

## 과전류 계측을 위한 광자계센서의 구현

박해수<sup>o</sup>, 노종대<sup>\*</sup>, 김요희<sup>\*</sup>, 박병석<sup>\*\*</sup>, 안성준<sup>\*\*</sup>, 조홍근<sup>\*\*</sup>  
 한국전기연구소<sup>\*</sup>, 전력연구원<sup>\*\*</sup>

### Implementation of Optical Magnetic Field Sensor for Measurement of Over Current

Haesoo Park<sup>o</sup>, Jongdae Roh<sup>\*</sup>, Yohee Kim<sup>\*</sup>, Byungseok Park<sup>\*\*</sup>, Seongjoon Ahn<sup>\*\*</sup>, Hongkeun Jo<sup>\*\*</sup>  
 KERI<sup>\*</sup>, KEPRI<sup>\*\*</sup>

#### Abstract

The conventional current transformers are often take faults and out of order that for detect to over current of electric power lines because electromagnetic interference. But, it is possible to implement protection relay of high reliability using optical magnetic field sensor which are immunity and small size.

The optical magnetic field sensor is possible to rapidly detect to over current and recover when electric power line have fault. And it is not necessary to make with capacitance of electric power lines as optical magnetic field sensor is have linearity from 0 to about 20kA.

In this study, we designed and constructed compensative feedback circuit in order to minimize of optical power intensity variation with environmental variations(temperature, drive current) of light source. And this system have highest optical advantages and reliability.

#### 1. 서 론

전력계통의 보호계전기 역할은 전기적 사고의 제 거와 사고의 영향을 신속하게 감시시켜 전력계통의 안정적 운전을 유지하는 것이다.

보호계전기는 3S 즉 감도(Sensitivity), 선택성(Selectivity) 및 속도(Speed)로 그 기능을 말할 수 있다. 특히 속도는 과전류, 과전압을 측정하는 변류기 및 변성기의 응답속도에서 좌우된다. 또 이 신호는 신뢰성이 우수하여야할 뿐만 아니라 과전류가 보호계전기에 유입되어 사고를 일으켜서는 안된다.

그러나 현재 사용 중인 철심이나 코일형 변류기 및 변성기는 이러한 유도 전류나 전압에 약할 뿐만

아니라 보호계전기의 사고 원인으로도 동작한다. 따라서 본 연구에서는 넓은 영역에서 일정한 선형성을 유지할 수 있으며 전자기 유도에 특히 영향을 받지 않는 광자계센서를 사용함으로써 보다 신뢰성이 우수한 보호계전시스템을 구현하고자 한다.

#### 2. 본 론

광자계센서를 구성하는 중요 파라메타는 광자계 센서 소자의 특성과 구성방법 및 고신뢰도의 신호 처리이다.

##### 2.1 광자계센서의 원리 및 구성

###### 2.1.1 광자계센서의 원리

광자계센서는 소자에 인가되는 자계의 세기(Magnetic field intensity)에 따라 입사된 선형편광면이 회전하는 Faraday Effect를 이용하여 과전류를 검출하는 것을 말한다. 광자계소자로는 여러 가지가 있으나 반자성체의 연그래스, ZnSe, BSO, BGO 등이 있고 강자성체의 YIG(Yttrium Iron Garnet) 등이 있다.

본 연구에서는 Verdet 상수가 크고 온도특성이 우수한 회토류 첨가 YIG를 센서 소자로 선정하였다. 회토류 첨가 YIG는 온도특성을 개선하기 위하여 YIG결정에 온도보상용 회토류를 첨가하여 개발된 소자로 현재 널리 이용되고 있는 소자이다 여기서 사용된 회토류 첨가 YIG의 특성은 표 1과 같다.

광자계센서의 기본 원리는 그림 1과 같다. 여기서 파라데이 회전각  $\theta_F$ 는 자계의 세기를 H, 센서 소자에서의 광로장을 L, 광의 전파방향과 자계와의 각도를  $\theta$ 라 하고 Verdet 상수를 V로 표시할 때

$$\theta_F = V \cdot H \cdot L \cos \theta \dots (1)$$

가 된다.

