

## Design of the RLG Current Stabilizer for Attitude Control in the Satellite

金宜燦<sup>†</sup> · 李興浩<sup>\*</sup>  
 (Eui-Chan Kim · Heung-Ho Lee)

**Abstract** - In this paper, we describe the RLG current stabilizer circuit for attitude control in the satellite. The RLG makes use of the Sagnac effect within a resonant of a HeNe laser. The difference between two discharge currents causes one of the gyro bias errors. The theoretical background and current stabilizer are introduced. It is verified that the circuit designed is applicable to the test of input voltage and temperature.

**Key Words** : RLG, attitude control, current stabilizer, bias error

### 1. 서 론

위성에는 자세제어를 위하여 광학식 자이로가 사용되고 있다. 여러 종류의 자이로중 RLG는 정밀도는 높으나 레이저 방전현상을 이용하므로 방전과 전극의 수명이 곧 자이로의 수명이 될 수 있다. 그래서 현재는 비교적 짧은 4년의 수명을 목표로 하는 저궤도 위성의 자세제어를 위하여 사용되고 있는 추세이다. 헬륨-네온 레이저를 발진하기 위해서는 초기 방전에 필요한 점화전압(+2.5kV)와 방전을 유지하는 방전유지전압(-1kV)가 필요하지만, 자이로의 성능을 내기 위해서는 방전전류를 일정하게 제어해야 한다. 그림 1은 레이저를 방전시키기 위해 필요한 고전압 전원과 전류 안정화 회로로 구성된 시스템을 보여준다. 직류로 방전되는 레이저 자이로에서 양쪽으로 흐르는 방전전류의 차가 생길 때, 광경로에 형성되는 흐름은 영점이동, 바이어스 오차를 일으키는데 이 흐름들은 Langmuir Flow라 하고 이온, 전자, 수동원자들로 구성되어 있어 방전관 내부에 벽을 형성하여 양방향으로 회전하는 빔이 경로차를 일으키게 되어 RLG가 정지하고 있을 때도 오차를 나타내게 된다. 그림 2의 그래프에서 양쪽의 전류차가 없을 때, 즉 전류차가 영일때 바이어스가 9deg/h를 나타내지만 양쪽의 전류차가 발생할 때 선형적으로 바이어스가 증가하거나 감소한다. 그러므로, RLG의 방전전류가 양방향으로 오차 없이 제어하는 것이 RLG의 성능향상에 필수적이다. 이 논문에서는 양방향의 방전전류가 오차가 없도록 구현한 전류 안정화회로에 대해서 기술내용과 설계과정을 기술한다.

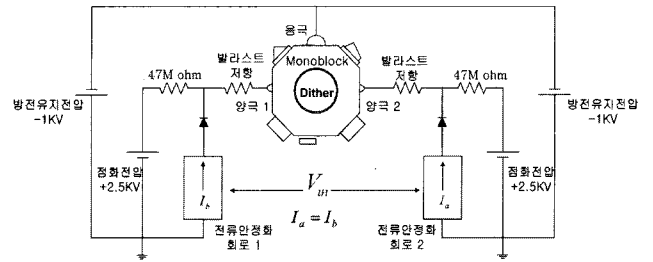


그림 1 레이저 방전 시스템

Fig. 1 Laser discharge system

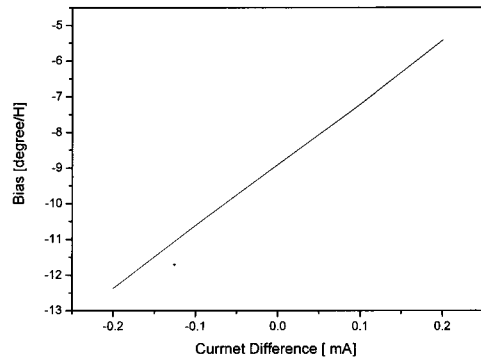


그림 2 전류차에 대한 바이어스 변화.

