오차신호 증폭회로, SAS 오차신호 보상회로 및 BPC 오차신호를 보상하는 제어회로가 설계 되었다.

경 부하로부터 중 부하에 이르는 부하 변화에 버스전압 변동을 제한범위 내에서 보다 간편하게 제어가 가능한 디지털 셉트 스위치회로방식이 설계되었다. 컨버터의 실패시에도 임무기간동안 충

분한 전력이 제공이 가능한 모듈형태의 배터리 충전/방전기 설계가 수행되었다.

설계된 제어보상회로에 대한 주파수 응답특성 분석을 통해 각 회로의 위상여유와 이득이 분석되었으며, 선형 컨덕턴스형태의 SAS회로 특성이 분석되었다. BPC 회로해석을 통해 배터리 충전 연속모드, 배터리 방전 연속/불연속 모드에서의 입출력 전달함수가 분석되었다.

2. 버스전압 및 전류 조절

그림 1은 안정된 버스전압 상태에서 위성체 전체 전류조절 상태를 보여주고 있다. 조절 전류는 버스전압과 함께 단방향으로 증가하는 비선형 컨덕턴스로서 동작한다. 태양전지 어레이 전류의 증가 혹은 부하전류의 감소로 버스 전압이 증가할 때 전체 조절해야 할 전류는 보상을 위해 증가하게 된다.

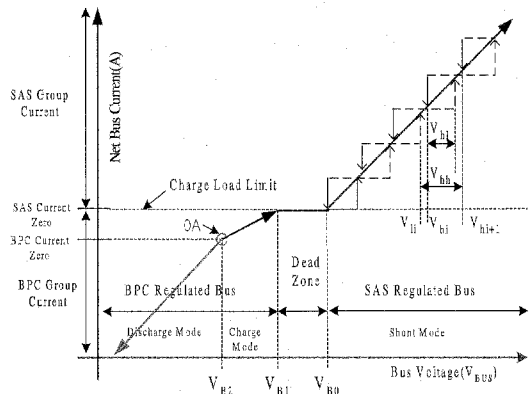


그림 1. 전력계 서브시스템의 버스 전압 조절 및 전류 조절

그림 1에서 버스 전압이 V_{B0} 보다 클 때 시스템은 SAS에 의한 셉트조절모드에 있고 SAS 전류가 버스전압을 조절하기 위해 제어된다. 이때 BPC그룹은 포화상태에 있어 버스 조절에 영향을 주지 않는다. 실제 SAS 그룹전류는 BCB(Bus Controller Board)필터와 결합 시 100Hz와 1500Hz사이에서 셉트 제한 사이클링을 발생시키

는 히스테리시스를 보여준다. 결과적으로 평균 SAS그룹전류는 버스전압오차($V_{BUS} - V_{BO}$)에 비례하는 값을 갖는다. 그림1에서 두개의 이웃하는 태양전지 어레이 V_{hi} 와 V_{hi+1} 의 최상위 전류(commutation) 임계값들 사이의 전압 차이는 $V_{hh} = V_{hi+1} - V_{hi}$ 이며, 히스테리시스 사이클의 폭은 $V_{hl} = V_{hi+1} - V_{hi}$ 이다. 최상위와 최하위 전류(commutation) 임계 값들은 이러한 변수들의 합이다. 그리고 사용된 어레이 숫자는 i 로 표시하였으며 본 연구에서는 wing 12개의 선트스위치가 사용되었다.

조절된 버스전압은 V_{B1} 과 V_{BO} 사이에서의 dead zone에 위치한다. 버스 전압이 V_{B1} 이하 일 때는 배터리 충/방전기에 의한 버스 조절모드로 동작하며, 특히 V_{B2} 와 V_{B1} 사이에서는 충전 버스 조절모드가 된다. 전체 조절기 전류 대 버스전압의 기울기가 방전모드 보다는 충전모드에서 보다 적다. 왜냐하면 정상적으로 방전모드에서는 모든 6개의 BPC모듈이 동작하나 충전모드에서는 단지 4개의 모듈만이 동작하기 때문이다. BPC는 배터리측 전류가 명령되어진 레벨로 유지되도록 하는 전류루프를 채택한다. 따라서 BPC 그룹의 DC이득은 식(1)과 같다.

