

# 수중운동체에서 근접 표적 탐지를 위한 능동형 자기센서

정현주\*, 양창섭, 조동진

국방과학연구소

## 1. 서론

현재까지 세계 각국의 수중유도무기에서 기폭 신관으로 활용되는 센서는 작동 원리에 따라 충격센서, 능/수동 음향센서 및 능/수동 자기센서 등이 있다. 이들 중에서 능동형 자기센서는 특정 주파수의 자기장을 발생시킨 후 표적 표면에서 발생하는 와전류(Eddy current)에 의한 2차 자기장을 탐지한다. 따라서 근거리에서 정확한 표적 탐지가 가능하지만 대상 표적 관점에서는 이러한 센서의 위협을 극복할 수 있는 마땅한 대책이 없기 때문에 미국, 독일, 일본 등 세계 각국의 수중유도무기에서는 능동형 자기센서를 기폭신관용 센서로 널리 사용하고 있다.

능동형 근접자기센서의 표적 탐지거리 증대와 소형 표적 탐지를 위해서는 능동형 자기센서를 구성하는 송신기의 송신출력 향상과 수신기의 수신감도를 향상시키는 것이 필요하며, 이를 위해서는 송/수신기를 구성하는 코어의 형상 설계가 매우 중요하다. 특히, 송신기는 수중유도무기 체계의 몸체 후부에 장착되는데 이 경우, 장착 공간 등이 매우 제한적이므로 허용된 공간내에서 최대 효율을 낼 수 있도록 송신기를 설계해야 한다. 일반적으로 송신기는 송신 효율 증대를 위해서 고투자율을 가지는 자성체(이하 송신코어)에 코일을 권선하는 형태로 제작된다. 이러한 송신코어는 그 형상에 따라서 코어 내부에 형성되는 반자장 특성이 다르고, 이는 송신출력과 밀접한 연관성을 가진다. 그러므로 송신 출력 극대화를 위해서는 제한적인 장착 공간내에서 송신 코어의 형상을 최적화하는 것이 매우 중요하다[1-3].

따라서 본 논문에서는 수중유도무기에 적용되는 능동형 자기센서의 송신출력 향상을 위한 송신기 코어 형상 설계와 관련된 해석 및 시험결과 등을 기술하였다.

## 2. 실험방법 및 결과

수중운동체에 사용되는 능동형 자기센서의 송신기는 퍼멀로이(permalloy) 혹은 아몰퍼스(amorphous)와 같이 고 투자율을 가지는 재료의 송신코어 외부에 동선을 권선한 형태로 제작되며, 그림 1과 같이 수중운동체의 추진후부에 막대자석 형태로 장착된다. 따라서 본 논문에서는 표 1과 같이 수중운동체의 추진후부에 장착 가능한 송신기 4종을 대상으로 유한요소 해석을 통한 송신코어의 형상에 따른 출력 특성을 비교/분석하였다. 송신기별 상대적인 특성 비교를 위해서 코일 권선수는 300 턴, 코일 전류는 5 A<sub>pk</sub>, 운용 주파수는 1 kHz, 코어의 상대투자율은 10,000으로 임의로 가정하여 모두 동일하게 적용하였다. 해석 결과를 살펴보면 표 1에서 알 수 있듯이 4번 송신기의 경우, 코어의 부피와 단면적은 다른 송신기 대비 가장 작지만, 자기다이폴모멘트 측면에서는 가장 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 반면 코어의 단면적 감소로 인하여 권선되는 코일의 길이도 1번 코어대비 대략 28 % 정도 감소되므로 이로 인하여 송신코일의 동손(copper loss)도 줄일 수 있다. 그리고 표 2는 유한요소해석 결과의 검증에 위한 목적으로 아몰퍼스(2605SA1) 재질을 이용하여 실제로 제작된 2종의 송신기를 대상으로 1.35 m 이격된 거리에서 송신기로부터 출력되는 자기장의 크기를 측정하고 유한요소 해석 결과를 비교한 표이다. 표 2에서 알 수 있듯이 유한요소 해석결과와 실제 제작된 송신기를 대상으로 시험한 결과가 매우 유사하였고, 송신기 4번의 경우, 송신출력 세기 측면에서 송신기 1번 대비 대략 35% 우수하였다. 따라서 송신기 형상의 최적설계를 위한 목적으로 제작된 유한요소 해석 모델의 타당성은 실제 제작된 송신기를 대상으로 비교 시험을 통해서 검증되었고, 송신코어의 형상은 송신기의 출력 향상에 매우 중요한 설계 인자임을

알 수 있었다.

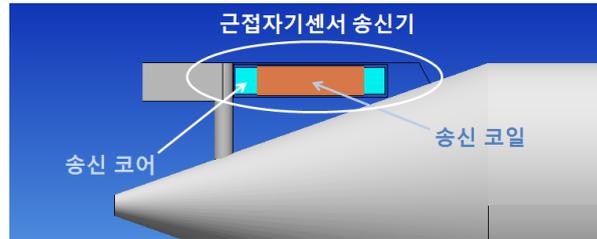


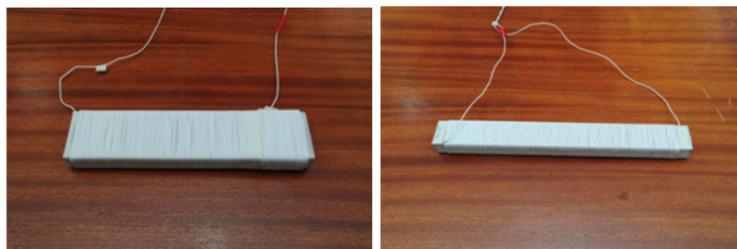
그림 1. 수중운동체 몸체에 장착된 능동형 자기센서 송신기

표 1. 유한요소 해석을 통한 송신기 출력 특성

송신기순번	코어제원(mm×mm×mm)	자기다이폴모멘트[Am <sup>2</sup> ]	코일길이[m]
1	220×48.8×19	38.8	40.7
2	250×40.0×19	47.0	35.4
3	270×34.4×19	51.2	32.0
4	280×30.0×19	51.9	29.4

표 2. 유한요소 해석결과와 측정 결과 비교

	코일턴수	인가전류 [A <sub>pk</sub> ]	자기장 [ $\mu T_{pkpk}$ ]	
			시험결과	해석결과
송신기 1	300	5	6.63	6.46
송신기 4	300	5	9.00	8.46



송신기1

송신기4

그림 2. 실제로 제작된 송신기

### 3. 결론

본 논문에서는 수중운동체에 적용되는 능동형 자기센서의 송신 출력 향상을 위한 송신 코어의 형상 최적화와 관련된 유한요소 해석 및 시험결과 등을 기술하였다. 그 결과 송신코어의 형상은 송신 출력 향상에 매우 중요한 인자임을 확인하였고, 동일한 기자력 조건에서 송신기 4번의 경우 송신기 1번 대비 송신 출력이 대략 36% 수준까지 증대시킬 수 있음을 유한요소 해석과 실 시험을 통해서 확인하였다.

### 4. 참고문헌

- [1] Official Website of the UNITED STATES NAVY <<http://www.navy.mil>>.
- [2] 김종호, 손대락, 한국자기학회지 **20**, 178 (2010).
- [3] Dieter G. Lukoschus, IEEE Trans. on Geoscience Electronics **17**, 56 (1979).]