Fig. 2 Bias difference due to current difference

### 2. 전류 안정화 회로

입력전압에 대해서 그것에 비례한 전류를 출력하는 회로이다. 일반적으로 전류 값을 출력하는 정전류 회로에서는 부하 임피던스가 변동하여도 출력 전류 값이 변동하지 않는 것이 필요하다. 그렇게 하기 위해서는 OP앰프를 사용하여 전류를 피드백 시켜 정전류화한다. 회로는 출력전류의 방향에 따라 3종류로 나누어진다. 전류를 흡입 하는 것, 전류를

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國航空宇宙研究員 先任研究員  
 E-mail : eckim@kari.re.kr

<sup>\*</sup> 終身會員 : 忠南大學校 電氣工學科 教授  
 接受日字 : 2007年 10月 19日  
 最終完了 : 2007年 12月 7日

토출하는 것, 그리고 흡입/토출하는 양방향인 것이다. 표 1에 전압-전류 변환회로의 종류 및 비교를 나타내었다.

표 1 전류 안정화 회로의 종류  
Table 1 The kind of current stabilizer circuit

	① 흡입형 전류원	② 토출형 전류원	③ Bilateral (양방향)회로
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>회로가 간단</li> <li>정밀도는 저항 하나로 정해진다.</li> <li>출력전류를 크게 할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회로가 간단</li> <li>정밀도는 저항 하나로 정해진다.</li> <li>출력전류를 크게 할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>흡입/토출이 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력은 흡입만</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력은 토출만</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정밀도는 저항 5개로 정해진다.</li> <li>출력전류가 OP앰프의 출력전류로 제한된다.</li> </ul>

일반적으로 전압-전류 변환회로서는 Bilateral(양방향)회로가 많이 사용되고 있다. 입력전압이 양전압, 음전압에 따라 흡입/토출의 양출력이 얻어지기 때문이다. 단, 흡입이던 토출이던 어느 한쪽만이면 되는 경우는 ①, ②의 단순한 전류원 쪽의 회로가 간단하며, 출력전류 크기도 자유로이 선택할 수 있는 이점이 있다. ③의 회로에서는 출력전류의 크기가 OP앰프의 출력에 따라 제한된다.

2.1 전류 흡입형

그림 3에 전류 흡입형 회로를 보여준다. 입력전압  $V_m$ 이 가해지면 OP앰프의 입력단자 사이는 가상 단락이므로 동전위로 되기 때문에  $V_m = V_1$ 이다. 출력 트랜지스터의 전류증폭률이 충분히 크면 트랜지스터의 컬렉터 전류는 이미터 전류와 같으므로  $V_m = V_1 = R \cdot I_{out}$ 이고, 부하  $R_L$ 에 흐르는 전류  $I_{out} = V_m/R$ 로 된다. 전류증폭률이 작으면 오차가 커지므로 출력전류를 크게 하기 위해서는 트랜지스터 2개를 사용하여 달링턴 접속하여 사용하거나 MOS-FET를 사용하여 전류오차를 줄인다.

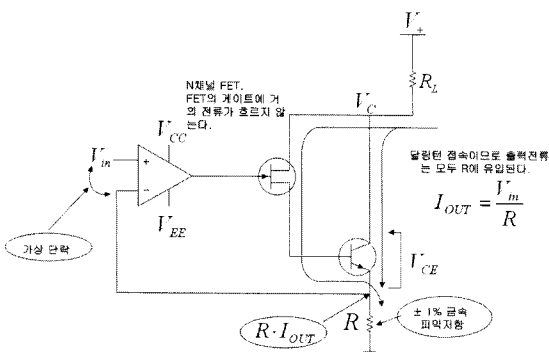


그림 3 전류 흡입형 안정화 회로.  
Fig. 3 Coming-in current type stabilizer circuit

2.2 전류 토출형

그림 4에 전류 토출형 회로를 나타낸다. 동작원리는 흡입형과 같지만, FET를 P채널로, 트랜지스터를 PNP로 바꾸고 회로의 입력전압을 음전압으로 인가한다. 입력전압과 출력전류의 관계식은  $I_{out} = -V_{in}/R$ 이 된다.