$$K_A = \eta_{BPC} \times K_{BPC} \times (V_{BUS}/V_{BAT}) \times (E_{BPC})^d \quad (1)$$

여기서,

η_{BPC} = 동작하는 BPC모듈의 수

$K_{BPC} = 6A/V$ 는 단일모듈 BPC에 대한 명령전압 대 배터리측 전류 이득

$V_{BUS} = 50V$ 버스전압

V_{BAT} = 배터리전압

$E_{BPC} = 0.95$, BPC 모듈의 전력변환효율

$d=+1$ = 배터리 방전, -1 은 충전을 의미

BPC동작은 방전 연속도통모드 (Discharge Continuous Conduction Mode), 충전 연속도통모드(Charge Continuous Conduction Mode) 및 방전 불연속/연속도통모드(Discharge Discrete/Continuous Conduction Mode)로 구성되며 이

것은 전류 레벨과 방향의 함수를 나타낸다. 각각의 BPC전류모드들은 다음과 같은 조건아래서 발생한다. 먼저 방전 연속도통모드는 하나의 주어진 배터리에 대해 BPC배터리 방전 전류들이 충분히 클 때 발생되며, 인덕터들은 연속도통모드에서 충전 Disable 동작을 한다. 충전 연속도통모드는 주어진 배터리에 대해 BPC들이 배터리 충전하고 있을 때는 언제든지 발생한다. 방전 불연속/연속도통모드는 BPC 배터리 방전전류가 작을 때 발생한다.

BPC전류모드의 특성은 양방향 컨버터 토폴로지로 충전기의 스위치와 방전기의 스위치는 서로 반대로 동작한다. 예를 들면 충전기 스위치가 온 되면 방전기(Boost)스위치는 오프 되고, 방전기 스위치가 온 되면 충전기 스위치가 오프된다. 이때 만약 충전기 스위치가 온 상태이면 인덕터는 전류레벨과 방향에 관계없이 연속도통모드로 동작하게 되고 배터리로 충전전류를 제공 할 수 있게 된다. 만약 충전기 스위치가 개방되면 인덕터는 배터리전압에 따라 1.2A에서 1.8A이하일 때 BPC전류레벨들에 대해 불연속 도통모드가 된다.

3. 전력제어 및 분배장치 설계

3.1 버스제어회로 설계

버스제어회로는 SAS그룹들과 BPC그룹을 동작하기위해 구성되며 하나의 그룹만이 독립적으로 동작하게 된다. 따라서 버스 조절을 위해 SAS조절모드 혹은 BPC조절모드로 구성되는 두 개의 모드로 언급할 수 있다. 그림 2는 버스제어회로도이다. 버스제어회로는 먼저 버스전압을 검출하는 버스전압 검출회로가 입력단에 위치하며 Low Pass 필터의 특성을 갖는다. 필터단과 직렬로 연결된 증폭회로는 버스검출회로에서 검출된 미세한 전압 변동값을 증폭 시키는 역할을 하게 되며 -10V에서 +10V의 동작범위를 갖도록 설계하였다.

그림 2에서 보여지는 것처럼 BCB보상회로는 3중 잉여제어 신호를 발생시켜서 3개의 신호들 사이에 중간 값 하나를 선택하도록 설계하였다. 증

폭회로에서 발생된 출력신호가 양의값을 갖게 되면 SAS 보상회로와 동작하여 SAS제어신호가 발생하게 되고, 만약 음의 출력값을 갖는다면 BPC 보상회로가 동작하여 BPC제어 신호가 발생하게 된다. 이때 각 회로에는 12년 임무수명을 고려하여 최악조건에서 각각의 저항값 혹은 커패시터가 실패할 지라도 직병렬로 연결된 부품구성으로 인해 임무 말까지 안정된 범위의 동작값을 갖도록 설계하였다.

