

SMART 냉각재순환펌프용 회전속도측정기의 개선에 관한 연구 A Study on Improvement of MCP Rotational Speed Sensor for SMART

허 형, 박진석, 최순, 지성균
대전광역시 유성구 덕진동 150, 305-353, hhuh@kaeri.re.kr

1. 서론

SMART 냉각재순환펌프 (Main Coolant Pump, MCP) 는 기동시나 장시간 운전되는 동안에 냉각재 순환펌프의 작동여부에 대한 회전정보의 측정은 필수적이며, MMIS 의 제어계통 및 안전계통에 각각 2 개, 4 개의 물리적/전기적으로 독립적인 신호를 제공해야 한다. SMART MCP 는 상용 원자로와 달리 캔드모터로 회전축은 원자로의 일차 냉각수 속에 잠겨서 회전하기 때문에 고온과 고압의 경계에 둘러싸여 있어 기존의 근접센서로 회전속도를 측정하기에는 여러가지 어려운 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 발전기 원리를 이용한 코일형 회전속도측정기(Rotational Speed Sensor, RSS)를 설계하였다[1]. 이 코일형 회전 속도측정기는 압력 경계면을 뚫지 않고 설치할 수 있기 때문에 일차 냉각수의 누수문제를 걱정하지 않아도 된다. 그리고 좁은 장소에 설치 되어 여러 채널에서 동시에 회전속도를 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 내구성이 뛰어나기 때문에 내압 및 진동이 있는 곳에서도 사용할 수 있으며 측정되는 회전속도의 정확성이 뛰어나다. 그러나 고온, 고압의 펌프 내부에 영구자석이 위치하여야 하기 때문에 가동 년수 증가에 따른 영구자석의 성능저하가 우려되며 내부의 급속성 슬러지의 부착에 따른 영구자석의 세기 및 분포에 영향을 주어 센서에 유기되는 유도기전력의 저하가 예상된다.

본 연구에서는 위와 같이 예견되는 문제점을 보완하고자 영구자석을 펌프 내부에서 외부로 이동시켜 센싱하는 방법들을 연구하였고 개념 설계된 개선안을 전자기장 수치해석을 통하여 성립됨을 확인하였다.

2. 개선된 회전속도측정기의 구조

SMART MCP 의 구조는 그림 1 과 같으며 그 중 회전속도측정기는 그림 2 과 같이 캔드모터의 회전축에 장착된 규소강관으로 제작된 Target Gear 와 펌프 외벽의 코어, 요크, 코일 및 네오디뮴 계열의 영구자석으로 구성된다[2,3].

회전속도 측정 원리는 펌프 내부의 연자철의 Target Gear 가 회전할 때 코어 권선 내에 공극 길이의 차에 따른 유도기전력을 회전수와 연관시켜 회전속도를 측정하는 방식이다.

회전속도측정기를 설계할 때 고려해야 하는 중요한 변수는 Target Gear 와 코어 사이의 거리, 영구자석의 세기, 회전수 등이며, 특히 Target Gear 와 코어 사이에는 펌프의 압력경계를 이루는 SUS321 스테인레스강 두께와 공극으로 인한 간격이 존재하며 이 간격은 회전속도측정기 설계에 중요한 변수이다.

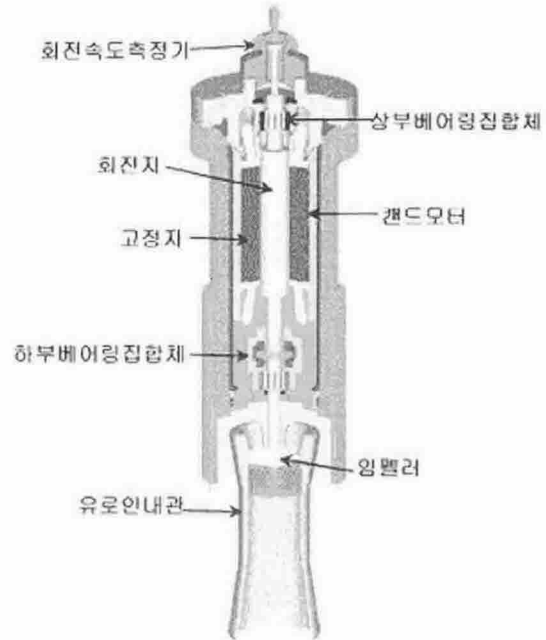


그림 1. SMART MCP의 구조

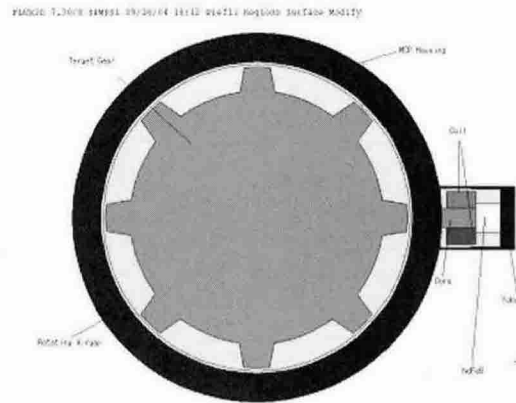


그림 2. 개선된 회전속도측정기의 구조

3. 자기장 수치해석

3.1 수치해석 모델링

그림 2 와 같이 개선된 회전속도측정기가 개념이 성립되는지를 확인하기 위하여 전자기장 해석 툴인 Flux 2D 를 사용하였다.