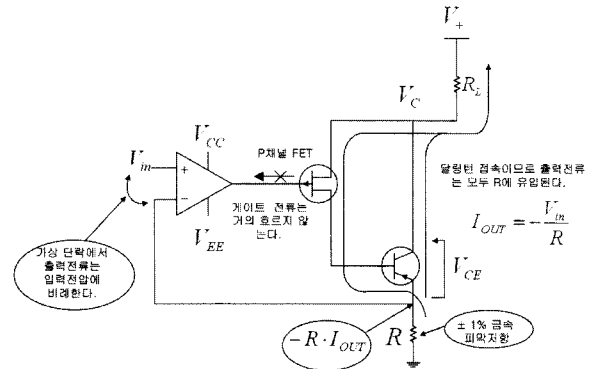


그림 4 전류 토출형 안정화 회로.  
Fig. 4 Outgoing-current type stabilizer circuit

3. 회로 설계 및 시험

방전하는 방전전압이 음전압을 사용하므로, 전류 토출형의 회로를 사용하였다. 전류 토출형 회로이므로 입력전압이 음의 값을 가져야 한다. 각 방전관의 방전전류가 상이하므로 방전 전류값을 보다 편리하게 제어하기 위하여 외부에서 방전전류값을 제어할 수 있도록 설계하였다.

3.1 전원전압에 따른 전류 변화 측정

시험조건은 상온이며, 전류 측정 장비는 HP3458A를 사용하였다. 회로의 인가된 전압범위는 -350V ~ -20[V]이다. 허용되는 전원전압 범위 내에서는 전류변화 및 전류차가 허용오차를 포함하면 측정 불가능할 정도로 차이가 발생하지 않는걸 알 수 있다. 그림 5는 입력전압에 따른 Ia 채널의 전류변화이며, 그림 6은 입력전압에 따른 채널 Ib의 전류변화이다.

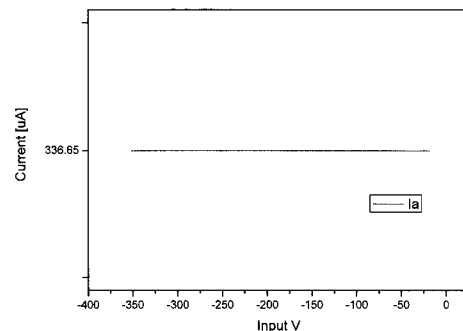


그림 5 입력전압변화에 대한 Ia 전류변화.  
Fig. 5 Input voltage variation versus Ia current variation

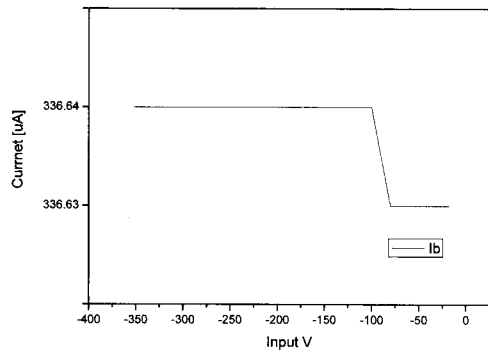


그림 6 입력전압변화에 대한  $I_b$  전류변화.  
Fig. 6 Input voltage variation versus  $I_b$  current variation

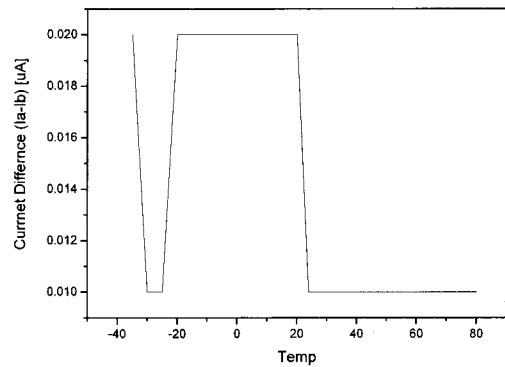


그림 8 온도변화에 대한 채널간의 전류차.  
Fig. 8 Each current difference versus the temperature variation

### 3.2 온도변화에 대한 전류변화측정

전류측정 장비로는 HP3458A를 사용하였고, 전원전압은  $-100[V]$ 로, 온도범위는  $-40 \sim +80[^\circ C]$ 로 설정하였다. 회로 기판은 챔버내에 있고, 전원과 전류계는 챔버 밖에 위치하고 측정하였다. 그림 7에서 온도변화에 따라  $I_a$ ,  $I_b$ 가  $200nA$ 변화하나, 동시에 변화하므로 자이로의 성능에 영향을 주지 않고  $I_a$ 와  $I_b$ 의 전류차( $I_a-I_b$ )는 그림 8에서 최대  $20nA$ 이다. 그림 2에서 Bias sensitivity to current unbalance는  $17 [deg/h/mA]$ 이므로, 설계된 전류 제어회로에 따른 바이어스 오차는  $17deg/h/mA \times 20nA = 0.00034 deg/h$ 이다.