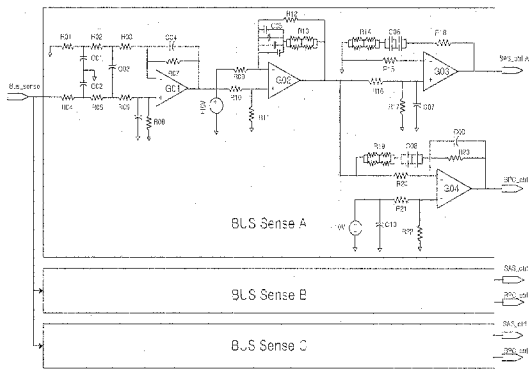


그림 2. 버스제어회로도

로가 버스에 연결된다. 이와 반대로 경부하 연결 시 보다 적은 수의 어레이 회로가 버스에 연결됨으로서 버스전압을 조절한다. 버스에 연결되는 어레이 회로의 수는 버스전압제어회로에 의해 결정되어진다. 이 회로는 그림 3에서 보여지는 것처럼 태양전지 어레이가 스위치와 병렬로 연결된 형태로 비소진형이며 여타 방식에 비해 열 발생이 적으므로 위성내의 스위치에서 발생하는 열 문제를 줄일 수 있으며 부피가 작고 경량으로 만들 수 있다.

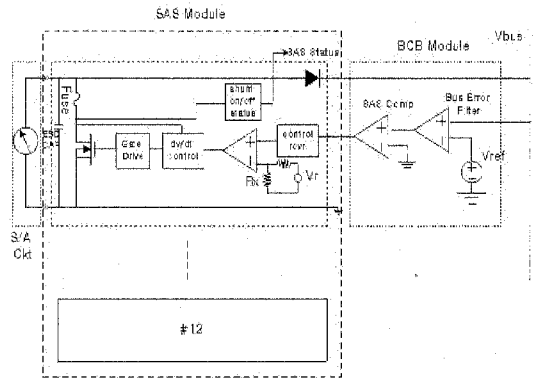


그림 3. 태양전지 어레이 션트 스위치 모듈

3.2 SAS회로 설계

3.2.1 제어 동작

SAS 모듈의 목적은 태양전지 어레이로부터 버스 혹은 접지로 스위칭에 의해 전류를 직접적으로 제어하기 위함이다. 각각의 SAS 모듈은 두 개의 션트 스위치를 포함하고, 각 션트 스위치는 태양전지 어레이 전기적 회로에 직접 접속되어진다. 본 연구에서 태양전지 어레이는 총 6개의 패널로 구성되며, 각 패널당 4개의 회로로 구성된다. 4개의 회로는 1개의 회로마다 션트 스위치 1개와 직접 연결되어진다. 따라서 각 패널 당 연결된 션트스위치는 12개로 구성되며 각 션트 스위치가 조절해야 할 용량은 135W이다. 최대 션트 전류는 3.2A이다. 스위칭 방식을 갖는 전압조절기는 주 전력에 중 부하(heavy loads) 연결 시 낮 기간 동안 태양전지 어레이는 직렬 연결다이오드를 통해 보다 많은 수의 태양전지 어레이 회

3.2.2 SAS 스위치 임계값

이웃한 두 개의 스위치의 기준 전압차는 0.4V이며 션트사이의 임계값 분해능은 $0.4V \pm 0.188V$ 로 설정하였다. 이 값은 오차 입력회로의 동작범위가 +10V로 설정되어 24개 스위치의 동작 구분을 위해 각각의 전압차가 최대 0.4V가 되기 때문이다. 이때 만약 스위치 수가 줄어들 수 있다면 전압차는 0.4V이상일 수도 있다. 또한 제어 수신기 FPGA, 증폭기 이득 정확도는 20Krad에서 3%, 100Krad 레벨에서 0.5%로 변화 되어진다. 따라서 이러한 현상들은 각 기준전압 SAS 어드레스 단계사이에서 전압마진을 없애는 효과를 갖는다. 결국 어드레스의 중첩은 보다 높은 버스전압리플을 가져올 수 있다. 따라서 사용되는 부품은 20Krad +0.3%정확도를 갖기 위해 보다 높은 Radiation 차폐가 요구되어진다.

표 1은 위와 같은 과정을 통해 설계된 순환하는 태양전지어레이 회로 전류, 전체 태양전지 발생전류 및 섀트스위치 온, 오프 임계값을 보여주고 있다.