### 2.1.2 광자계센서의 구성

자계 또는 전류를 측정하기 위한 광자계센서의 구성은 센서부의 전체 손실에서 감도 및 특성이 좌우된다. 기존 PBS(Polarized Beam Splitter)를 편광자와 검광자로 사용할 경우 약 12~18dB의 손실이 있었으나 본 연구에서는 다음 그림 2와 같이 프리즘을 이용하여 구성할 경우 손실은 약 6dB 정도 개선되어 전체손실이 약 6~12dB로 매우 양호하다.

표 1. 파라데이소자의 특성

항 목	특 성
매 질	희토류 첨가 YIG
삽입손실(dB)	<6
과장의존성(deg/nm)	-0.17
포화자속밀도(kA/m)	80(1000Oe)
Verdet 상수(deg/Oe · cm)	7
온도의존성(deg/°C)	0.06
두께(μm):기판포함	570
사용과장(nm)	850
Dimension(mm)	5×5

그림 1. 광자계센서의 기본 원리

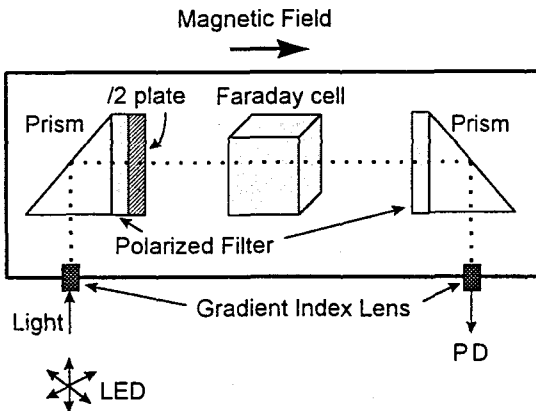
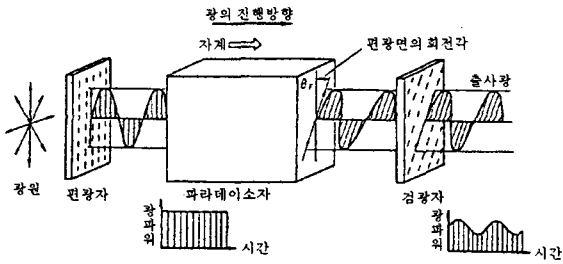


그림 2. 광자계센서부의 구성도

### 2.2 광신호처리부의 설계

자계의 세기에 따라 진폭변조된 광신호를 처리하는 방법에는 일반적으로 두 가지가 있다. 직류성분(광원의 기본 광성분)과 교류성분(계측신호)을 분리하여 나누어주는 방식과 출력신호를 광원부로 피드백시켜 외부 환경 변화에 대하여 보상해 주므로써 출력신호가 변하지 않는 신뢰성 높은 신호처리부를 구성하는 방식이 있다.

첫 번째 방식에서는 그림 3과 같이 직류성분과 교류성분을 분리하여 나누어 주므로써 변조도를 일정하도록 하는 원리이며, 이 경우 고주파 신호의 경우 주파수 특성에 문제를 일으킬 수 있다. 그리고 두 번째 방식은 수광부에서 검출된 광량을 광원부로 피드백하여 광원이 일정한 광을 유지하도록 하는 방식으로 실험 결과 보다 안정적임을 알 수 있었다.

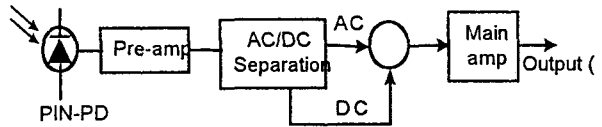


그림 3. 나눔 방식을 이용한 신호처리도

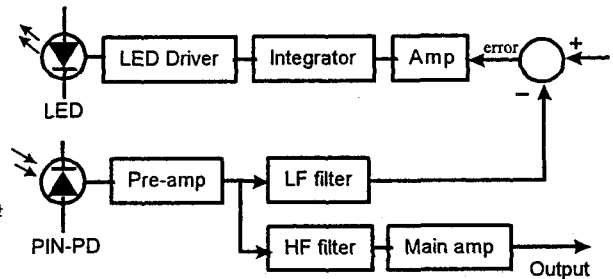


그림 4. 피드백 방식을 이용한 신호처리도

그림 3의 방식을 수식으로 표현하면 수광부에 입력되는 광의 직류성분을  $P_0$ 라 하고 변조도를  $m$ 이라 할 때 출력광  $P$ 는

$$P = P_0(1 + m) = P_0 + mP_0$$

$$\frac{\text{교류}}{\text{직류}} = \frac{mP_0}{P_0} = m \dots (2)$$

그리고 그림 4의 방식은 직류성분인  $P_0$ 를 광원부로 피드백시켜 변화량 만큼을 처음 광원의 구동전압 또는 전류와 비교하여 보상해 주는 방식이다.