표 1 은 수치해석 조건이며 그림 3 과 같이 전기 회로를 커플링하여 유도 기전력을 구하는 방법을 사용하였다. 이 회로에서 저항기 용량을 1,000 [kW] 으로 적용하여 저항 양단에 걸리는 전압을 계산하여 회전속도측정기의 유도기전력을 구하였다. 또한 Target Gear 가 3,600 [rpm]으로 회전하는 경우의 과도해석을 수행하기 위하여 Y Rotating Airgap 기법을 사용하여 계산 하였다[4].

표 1. 자기장 수치해석 조건

해석 solver	Transient Magnetic
2극 자석의 각도	0 [Deg.]
코일 턴수	200 turns
해석좌표계	XY-Plane
경계조건	Dirichlet
Airgap	Y Rotating Airgap
Coil	External Circuit
Resister	1,000 kΩ
Coil Resistivity	0.175e-07 [$\Omega \cdot m$]

Coupled Circuit

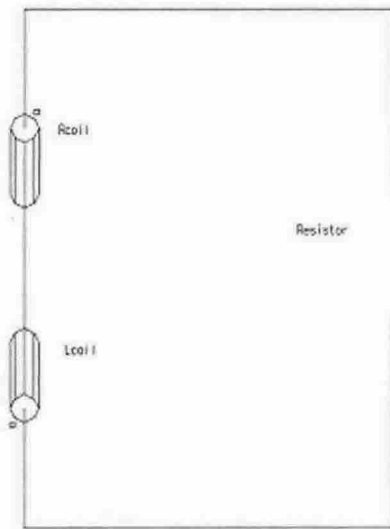


그림 3. 수치해석시 결합시킨 전기회로

3.2 수치해석 결과

그림 4 는 수치해석 결과 얻어진 회전속도측정기 내부의 등자속선 분포를 나타내고 있다. 자기장의 집속을 위한 요크에서 포화됨을 알 수 있었으며 추후 요크의 넓이를 증가시키면 유도기전력의 상승에 도움을 줄 수 있다.

그림 5 는 MCP 유도전동기 회전자 축에 연결된 Target Gear 가 3,600[rpm] 회전시 저항 양단에 유기되는 전압의 크기와 패턴을 계산한 것이다.

회전속도측정기 권선에 유기되는 유도기전력은 해석결과 약 3[mV]이지만 권선수, 영구자석의 크기, 요크의 크기 등의 최적화를 통하여 개선될 수 있다.

SMART 7.00V 00001 03/25/04 13:28 Display Simulation Result Flux Time : 0.04 s Total : 1076.8 deg.

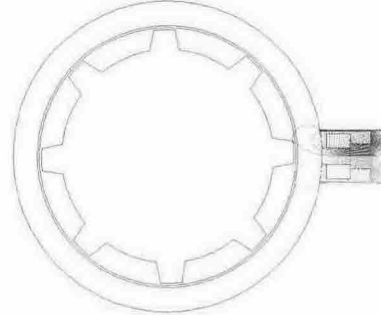


그림 4. 회전속도측정기 내부의 등자속선 분포

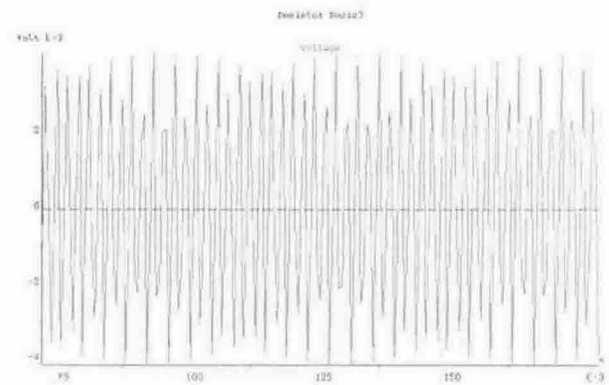


그림 5. 3,600[rpm] 회전시 발생된 유도기전력 계산결과

4. 결론

SMART MCP 회전속도측정용으로 개발된 RSS 의 추후 예견되는 문제점을 보완하기 위하여 개선된 RSS 를 개념설계하였고, 개념성립을 확인하기 위하여 자기장 수치해석 툴을 사용하여 해석하였다. 해석결과 RSS 에 회전에 따른 비례된 유도 기전력이 발생됨을 알 수 있었다.

추후 RSS 의 최적화를 통하여 좀 더 보완되어진다면 좀 더 성능이 우수한 RSS 의 역할을 할 수 있으리라 사려된다.

참고문헌

- [1] 허 형외, SMART 냉각재순환펌프에 장착되는 회전속도측정기의 전자기장해석", 2000 년 추계 한국원자력학회학술대회
- [2] R. Boll, K.J. Overshott, Sensors-A Comprehensive Survey, Vol.5, p. 259,1991.
- [3] 백수현, Sensor Handbook, 세화출판사, pp.469-536, 1990.
- [4] Flux 2D, User Guide, Ver.7.11, 1999.