표 1. SAS 그룹 스위치 전압 임계값 및 섀트제한전류

Num	Turn-on Threshold	Turn-off Threshold	BOL VE S/A Circuit Current	BOL VE S/A Current
1	0.4	0.1	3.2	76.8
2	0.8	0.5	3.2	73.6
3	1.2	0.9	3.2	70.4
4	1.6	1.3	3.2	67.2
5	2.0	1.7	3.2	64
6	2.4	2.1	3.2	60.8
7	2.8	2.5	3.2	57.6
8	3.2	2.9	3.2	54.4
9	3.6	3.3	3.2	51.2
10	4.0	3.7	3.2	48
11	4.4	4.1	3.2	44.8
12	4.8	4.5	3.2	41.6
13	5.2	4.9	3.2	38.4
14	5.6	5.3	3.2	35.2
15	6.0	5.7	3.2	32
16	6.4	6.1	3.2	28.8
17	6.8	6.5	3.2	25.6
18	7.2	6.9	3.2	22.4
19	7.6	7.3	3.2	19.2
20	8.0	7.7	3.2	16
21	8.4	8.1	3.2	12.8
22	8.8	8.5	3.2	9.6
23	9.2	8.9	3.2	6.4
24	9.6	9.3	3.2	3.2

3.3 BPC회로 설계

디지털 제어방식을 갖는 배터리 충/방전기는 탑재된 컴퓨터(OBC)로부터 보내지는 충/방전 스위치 제어명령에 의해 충전비가 결정된다. 또한 컨버터는 충전시 스텝 다운 컨버터가 되어 버스 전압을 배터리 전압으로 다운시켜 충전하게 되며 방전시 스텝 업 컨버터로 동작되며 배터리의 전압을 버스로 보내 식기간 동안 전력을 공급하게 된다. 배터리의 기본 충전비는 각 컨버터에 대해 탑재컴퓨터로부터 256단계를 갖는 충전비를 갖도록 구성되었다.

본 연구에서 사용된 양방향 배터리 충·방전기는 그림 4에서 보여지는 것과 같은 양방향 전

력 스위칭 토폴로지를 사용한다. 배터리 충·방전기의 주 회로는 기존의 백 컨버터와 부스트 컨버터를 하나의 컨버터 내에서 동작하도록 구성하였다. 배터리 충전시 스위치 S1A를 온·오프시켜 동작하며, 배터리 방전시 스위치 S1B를 온·오프하여 동작한다. 스위치 S1A와 S1B의 전류 방향성은 버스전압의 변동에 따라 달라진다. 또한 배터리 충·방전기 동작은 충전연속도통모드, 방전연속 및 불연속도통모드로 구성된다.

충전모드시 2개의 컨버터가 동작되며, 방전모드시 3개의 컨버터 모두가 동작되도록 설계되었다. 이는 부하용량 증가시 컨버터의 용량을 증가시키는 것보다는 동일한 모듈을 설계하여 병렬 운전함으로써 용량추가나 감소시 용이하게 대처할 수 있도록 한 장점이 있다. 또한 각 컨버터의 위상차를 갖게 함으로서 단위컨버터에서 발생하는 피크전류값이 서로 상쇄되어 스위칭 스트레스가 줄어들 수 있도록 하였다.

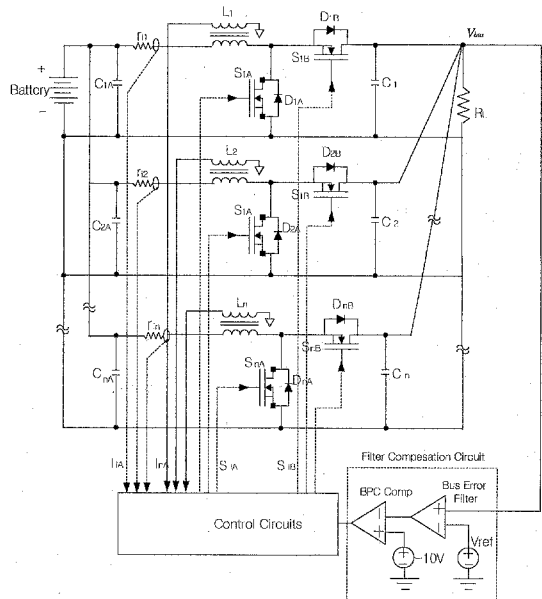


그림 4. 배터리 충/방전기 회로도

방전모드에서 각 BPC는 완전충전상태인 41.6V의 배터리 전압에서 30.72A의 방전비를 가지며 각 BPC는 200ms동안 125%까지 제공이 가능하

와 증폭회로의 전달함수는 다음식과 같다.

$$G01 = \frac{R_7}{R_i} \left(\frac{1}{1 + R_{18}C_{14}s} \right), R_i = R_{01} + R_{02} + R_{03} \quad (5)$$

$$G02 = G05 = \frac{R_{12}}{R_9} \frac{(1 + C_5R_{13}s)}{1 + C_5(R_{12} + R_{13})s} \quad (6)$$

그림 6은 버스전압으로부터 검출된 전압과 필터회로를 통해 보상된 주파수 응답특성을 보여주고 있다.

