

## 슬롯의 크기 및 형상 변화에 따른 대용량 액추에이터용 위치센서의 특성

구명환, 강명훈, 이희준, 차귀수  
순천향대학교

### Properties of position sensor for long stroke actuator at various slot configuration

Myunghwan Ku\*, Myunghun Kang\*, Heejoon Lee\*, Gueesoo Cha\*, Seung Bok Kim\*\*  
Soonchunhyang University\*, Sun Bee Instruments, Inc.\*\*

**Abstract** - 대형 수력발전소의 수문을 조절하는 데에 사용되는 초대형 액추에이터는 2개의 액추에이터를 동기 시켜야 하므로 이동거리를 정확히 측정하는 것이 매우 중요하다. 이를 위하여 초대형 액추에이터에는 위치센서를 사용하고, 종류에는 와이어형, 롤러형, 자기형 등이 알려져 있다. 본 연구에서는 자기저항의 차이를 이용하여 액추에이터의 위치를 측정하는 인덕턴스형 위치센서의 특성을 계산하였다. 자기저항의 차이를 발생시키기 위해서 피스톤 로드의 표면에 파는 홈의 크기와 형상을 변화시키면서 인덕턴스형 위치센서에 적합한 형상을 찾아보았다.

#### 1. 서론

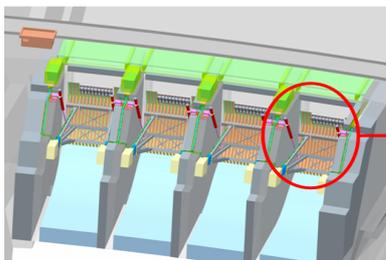
전기에너지를 발생하기 위한 방법의 하나로 수력발전이 폭넓게 이용되어 왔다. 수력발전소에서는 수문을 설치하고 수문을 통해서 배출되는 유량을 조절해서 저수지의 수위를 조절한다. 발전용량이 많은 대형 수력발전소의 수문을 조절하는 데에 사용되는 초대형 액추에이터는 이동거리가 10m 이상이고 견인력이 250톤에 달해서 이를 정확하게 제어하는 것이 과제이다.

액추에이터의 출력과 안전성을 고려하여 하나의 수문을 2개의 액추에이터로 구동할 때에는 2개의 액추에이터를 동기시켜야 한다. 액추에이터를 이용해서 수문을 정확히 제어하고 복수의 액추에이터를 동기시키기 위해서는 액추에이터의 이동거리를 정확하게 판단해야 한다. 액추에이터에 사용되는 위치 센서는 액추에이터에 장착되어 액추에이터와 동일한 외부환경에 노출되므로 내환경성을 갖고 선형성, 히스테리시스, 분해능과 같은 센서의 특성을 장기간 허용 오차범위 내에서 유지할 수 있어야 한다. 초대형 액추에이터의 위치를 측정하기 위한 위치센서로는 와이어형, 롤러형, 자기형 등 여러 가지 방식이 알려져 있다.

본 연구에서는 자기 저항의 차이를 이용해서 액추에이터의 위치를 측정하는 인덕턴스형 위치 센서의 특성을 계산하였다. 자기 저항의 차이를 발생시키기 위해서 피스톤의 표면에 파는 홈의 크기와 형상을 변화시키면서 자장과 픽업 코일을 통과하는 자속을 계산하였다.

#### 2. 위치 센서의 특징

그림 1은 수력발전에 사용하기 위해서 건설한 4개의 수문이 있는 댐의 일부를 보인 것으로 각각의 수문은 2개의 액추에이터로 조절되고 있다.



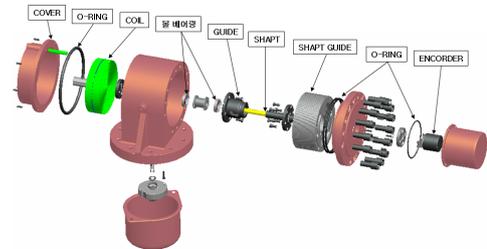
〈그림 1〉 4개의 수문과 수문을 제어하는 액추에이터

초대형 액추에이터의 위치를 측정하는 데에 많이 사용되는 위치 센서의 특징은 다음과 같다.

와이어형 위치센서는 온도 변화에 대한 팽창계수가 작은 스테인레스 스틸을 스펴에 감아 놓은 형태로 스펴의 한 면에는 시계태엽과 같은 나선형 스프링 또는 모터가 연결되어 선이 액추에이터의 로드와 부착되어 풀리거나 감길 때에 일정한 인장력을 유

지하여 로드 움직임과 직선성을 유지시키도록 하고 있다. 스펴의 다른 면에는 정밀한 회전각 센서가 장착되어 있어 스펴의 원주 길이와 회전각에 대한 함수로 와이어의 이동거리를 산정하여 전기적 디지털 신호를 출력한다.

