

## 자장측정기의 교정방법 및 불확도 분석

한국표준과학연구원 자기그룹 김영균 박포규\* 김윤배

### CALIBRATION METHOD AND UNCERTAINTY EVALUATION FOR MAGNETOMETER

Korea Research Institute of Standards and Science(KRISS)  
Magnetics Group Y. G. Kim, P. G. Park, Y. B. Kim

#### 1. 서론

단위 면적당 통과하는 자속(magnetic flux)량을 자속밀도(magnetic flux density)라고 하며, SI 유도단위는 테슬라(Tesla, T)이다. 자속밀도(B)는  $\omega = \gamma'_p \cdot B$ 에서 핵자기 공명주파수( $\omega$ ), 상수인 양성자 자기회전비율 ( $\gamma'_p$ )의 정확한 값으로부터 실현된다.

물리적 고유현상인 핵자기공명을 이용한 자장측정기는 홀효과(Hall effect)나 자속게이트(Fluxgate)를 이용한 것보다 시간에 따른 드리프트가 거의 없고, 재현성이 우수하기 때문에 표준자장 및 정밀자장 측정용으로 많이 사용된다. 우리나라의 자장표준은 자장범위 0.04 T 이상에서 전자석 및 핵자기공명 자장측정기, 1 mT - 25 mT 에서는 헬름홀츠 코일 장치, 1 mT 이하에서는 비자성동에 설치된 정밀 솔레노이드 장치 등으로 유지 및 보급하고 있다.

자장과 관련된 기술은 항공, 우주분야, 생체자기학(biomagnetics) 등의 첨단산업뿐만 아니라 각종 전자산업 및 군수산업 등에 이용되고 있다. 자기유도(magnetic induction), 홀효과 및 자속게이트의 원리를 이용한 자장측정기는 자성재료 및 전자산업의 발달로 성능향상 및 소형화로 인하여 널리 사용되고 있다. 각종 산업에 많이 사용되는 자장측정기의 교정 불확도를 분석하여 평가함으로써 교정품질을 향상시킬 수 있다.

#### 2. 교정방법

자장측정기의 교정방법은 교정받고자하는 장비보다 정확도 높은 장비를 이용하여 비교하는 것이다. 일반적으로 많이 사용되는 홀 효과 자장측정기를 교정하기 위해서는 이보다 정확도가 높은 핵자기공명 자장측정기를 이용한다. 이를 이용하여 자장측정기를 교정하는 방법은 전자석으로 자장을 발생시키고, 그 중심부에 핵자기공명 자장측정기의 센서를 고정하여 발생된 자장값을 측정한다. 다음, 홀 효과 센서를 전자석 중심부에 넣어서 방향 및 각도 등을 조정하여 최대 자장값을 구하고, 홀 센서를 고정시킨다. 핵자기공명 자장측정기로 측정한 값과 홀 효과 자장측정기의 값이 일치하도록 홀 효과 자장측정기를 조정한다. 표준자석, 헬름홀츠 코일 및 솔레노이드를 이용한 자장측정기의 교정방법도 이와 비슷한 방법으로 비교교정을 한다.

Table 1. Uncertainty sources for NMR and electromagnet system.

Source of uncertainty	Type(A/B)	Value	Probability distribution	Coverage factor	Degree of freedom
Magnetic flux density	A	$2.62 \times 10^{-5}$ T	t	1	26
Voltage across std. res.	A	$4.0 \times 10^{-6}$ V	t	1	9
NMR Magnetometer (METRO PT2025)	B	$3.5 \times 10^{-7}$ T	Rectangular	$1/\sqrt{3}$	$\infty$
DVM(HP 34401A)	B	$1.13 \times 10^{-5}$ V	Rectangular	$1/\sqrt{3}$	$\infty$
Current source (Varian 7700)	B	$5.8 \times 10^{-6}$ A	Rectangular	$1/\sqrt{3}$	$\infty$
Std. Resistor (Leeds 4360)	B	$2.6 \times 10^{-6} \Omega$	Normal	1/2	$\infty$
Tem. effect of Resistor	B	$1.73 \times 10^{-5} \Omega$	Rectangular	$1/\sqrt{3}$	$\infty$

### 3. 불확도 분석 결과

자장측정기의 교정에는 자장발생 및 측정장비가 사용되므로 불확도를 분석하기 위해서는 사용되는 중심부 공간에서 자장균일도 및 흘려준 전류의 안정도 등을 측정하였고, 전류측정을 위해 사용된 각각 장비의 불확도를 분석하여야한다. 자장발생 장치인 전자석, 헬름홀츠 코일, 솔레노이드의 내부 중심의 자장균일도, 표준저항, 전압계 등에 대한 표준불확도, 수학적 모델, 입력량과의 상관관계, 측정의 표준편차, 합성표준 불확도, 유효자유도 등을 이용하여 확장불확도를 계산한다. Table 1은 핵자기공명 자장측정기 및 전자석 시스템으로 0.04 T - 0.5 T의 자장 범위에서 사용된 장비의 불확도 요인을 나타낸다.

교정 장치의 불확도를 분석하고, 그 유효성을 다른나라의 표준기관과의 국제비교를 통하여 확인함으로써 국내에서 교정한 장비의 신뢰성을 증가시킬 수 있다. 국가 표준시스템을 선진국 수준으로 확립하고, 적합하게 분석한 방법이 국제적으로 인증받음으로서 교정 및 시험검사의 측정능력을 향상시킬 수 있고, 국내에서 교정한 성적서를 해외에서도 인증 받는 계기가 될 것이다.

### 5. 참고문헌

- [1] 정낙삼 외 "측정불확도 표현 지침", KRISS-99-070-SP, 1999.
- [2] 박포규, 김영균, "핵자기공명 가우스미터 및 전자석을 이용한 자장 측정기의 교정절차", KRISS, C-15-001, 1999.