

발전용 원동기의 회전속도 신호 검출을 위한 계측장치에 관한 고찰

라우현\*, 최인규\*, 문영대\*, 황정민\*\*, 한승호\*\*\*  
 전력연구원\*, 중부발전\*\*, 서부발전\*\*\*

A Review on the Instrumentations for Rotational Speed for Prime Movers in Power Plants

Woohyun Ra\*, Inkyu Choi\*, Yeoungdae Mun\*, Jeongmin Hwang\*\*, Seungho Han\*\*  
 Korea Electric Power Research Institute\*, Korea Midland Power CO.\*\*, Korea Western Power CO.\*\*\*

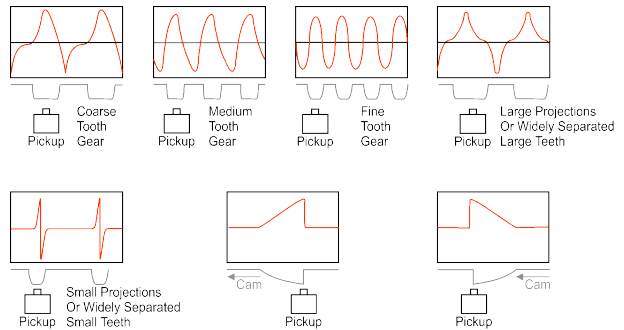
**Abstract** - 전력계통의 발전원은 여러 가지로 구성되어 있다. 1000MW 용량으로 대표되는 원자력 발전소가 기저부하를 담당하고 있으며 500MW 초입계압 화력발전소가 중간부하를 담당하고 있다. 첨두 부하는 수력발전소, 양수발전소, 복합화력 발전소가 및 내연 발전소가 담당하고 있다. 이러한 발전기를 구동하는 원동기는 운전을 위하여 많은 계측장치들이 있으며 그 중에서 가장 중요한 것은 전력계통의 주파수와 동일하게 회전하는 원동기 회전속도의 각속도이다.

본 고에서는 전기 품질의 가장 중요한 요소인 주파수를 유지하기 위하여 발전소에서 일정히 유지해야 하는 원동기의 속도를 검출하는 원리에 대하여 살펴보고자 한다.



<그림 2> 수동형 속도검출기

수동형 속도검출기는 구조가 간단하여 신뢰성이 높은 반면 저속도인 경우에는 출력 전압이 매우 작아서 제어시스템의 감도가 좋아야 하므로 영(零)속도를 검출하기 위해서는 능동형을 쓰는 경우가 많다. 대부분의 터빈 제어에서 정상 운전용으로 수동형이 쓰이고 있다.



<그림 3> 치차의 모양에 따른 속도신호의 파형

1. 서 론

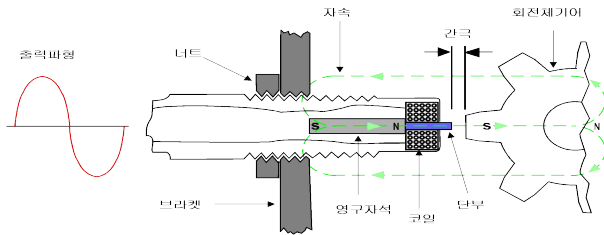
터빈을 제어하기 위해서는 압력전송기와 열전대 등 여러 가지 계측기와 구동장치가 있으나, 터빈 제어의 가장 기본이 되는 것은 속도 제어이므로 가장 중요한 계측기는 속도검출기이다. 이것은 화력발전소와 원자력발전소는 물론 복합화력발전소, 내연발전소 및 수력발전소 등에 모두 공통된 사항이다. 따라서, 현장 계측기의 다중화가 보다 철저하게 구성되어 있고 제어 프로그램 내에서도 고장 검출을 위하여 다양한 알고리즘이 구현되어 있다.

2. 본 론

2.1. 속도검출기

2.1.1 수동형속도검출기

속도검출기는 보통 터빈 축에 붙어 있는 톱니바퀴에 근접하게 설치된다. 수동형 속도검출기는 전원이 필요하지 않아 고장사태가 거의 없다.