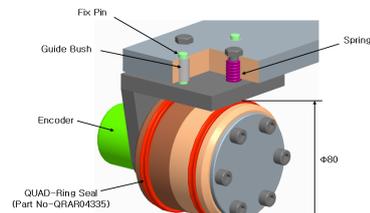
초대형 액추에이터의 경우에는 외부 환경변화에 따라서 위치 센서의 특성이 변하는 것을 방지하고 와이어가 늘어짐을 줄이기 위하여 액추에이터에 내장시킨다. 와이어형 위치센서는 스펴의 직경과 길이를 확대함으로써 손쉽게 측정범위를 연장시킬 수 있고 비교적 구조가 간단하여 높은 정밀도가 요구되지 않는 여러 분야에서 초대형 액추에이터의 위치 센서로서 사용되고 있다.



〈그림 2〉 와이어형 위치 센서

롤러형 위치센서는 접촉성이 좋은 재질로 가공된 롤러를 액추에이터 로드의 움직임에 따라 회전하게 해서 로드의 이동거리를 산출해 내는 방식을 사용한다. 롤러 축에는 회전각 센서가 장착되어 회전수 및 회전각에 대한 전기적 신호를 출력시켜 롤러의 원주길이와 회전각을 곱하여 이동거리를 산출한다. 롤러 타입 센서는 위치 센서 중 가장 간단한 구조로 소형화가 가능하며 액추에이터 로드의 이동경로를 롤러 회전으로 연계시킬 수 있다면 어디에나 쉽게 사용할 수 있는 장점을 갖고 있다.

그러나 롤러 타입 위치 센서에서는 롤러가 이동체에서 미끄러질 경우 측정오차가 발생하며 방향을 바꾸는 경우에 약간의 슬립이 발생해 롤러 표면이 마모되어 측정값의 정밀도가 낮아지는 문제가 발생한다. 또한 롤러 타입은 실내에서만 사용할 수 있고 동작환경이 청결해야 한다는 제약도 따른다.

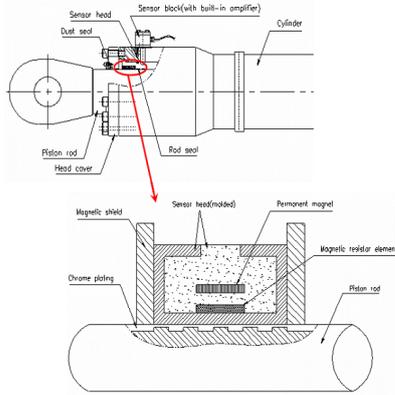


〈그림 3〉 롤러형 위치 센서

자기형 위치 센서는 초대형 액추에이터 변위를 가장 정밀하게 측정하게 해주는 센서로서 높은 수준의 제작 기술이 요구된다. 자기형 위치 센서에서는 동력 전달 축인 액추에이터 로드의 몸체 전 구간에서 일정한 간격으로 표면을 파내어 산과 골을 형성시킨 후 로드의 원활한 운동을 위하여 파낸 골 부분은 물론 산 표면까지 매끈한 표면이 되도록 세라믹으로 코팅한다. 산과 골이 형성된 로드 자체가 위치를 결정짓는 원천으로 산과 골의 거리에 따라 펄스 신호를 취득할 수 있도록 자기 센서나 픽업 코일을 설치한다.

위치 신호의 분해능을 높이기 위하여 산과 골 간격의 1/2위치

에 다른 자기 센서나 픽업 코일을 설치한 인덕티브형 센서에서는 90° 단위로 4등분된 신호를 취득하여 실제 가공된 산의 폭보다 4배의 분해능을 갖는 기법으로 측정 정밀도를 높여 사용한다. 자기형 위치 센서는 센서 2개가 1조를 이루므로 센서 하나가 정상적으로 동작하지 않더라도 나머지 센서로 위치를 측정할 수 있는 장점이 있다. 또 다른 형태의 센서들은 수평과 수직의 동작 위치에 따라 측정 정밀도가 변하기 쉬운데 자기형 위치 센서에서는 동력전달체인 로드에서 위치 표시가 각인되어 있으므로 액추에이터의 설치 위치에 관계없이 액추에이터 이동거리에 대한 정확한 위치 신호를 취득할 수 있다.



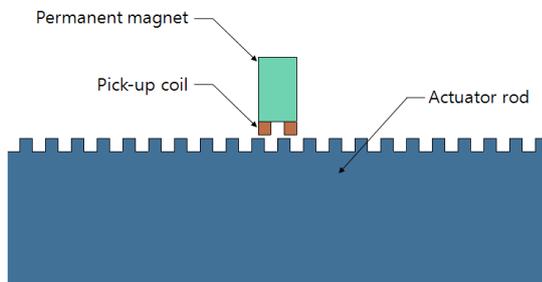
<그림 4> 자기형 위치 센서

### 3. 인덕티브형 센서의 특성 계산

인덕티브형 위치 센서에서는 액추에이터 로드의 몸체 전 구간에 일정한 간격으로 산과 골을 만들어서 산과 골이 픽업코일을 통과할 때 발생하는 자기저항의 차이를 이용해 이동거리를 산정한다. 따라서 산과 골의 형상이 거리를 산정하는 데에 필요한 신호를 얻는 데에 중요한 역할을 한다. 산과 골의 크기를 크게 하거나 골을 깊게 파면 자기저항의 차이가 커서 신호를 얻기가 용이하지만 산과 골의 크기를 크게 하면 분해능이 떨어져서 위치 센서의 정밀도가 떨어지고 골을 깊게 파면 액추에이터 로드에서 발생하는 응력이 심해져서 로드의 강도가 떨어진다.