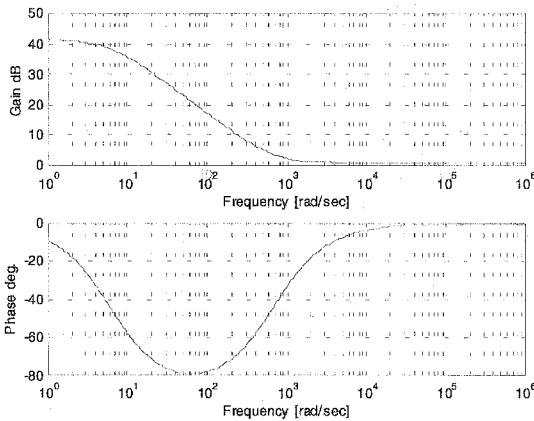


그림 6. 전압검출회로 주파수 응답특성

그림 2의 버스제어회로내 SAS보상회로는 버스 오차필터로부터 검출된 신호를 0에서 +10V까지 사용되어 지도록 설계되었으며 입력력 전달함수는 식(7)과 같다. 그림 7은 SAS보상회로를 통해 얻어지는 주파수 응답특성결과이다.

$$G03 = \frac{R_{15}}{R_{18}} \frac{(1 + C_6R_{14}s)}{1 + C_6(R_{14} + R_{15})s} \quad (7)$$

그림 2의 SAS 제어보상회로는 배터리 충/방전 전류제어를 위해 출력이 10V에서 +10V사이에서 동작되도록 설계되었다. 제어영역은 0V가 되도록 구성하였으며 배터리 방전전류 증가를 위해서는 0으로부터 음의 전압방향으로 증가하게 되고, 배터리 충전전류를 증가를 위해서는 0으로부터 양의 전압방향으로 증가하게 된다. 그림 2의 배터리 충·방전기를 위한 보상기 Amp 회로의 전달함수는 식(8)과 같이 나타낼 수

있으며 주파수 응답특성 결과는 그림 8과 같다.

$$G06 = \frac{R_{23}}{R_{20}} \frac{1 + C_8(R_{19} + R_{20})s}{(1 + R_{19}C_8s)} \quad (8)$$

