

# 리니어모터 발열해석 및 측정 Heat Analysis and Measurement for Linear Motor

\*#박철훈<sup>1</sup>, 최상규<sup>1</sup>, 함상용<sup>1</sup>

\*#C. H. Park(parkch@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, S. K. Choi<sup>1</sup>, S. Y. Ham<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 나노융합시스템연구본부

Key words : Linear motor, Heat analysis, Heat measurement

## 1. 서론

본 원에서는 전달함수기법을 이용하여 직선운동유니트의 운동정밀도 및 위치결정오차를 예측할 수 있는 알고리즘을 개발하고 실험적으로 검증하였으며, 이를 발전시켜 직선운동유니트의 정밀도를 예측할 수 있는 시뮬레이터를 개발 중에 있다.<sup>1</sup> 이 시뮬레이터에는 직선운동유니트에 사용되는 리니어모터에 의한 발열량을 예측하여 설계자로 하여금 적절한 냉각/단열부 설계의 기초자료로 활용케하기 위한 기능도 포함되어 있다. 설계자는 기본적으로 해당 카달로그의 데이터를 참조하여 리니어모터를 선정한다. 영구자석형 리니어 모터의 경우 발열원의 대부분은 저항손이고 카달로그의 데이터로 부터 저항을 알아내고, 운전패턴에 해당하는 전류  $I_{rms}$ 를 예상할 수 만 있다면 리니어모터에 의한 발열량을 대략적으로 예측할 수 있다.

## 2. 발열예측 및 검증 방법

리니어모터의 발열을 예측하기 위한 절차는 다음과 같다.

1. 상용 모터의 카달로그상의 Motor constant, Force constant 등의 데이터를 이용한 저항 계산 및 식 (1)을 이용한 특정 전류  $I_{rms}$ 에 대한 발열  $P$  예측. 공급전류는 모터의 운영패턴에 따라 달라지므로 사용자가 예상하는 전류  $I_{rms}$ 에 대한 발열  $P$  예측

2. 실제 모터를 대상으로 저항 측정으로 계산 저항의 정확성 확인

3. 계산된 발열량을 사용하여 모터 열해석

4. 실제 모터를 대상으로  $I_{rms}$ 를 공급하여 모터의 온도 측정 후 열해석 결과와 비교하여 계산된 발열량의 정확성 확인함으로써 저항만을 이용한 발열량 예측의 타당성 검증

$$\text{발열 } P[W] \approx \text{저항손 } I^2R \quad (1)$$

## 3. 저항 계산 및 측정

Table 1 Specification of test motor

Item	Value
Model	YASKAWA SGLFW-35A-203A
Motor constant	20.4 N/√W
Force constant	62.4 N/I <sub>rms</sub>



Fig. 1 Test linear motor

표 1과 Fig. 1에 발열예측에 사용된 리니어모터의 사양과 외형을 나타내었다. 표 1의 데이터와 식 (2), (3)을 이용하여 선간저항을 계산한 후 선간저항의 1/2인 상저항을 계산한 결과 3.12Ω로 계산되었다. 실제 모터에서 측정된 상저항은 약 3.3Ω로서 계산치와 약 5%의 오차를 나타내 카달로그 데이터를 이용한 계산 저항과 실측저항이 거의 일치함을 확인하였다.

$$K_m = \frac{F}{\sqrt{I_p^2 R}} = \frac{\sqrt{2} F}{\sqrt{3} I_s \sqrt{R}} = \frac{\sqrt{2} K_f}{\sqrt{3} \sqrt{R}} \quad (2)$$

$$R = \frac{2}{3} \left( \frac{K_f}{K_m} \right)^2 \quad (3)$$

## 4. 열 해석 및 측정

입력의 전류  $I_{rms}$ 가 Fig. 2와 같이 공급된다고

가정하고 3가지 경우의 전류에 대한 발열량에 대한 온도변화를 해석과 실험을 통하여 확인하였다. 리니어 모터의 코일부에서 전류에 의해 열이 발생한다고 가정하여 Fig. 3과 같이 과도 열 해석을 수행한 후 특정부위의 온도변화를 예측하였다. 또한 Fig. 2와 같은 방식으로 Fig. 4와 같이 리니어 모터에 전류를 공급하여 특정부위의 온도변화를 측정하였다.

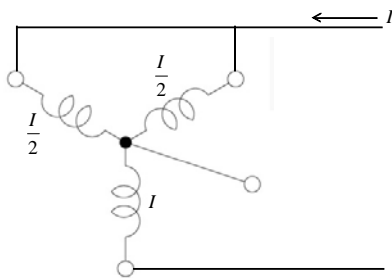


Fig. 2 Current flow in 3-phase Y- winding

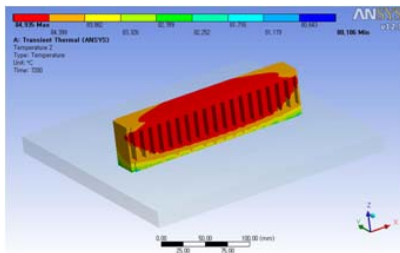


Fig. 3 Thermal analysis model



Fig. 4 Experimental setup to measure temperature

0~1,500초까지의 열 해석과 온도 측정결과를 Fig. 5에 비교하였으며, 1,500초 되는 시점에서의 온도 증가량을 이용하여 표 2와 같이 비교한 결과 10% 전후의 오차를 가지는 것으로 예측되었다.

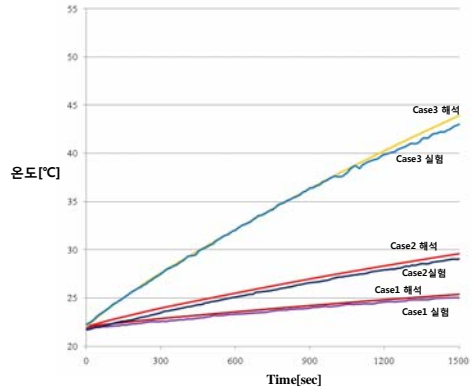


Fig. 5 Comparison of transient thermal analysis and experimental result

Table 2 Comparison of temperature after 1,500sec (reference temperature : 22°C)

	Case1	Case2	Case3
입력전류	1A	1.5A	2.5A
발열량	5W	11.4W	30.9W
해석	25.4	29.6	43.8
실험	25.0	29.1	43.0
해석오차	13%	7%	4%

### 5. 결론

열 해석과 온도 측정결과 비교로 부터 카달로그 상의 데이터를 이용하여 저항을 계산한 후 발열량을 계산하는 방법의 타당성을 확인하였다. 모터에 의한 발열량을 보다 정확하게 예측하기 위해서는 저항뿐만아니라 실제 동작조건하에서 모터의 철손 등을 해석모델에 적용하는 추가 연구가 필요하다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 국가플랫폼기술개발사업으로 수행되는 직선운동유니트 정밀도 예측 및 통합 시뮬레이터 개발사업[10033595]의 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 박철훈, 최상규, 함상용, 백선희, 오정석, "자기 부상을 이용한 리니어모터의 코깅 포스 및 모멘트 측정장치의 설계," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 1019-1020, 2010.