

회전자 형상 변화를 통한 자속집중형 동기전동기의 토크 리플 저감 설계



김기오, 류준열, 윤명환, 홍정표
한양대학교 미래자동차공학과

E-mail : rldh529@hanyang.ac.kr
Homepage : <http://ecad.hanyang.ac.kr>

I. 서 론

- 최근 희토류 자원 수급 불안정으로 인해 비희토류 영구자석을 이용한 높은 출력을 갖는 전동기에 대한 연구가 진행.
- 본 논문에서는 Ferrite 영구자석을 이용한 자속집중형 동기전동기(CFSM)를 대상으로 회전자 형상에 편심(Eccentricity) 또는 챔퍼(Chamfer)를 적용하여 토크 리플 저감을 파악. 2D FEA를 통해 편심 또는 챔퍼가 각각 적용된 동일 면적의 회전자를 가진 CFSM의 무부하 역기전력 및 토크를 산정. 각 모델의 무부하 역기전력 및 토크 리플을 비교하여 최적의 회전자 형상 설계를 목적으로 함.

II. 본 론

토크 리플 저감 원리

- 토크 리플 저감 방안 중 하나로 회전자 형상을 정현적으로 변화시키는 방안이 있음. 아래 수식은 자기회로 옴의 법칙과 자기저항을 나타내는데 회전자 형상 변화 시 공극 영역이 추가적 증가로 공극 자기저항이 증가하여 쇄교 자속이 감소. 또한 전동기 출력이 감소하나 공간적인 공극 길이가 달라 짐으로써 각 위치에 따른 자속밀도를 정현적으로 만들어 토크 리플이 저감됨.