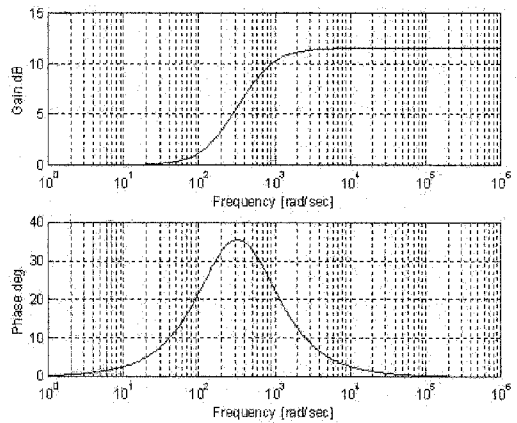


그림 7. SAS 보상회로 주파수 응답특성

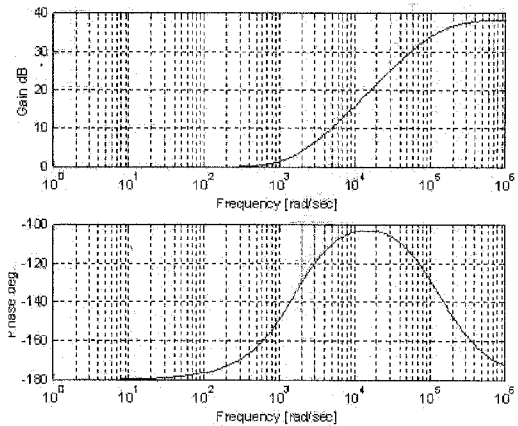


그림 8. BPC 보상회로 주파수 응답특성

4.2 SAS회로 특성 해석

다양한 동작조건들에 대한 SAS제어신호로부터 선트된 버스 전류까지 전달함수를 결정하는 것이 필요하다. 조절된 버스 임피던스는 100kHz이하에서 25mΩ보다 적어야 한다. 이러한 임피던스 요구사항은 다음과 같은 두가지 항에 대해 보다 높은 레벨을 보장하여야 한다. 첫번째로 부하전

류 리플에 응답하는 버스 전압 리플은 0.4Vpp보다 적을 것이다. 그리고 두번째로 부하 EMC 라인 필터들은 필터 커플링에 기인한 공진을 피하기 위해 절연되어야 할 것이다. 이러한 요구조건을 만족하기 위한 선형화된 SAS 이득은 다음 식으로 주어진다.

$$K_A = I_{SAC} / V_{SAS_REF} \quad (9)$$

I_{SAC} = 버스전압(50V)에서 태양전지 어레이 회로 전류

V_{SAS_REF} = 0.4V/1.08은 SAS 제어 기준 전압에서 증가분

피크 SAS값에 의해 조절된 버스 임피던스는 SAS이득이 가장 낮을 때 가장 높게 나타난다. 이 값은 순환하는 태양전지 회로 전류가 가장 작을 때 발생한다. 순환하는 태양전지 어레이 전류에 기여하는 여러가지 요소들은 정상적인 태양전지 어레이 회로 전류, 태양빛의 입사 조건 및 부하 요구전력이다. 따라서 태양전지 어레이들로부터 버스로 전달되는 전력은 K번째 SAS에서 다음과 같은 방정식으로 주어진다.

$$P_A = V_{BUS} \times L \left(\sum_{j=k}^{24} I_{SAC,j} - D \times I_{SAC,k} \right) \quad (10)$$

여기서,

I_{SAC} = j^{th} 태양전지 어레이 회로로부터 버스로의 전류

D = 순환회로에서 선트 듀티 비

L = illumination factor ((0 · L · 1)

V_{BUS} = 버스전압이다.

SAS는 디지털 선트방식으로 시간영역방식으로 접근 가능하다. 이러한 응답특성은 SAS스위칭 주파수가 적절한 전류와 하지 조건에 대한 지정된 제한값 이하가 되는지 여부와 피크대 피크 버스전압 리플이 0.4V보다 적은지 여부를 확인할 수 있다. 이러한 SAS주파수는 SAS FET에서 발생하는 높은 스위칭 주파수는 높은 전력소진을

발생시켜 FET의 정합온도에 문제를 발생 시킬 수 있기 때문이다.

4.3 BPC회로 특성 해석

그림 9는 배터리 충전연속모드시 병렬 연결된 배터리충전기 등가모델이다. 3개의 양방향 컨버터 모듈 중 2개가 배터리 충전시에 사용되어진다. 각 컨버터 모듈은 전력단, PWM스위치, AC/DC전류 검출 회로 및 출력단으로 부터의 출력전압 궤환으로 구성된다.

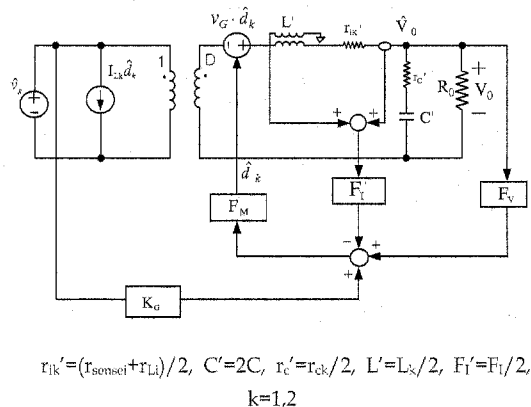
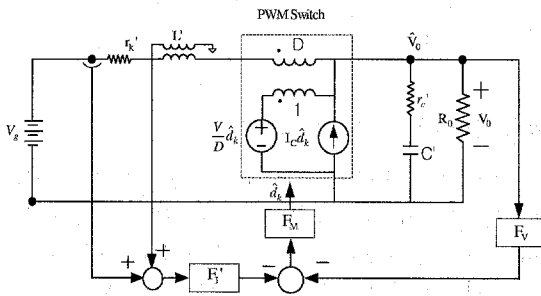