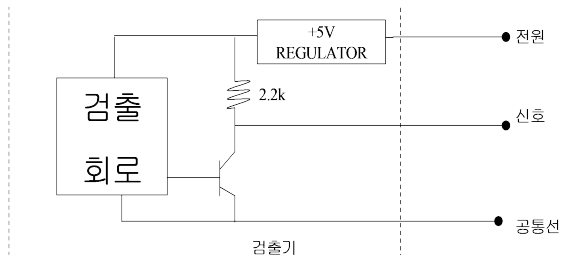
<그림 1> 수동형 속도검출 원리

수동형 속도검출기는 정자계(靜磁界)를 이용한 단상 교류발전기의 원리를 이용한 것으로서 대상 물체는 자성을 띄지 않아야 한다.

<그림 1>에서 영구자석과 주위의 코일로 구성되어 있으며 톱니가 검출기를 통과할 때 자석회로의 자기저항이 변하고 이 자기장의 변화는 패러데이의 법칙에 따라 코일에 유도전압을 발생한다. 이 출력전압의 크기는 톱니바퀴의 주변속도와 톱니의 수에 비례하고 간극에 반비례한다. 또, 유도전압의 주파수는 축의 속도에 비례한다.

2.1.2 능동형 속도검출기

설치 간극이 크거나 원동기의 속도가 매우 느린 경우에 사용하는 능동형 속도검출기는 보통 구형과 전압을 출력한다. 속도가 변동할 경우 구형과 전압의 크기는 정해진 값을 유지하고 전압의 주파수는 속도에 비례하여 변동한다. 전자소자의 단속작용을 이용하므로 근접 스위치라고도 한다.

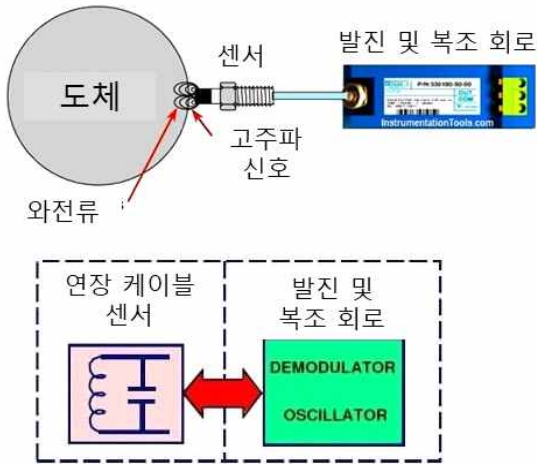


<그림 4> 능동형 속도검출기 회로(공급전압 추종)

능동형 속도검출기는 내부 전자소자로 인하여 고장 확률이 높으므로 제어용으로는 저속도에 사용하고 고속도에서는 적당하지 않다. 하드웨어의 감도가 작은 경우 기동시 저속도에서 큰 신호를 얻기 위해 사용된다.

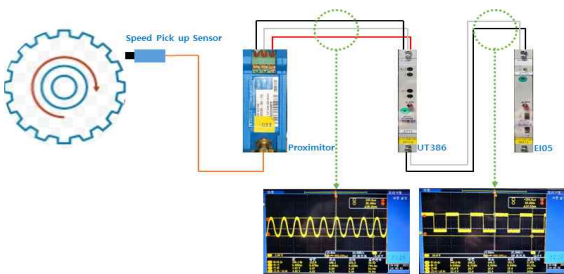
### 2.1.3 가스터빈에 쓰이는 능동형 속도검출기 사례

원동기 축의 위치, 상대팽창, 진동, 편심 등을 검출하는 센서의 원리가 능동형 속도검출기와 동일하다. 진동을 측정하는 계측기, 즉 와전류(Eddy Current)를 이용하여 가스터빈 회전속도를 검출하는 사례를 살펴보면 다음과 같다. <그림 5> “발전 및 복조 회로”는 보통 24Vdc의 전원으로 0.5kHz~2MHz 정도의 고주파 신호를 생산하여 센서에 공급한다. 따라서, 센서의 인덕터에는 교류전류가 흐르고 이 전류는 자기장을 생산하므로 도체의 표면에는 와전류가 흐른다.



<그림 5> 와전류 센서의 구성과 원리

따라서, 측정 대상 물체인 도체가 움직이면 이 와전류가 변화하고 시변 자기장을 발생하며 센서의 인덕터와 상호결합하여 인덕터는 케이블과 발전회로에 전류를 유도한다. “발전 및 복조 회로”를 통하여 이 전류를 검출하면 도체의 움직임의 크기를 알 수 있다.