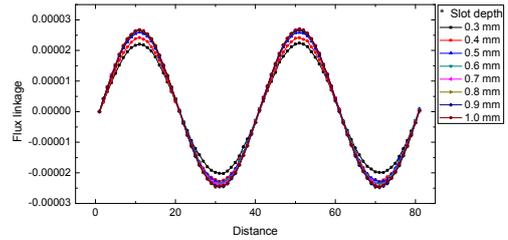
여기서는 골의 깊이를 변화시키고, 한 피치에서 골이 차지하는 비율을 변화시키고, 골의 형태를 사다리꼴로 변화시키면서 픽업 코일을 통과하는 자속의 변화를 계산했다. 계산에 사용된 모델에서 골과 산으로 구성된 피치는 2mm이고 픽업코일의 턴 수는 83턴, 픽업 코일 중심 사이의 거리는 피치와 동일하게 2mm로 했다. 자장을 발생시키기 위해서 픽업코일의 위에 Nd 자석을 설치했고 픽업코일과 로드 사이의 공극은 0.3mm로 정했다.

그림 5는 인덕티브형 위치 센서의 구조로서 영구자석, 픽업 코일 그리고 표면에 골이 파진 액추에이터 로드를 볼 수 있다.



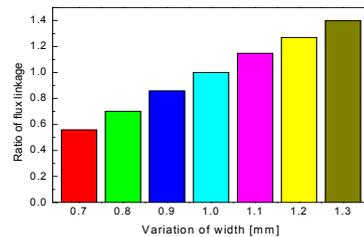
<그림 5> 인덕티브형 위치 센서의 구조

그림 6은 골의 깊이를 0.3mm에서 1.0mm로 변화시킨 경우에 픽업코일을 통과하는 자속의 교류성분을 보인 것이다. 자속의 크기는 0.5mm에서 1.0mm 사이에서는 변화가 적고 0.4mm이하에서 변화가 커지는 것을 볼 수 있다. 0.5mm에서의 자속의 크기는 1.0mm일 때의 95%이며 깊이가 반으로 줄어든 것에 비하여 자속의 크기의 감소는 적은 것을 알 수 있다. 골이 깊어지면 피스톤 로드의 강도를 떨어뜨리기 때문에 골의 깊이를 자속의 변화가 적을 때까지 최대한 얇게 파는 것이 유리하다.



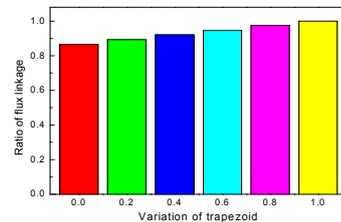
<그림 6> 골의 깊이를 변화시킬 때의 쇄교자속

그림 7은 한 피치 내에서 골이 차지하는 비율을 변화시킨 것으로 한 피치는 2mm로 고정하고 골의 폭을 0.7mm에서 1.3mm로 변화 시키며 그때의 자속의 크기를 비율적으로 나타내었다. 골의 폭을 증가시키면 자속의 크기가 증가하여 센서의 특성에는 유리하지만 액추에이터 로드의 강도가 떨어질 수 있다.



<그림 7> 골의 폭을 변화시킬 때의 쇄교자속

그림 8은 골의 모양을 사다리꼴로 변화시킨 것으로 깊이와 산의 폭은 1.0mm로 고정하였다. 그림에서 1.0mm인 부분이 골의 형태가 사각형이고 0.0mm는 V자의 형태이다. 골의 형태가 V자 형태로 갈수록 쇄교자속이 소폭 감소하고 폭이 0일 때의 크기는 1.0mm일 때의 86%이다.



<그림 8> 사다리꼴 형태의 골 변화에 따른 쇄교자속

### 4. 결 론

인덕티브형 위치 센서에서는 산과 골이 픽업코일을 통과할 때 발생하는 자기저항의 차이를 이용해서 이동거리를 산정하므로 산과 골의 형상이 거리를 산정하는 데에 필요한 신호를 얻는 데에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 산과 골의 형태를 변화시키면서 픽업코일을 통과하는 자속의 변화를 계산하였다.

계산 결과에 의하면 액추에이터 로드의 골의 형태는 깊이를 얇게 파고 사다리꼴 형태로 가공하는 것이 기계적인 강도를 감소시키지 않고 쇄교자속의 크기를 유지하는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부가 시행하는 부품소재기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### [참고 문헌]

[1] S. Y. Yang, M. C. Lee, M. H. Lee, "Measuring System for Development of Stroke-Sensing Cylinder for Automatic Excavator," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 45, No. 3, June 1998.