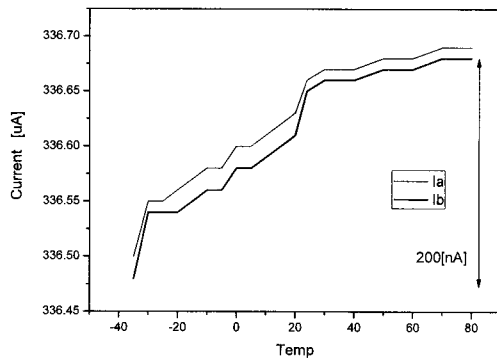


그림 7 온도변화에 대한 각 전류의 변화.  
Fig. 7 Each current variation versus the temperature variation

## 5. 결 론

본 연구에서는 RLG와 방전전류 차에 의한 바이어스 오차를 보여주고, 방전 전류차가 발생하지 않도록 전류 안정화 회로의 필요성과 설계개념과 과정을 기술하였다. 또한, 온도 시험과 입력전압 시험을 통하여 검증하였다. 이 회로의 도입은  $0.01$ 도급 자이로를 개발하는데 있어서 바이어스 오차를 줄일 수 있다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Rodloff. R, Burchardt. W, Jungbluth. W, "Measurements of Laser Gyro Errors as a Function of Beam Path Geometry", ESA-TT-992, pp. 1-41, 1985.
- [2] F. Aronowitz, "The laser Gyro", Laser Application, Vol. 1, pp. 133, 1971.
- [3] T. J. Hutchings, D. C. stjern, "Scale Factor Nonlinearity of a Body Dither Laser Gyro", IEEE, pp. 549, 1978.
- [4] T. A. Dorschner, H. A. Haus, M. W. Smith, H. Statz, "Laser Gyro Quantum Limit", IEEE, pp. 1376. 1980.
- [5] F. Aronowitz, R. J. Collins, "Mode Coupling Due to Backscattering in a He-Ne Traveling Wave Ring Laser", Applied Physics Letters, pp. 55, 1 July 1966.
- [6] J. B. Matthews, M. I. Gneses, D. S. Berg, "A High Resolution Laser Gyro", IEEE, pp. 556, 1978.
- [7] W. G. Albrecht, "State of the Art of German RLG Development : Latest Test Results of the Honeywell Sondertechnik Gyro DGD 800", Symposium Gyro Technology, pp. 11.0, 1986.
- [8] J. D. Coccoli, S. B. Helfant, "The Intrinsic Stability of Laser Gyro Scale Factor", IEEE, pp. 574, 1978.
- [9] Statz. H, Dorschner. T. A, Holtz. M, Smith. I. W, "The Multioscillator Ring-Laser Gyroscope", Laser Hnadbook, pp. 229-332, 1985.

- [10] Aronowitz. F, The Laser Gyro in Laser Application, Academic Press, pp. 133-200, 1971.
- [11] Sargent III. M, Scully. M.O, Laser Physics, Addison-Wesley, 1974.
- [12] H. Malthan, "Test of a Honeywell GG1342 Ring Laser Gyro", Gymposium Gyro Technology, pp. 2.0, 1982.
- [13] 최용진, 김재순, 이기홍, 송정영, "Characteristic Test of Ring Laser Gyro for Inertial Navigation", 유도무기 학술대회, Vol. 7, pp. 154, 1997.

---

**저 자 소 개**



**김 의 찬 (金 宜 燦)**

1973년 1월 19일생. 1995년 충남대 전기공학과 졸업. 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국항공우주연구원 통신해양기상위성 체계팀 근무

Tel : 042-860-2771

Fax : 042-860-2776

E-mail : eckim@kari.re.kr



**이 흥 호 (李 興 浩)**

1950년 10월 28일생. 1973년 서울대 공업교육과(전기전공) 졸업. 1977년 동대학원 공업교육과 졸업(석사). 1994년 동대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사). 현재 충남대학교 전기공학과 교수.

Tel : 042-821-5656

Fax : 042-821-8895

E-mail : leehh@cnu.ac.kr