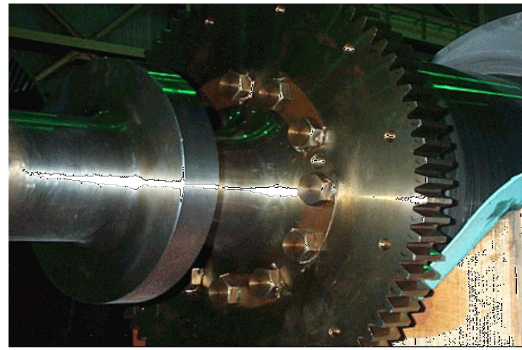
<그림 6> 와전류 센서의 실측 파형 사례

원동기의 속도를 검출하기 위하여 이 와전류 센서를 설치하고 회로의 파형을 실측한 사례를 <그림 6>에 나타내었다.

### 2.2. 속도검출용 치차

화력발전소의 원동기는 발전기의 축에 직결되어 초당 60회전하는 고속의 회전체가 속도의 증감을 신속하고 정밀하게 검출해야 한다. 따라서, 실제의 경우 원동기의 축에 다수의 치차를 가공하여 운영하고 있다. 전력계통에서 원동기는 보통 동기발전기에 직결되어 있으므로 발전기의 고정자 주파수(f), 회전자의 회전수(N) 및 발전기의 극수(P)는 다음과 같이 설명된다.

즉, 동기기에서  $N = 120 \times f \div P$ 이므로 치차가 M 개인 경우 초당 파형 수는  $60 \times M$  개이고 파형 1개의 주기는  $1000 / (60 \times M)$  ms이며 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같으며 요약하여 정리하면 <표 1>과 같다.



<그림 7> 속도검출용 치차

- 발전기의 계기용 변압기 사용하는 경우
  - 발전기 전압의 주파수를 검출하므로 정현파는 1초에 60개 발생한다. 주파수 파형 1개의 주기는 16.67(1000/60)ms 이다.
- 원동기 회전자의 치차가 60개인 경우
  - 원동기가 1초에 60번 회전하면, 속도신호는 1초에 3,600개 발생되므로 PT를 사용하는 것보다 60배 정밀하고 빠르다. 속도 파형 1개의 주기는 277.8μs(1000/60\*60)이다
- 원동기 회전자 치차가 120개인 경우
  - 원동기가 1초에 60번 회전하면 속도신호는 1초에 7,200개 발생되므로 PT를 사용하는 것보다 120배 정밀하고 빠르다. 속도 파형 1개의 주기는 138.9μs(1000/60\*120)이다

<표 1> 치차의 수에 따른 신호 주기

	초당 파형 수	파형 1개의 주기
PT 신호를 사용하는 경우	60	16.67ms
치차가 60개인 경우	3,600	277.8μs
치차가 120개인 경우	7,200	138.9μs
치차가 240개인 경우	14,400	69.5μs
치차가 360개인 경우	21,600	46.3μs

상기에 서술한 바와 같이 가공한 치차의 숫자가 커질수록 원동기의 속도 변동을 더욱더 신속히 검출할 수 있으므로 제어 성능이 그만큼 향상되며 또 부하 탈락 등 큰 외란이 발생한 경우에는 그만큼 빠르게 대응할 수 있다.

### 3. 결 론

근래에 우리나라에서 재생에너지의 증가와 더불어 가스터빈 제어의 기술자립을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이를 위해서는 신뢰성 있는 하드웨어는 물론 터빈·발전기의 물리적 운전특성을 기초로 한 정상운전시의 제어 알고리즘도 중요하지만 회전속도를 검출하는 계측기의 원리도 대단히 중요하다. 이 논문에서는 이러한 회전속도를 검출하는 여러 가지 계측기의 원리에 대하여 소개하였으며 제어시스템의 특성에 따라 적당한 방식을 선택하는 것이 중요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] “발전소 터빈과 전력계통 주파수 제어”, 전력연구원
- [2] “신경망 이용 동적모델 기반 가스터빈 제어 검증시스템 개발 중간보고서”, 전력연구원
- [3] “발전방식별 여러 가지 터빈의 속도제어 비교”, 2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집
- [4] “Proximity Transducer System Operation”, Instrumentationtools.com