## 2.3 실험 결과

광자계센서를 보호계전용으로 사용할 경우 측정하고자 하는 과전류의 20배 까지 측정할 수 있도록 규정되어 있다. 만약 500:5의 변류기를 사용할 경우 최대 측정 전류는 10kA가 된다. 따라서 본 연구에서는 최대 측정 가능범위를 약 20kA로 설정하고 실험하였다.

그러나 전류원의 최대 출력이 6,000A로 그 이상 측정이 불가능하였으며 수직적으로 유추하면 전류가 6kA일 경우 파라데이 회전각은 약 2deg가 된다.

일반적으로 오차율 1% 미만의 측정 범위는 약  $10^\circ$  정도로 이 때 측정 전류는 약 30kA가 된다. 따라서 20kA 까지의 전류 측정은 무난할 것이다.

그림 5는 6,000A 까지 측정한 입출력특성 그래프로 측정오차가 약 0.5%로 매우 양호함을 알 수 있다. 그림 6은 3,000A 인가시 출력 신호의 파형이다.

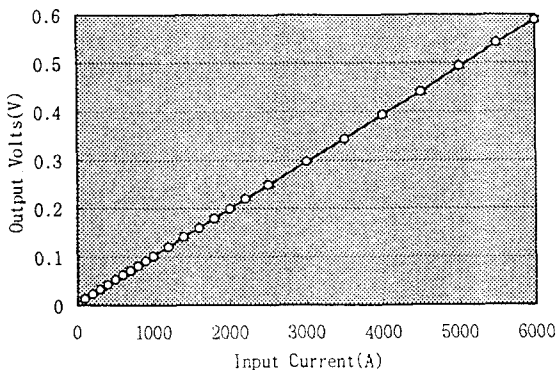


그림 5. 광자계센서의 입출력특성

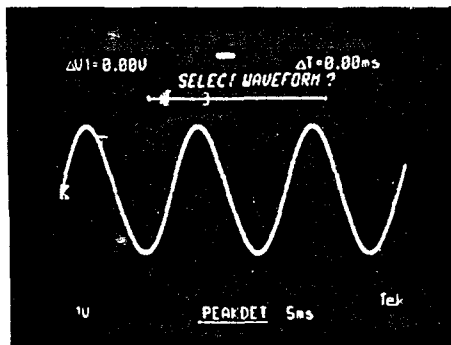


그림 6. 광자계센서의 출력파형(3kA 인가시)

## 3. 결 론

전력계통의 사고시 흐르는 과전류를 신속히 측정하여 적절한 시간에 고장을 복구하거나 영향을 최소화하는 것이 보호계전기의 기능이나 기존의 철심형 변류기를 사용할 경우 사용 선로의 용량에 따라 권선비를 다르게 제작하여야 할 뿐만아니라 사고시 과전류가 변류기를 통해 유기되어 보호계전기에 유입됨으로써 고장의 원인이 된다.

따라서 본 논문에서는 고절연(무유도)이면서 대전류까지 측정가능한 광자계센서를 설계, 제작하여 보호계전기의 과전류 측정용으로 사용가능함을 보였다.

향후 현장 설치를 위하여 광자계센서의 규격화 및 온도특성 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

### (참 고 문 헌)

- [1] Jun Song, "Development of Magneo-optical Current Transducers for Power Systems", Thesis for the degree of Ph. D, Univ. of Manitoba, Jan. 1996.
- [2] 신대승 편저, "보호계전 시스템 기술", 도서출판 기다리, 1992. 8.
- [3] 布下正雄, 久間和生, "光ファイバセンサ(基礎と應用)", 情報調査會, 1986.