그림 9. 배터리 충전기 등가회로

상태공간 평균화 방식을 이용한 배터리 충전기 연속모드에서의 입출력 전달함수는 다음과 같다.

$$\frac{\hat{v}_o(s)}{\hat{v}_g(s)} = \frac{V_0}{V_g} \cdot \frac{(1 + s / \frac{1}{r_{cl} C_1})}{s^2 + s \left[\frac{r_{cl} \cdot C_1 (r_{L1} + r_{cl} \cdot D) \cdot L_1}{L_1 \cdot C_1 \cdot r_{cl}} \right] + \frac{1}{L_1 C_1}} \quad (11)$$

그림 10은 배터리 방전기 모델로서 부하에서 요구되는 전력 요구량이 컨버터 설계 최대 요구값까지 도달될 수 있으므로 3개의 양방향 컨버터 모듈 중 3개 모두가 배터리 방전 시에 방전을 위해 사용된다. 또한 각 컨버터모듈은 120°의 분리된 위상을 가지며, 각 모듈의 위상차는 출력전압 리플과 출력커패시터에 RMS 전류 스트레스를 최소화 하는데 도움을 준다.



$$r_k' = (r_{\text{sensel}} + r_{L1})/3, C' = 3C, r_c' = r_{ck}/3, L' = L_k/3, F_1' = F_1/3, k = 1, 2, 3$$

그림 10. 배터리 충전기 등가회로

상태공간 평균화 방식을 이용한 배터리 방전시 연속도통모드에서의 전달함수는 다음과 같다.

$$\frac{\hat{v}_0(s)}{\hat{v}_g(s)} = \frac{V_0}{V_g} \cdot \frac{1}{(1 + s/s_{z1})} \cdot \frac{1}{s^2 + s[(r_{L1} + (r_{cd} || R_0)) \frac{D'}{L_1} + \frac{1}{C_1(r_{cd} + R_0)}] + \frac{D'^2}{L_1 C_1}} \quad (12)$$

불연속 도통모드에서 입출력전달함수를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\hat{v}_0}{\hat{v}_g} = \frac{V_0}{V_g} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{2M-1}{M-1} \frac{s}{R_0 \cdot C_1})} \quad (13)$$

5. 결 론

본 연구에서는 정지궤도 통신위성을 위한 전력제어 및 분배장치 설계 및 해석이 수행되었다. 검출된 버스 오차전압은 제어회로의 ±100의 DC 이득값을 통해 SAS 및 BPC에 오차신호를 발생시켜 50V±0.5V내의 버스 전압을 유지할 수 있도록 설계 하였다. 또한 제어회로 내 각각의 필터 및 보상회로에 대한 주파수 응답특성곡선이 분석되었다.

간단한 선형이득 KSAS 에 의해 SAS그룹 전류 대 SAS제어 신호를 근사화한 버스 임피던스가 분석되었으며, BPC 등가회로해석을 통해 배터리

충전 연속모드, 배터리 방전 연속/불연속 모드에 대한 입출력 전달함수가 분석되었다.

참 고 문 헌

1. KENG, W. U., "Loop Gain of a Spacecraft Switched Shunt Power System", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.30, No.4, 1994, pp.1049-1053.
2. FLECK, G. W., "Solar Array Switching Unit Stability Analysis", Proceeding of the 19rd Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1984, pp.576-581.
3. Jaedong Choi, and Sejin Seong, "Study on Switching Shunt Regulator for Satellite Power System", Journal of Electrical Engineering and Information Science, Vol.3, No. 1, pp.14-20, 1998.
4. 최재동, "통신위성 전력시스템의 기본설계", 항공우주기술, 제1권 제1호, pp.84-96, 2002.
5. James D. Dunlop, Gopalakrishna M. Rao and Thomas Y. Yi, NASA Handbook for Nickel-Hydrogen Batteries, NASA Reference Publication, 1993.
6. Decker D. K., and Cassinelli, J., "High Power Solar Array Switching Regulation", Proceeding of the 16rd Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1981, pp.224-231.