$$F_m(\theta) = R_m(\theta)\Phi(\theta)$$

A : area, mm²

μ : permeability, H/m

θ : rotation angle, degree

Φ : magnetic flux, Wb

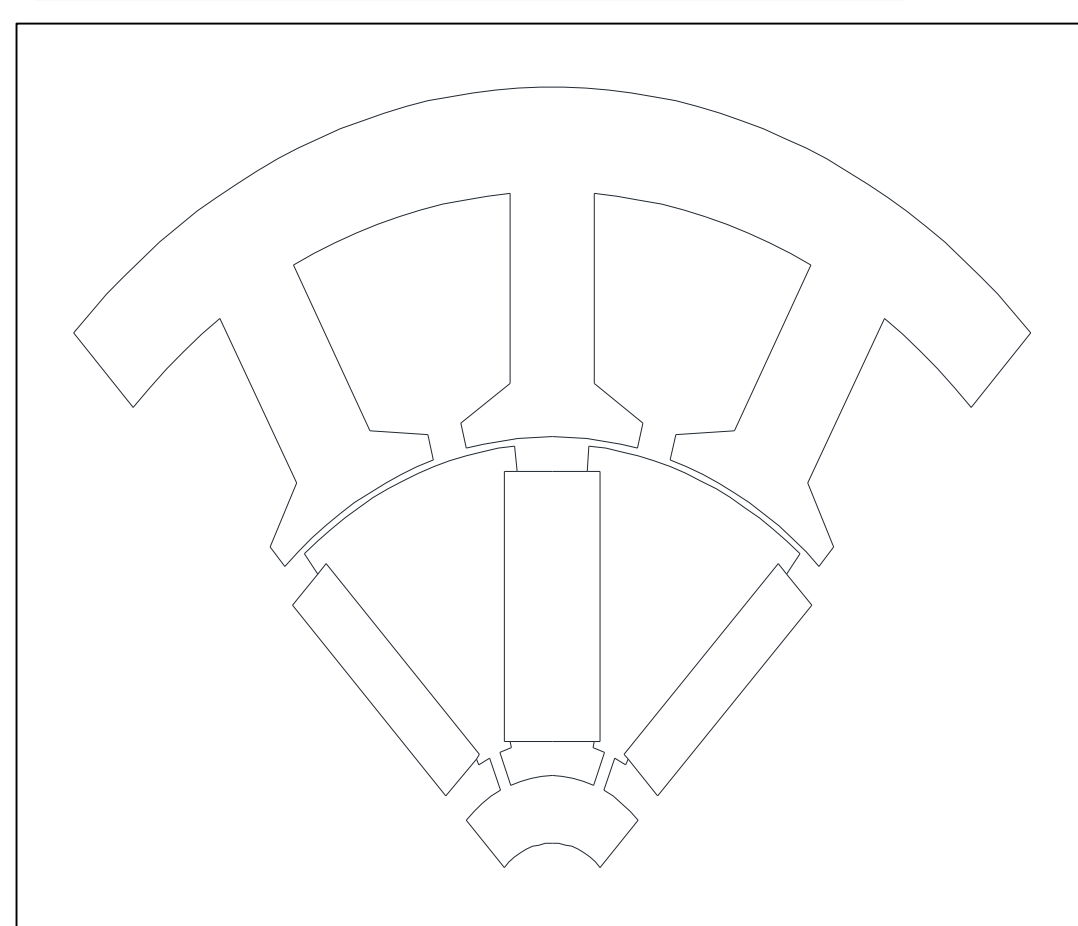
F_m : magnetomotive force, AT

l_g : air gap length, mm

R_m : magnetic reluctance, A/Wb

$$R_m(\theta) = \frac{l_g}{\mu A}$$

기본 대상 모델

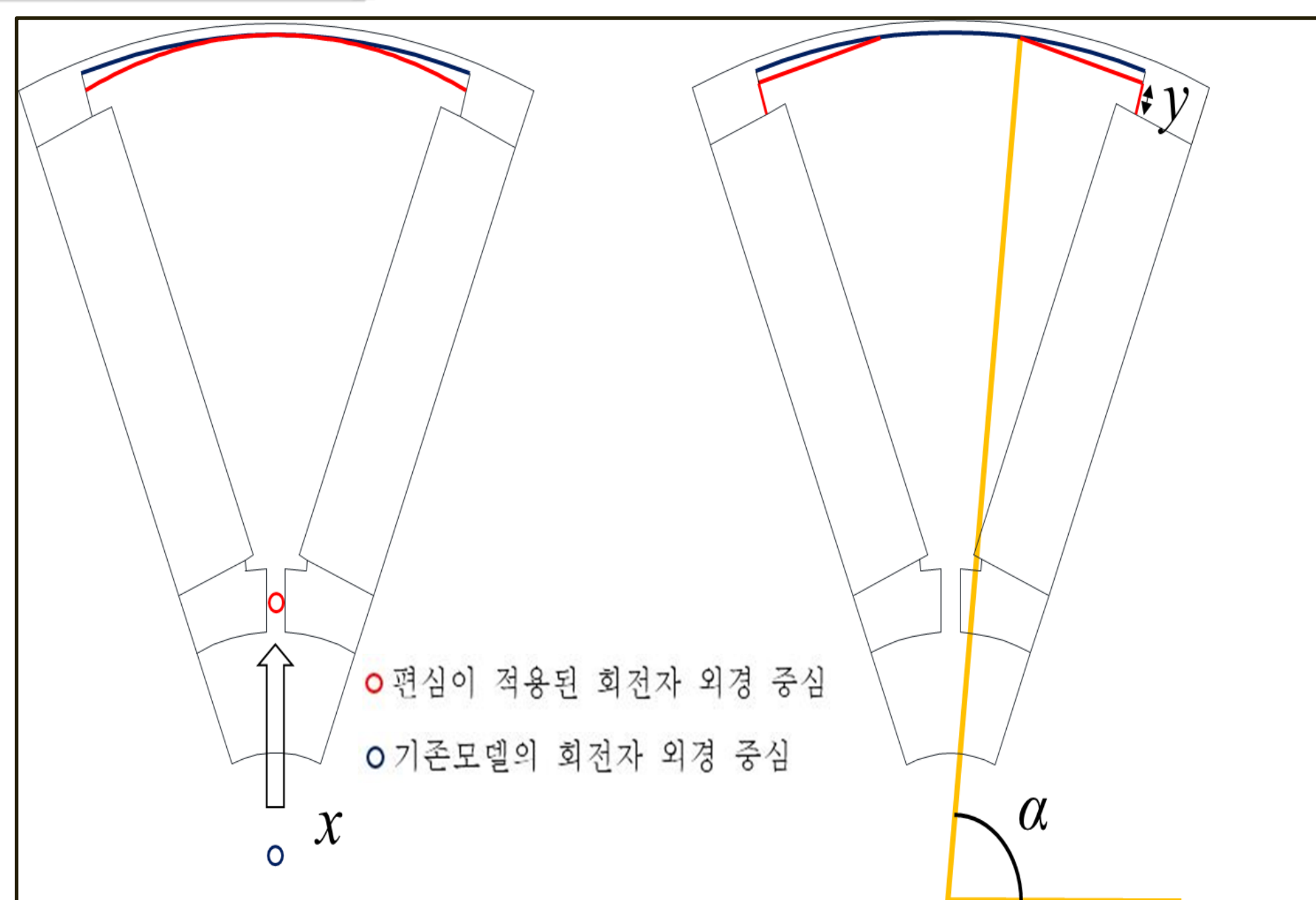


< CFSM 기본 대상 모델 >

항목	값
극/슬롯 수	8/12
구동방식	BLAC
자석 재질	Ferrite
무부하 역기전력	32.19V
토크 리플	34.95%

< CFSM 기본 대상 모델 사양 >

편심 및 챔퍼 적용

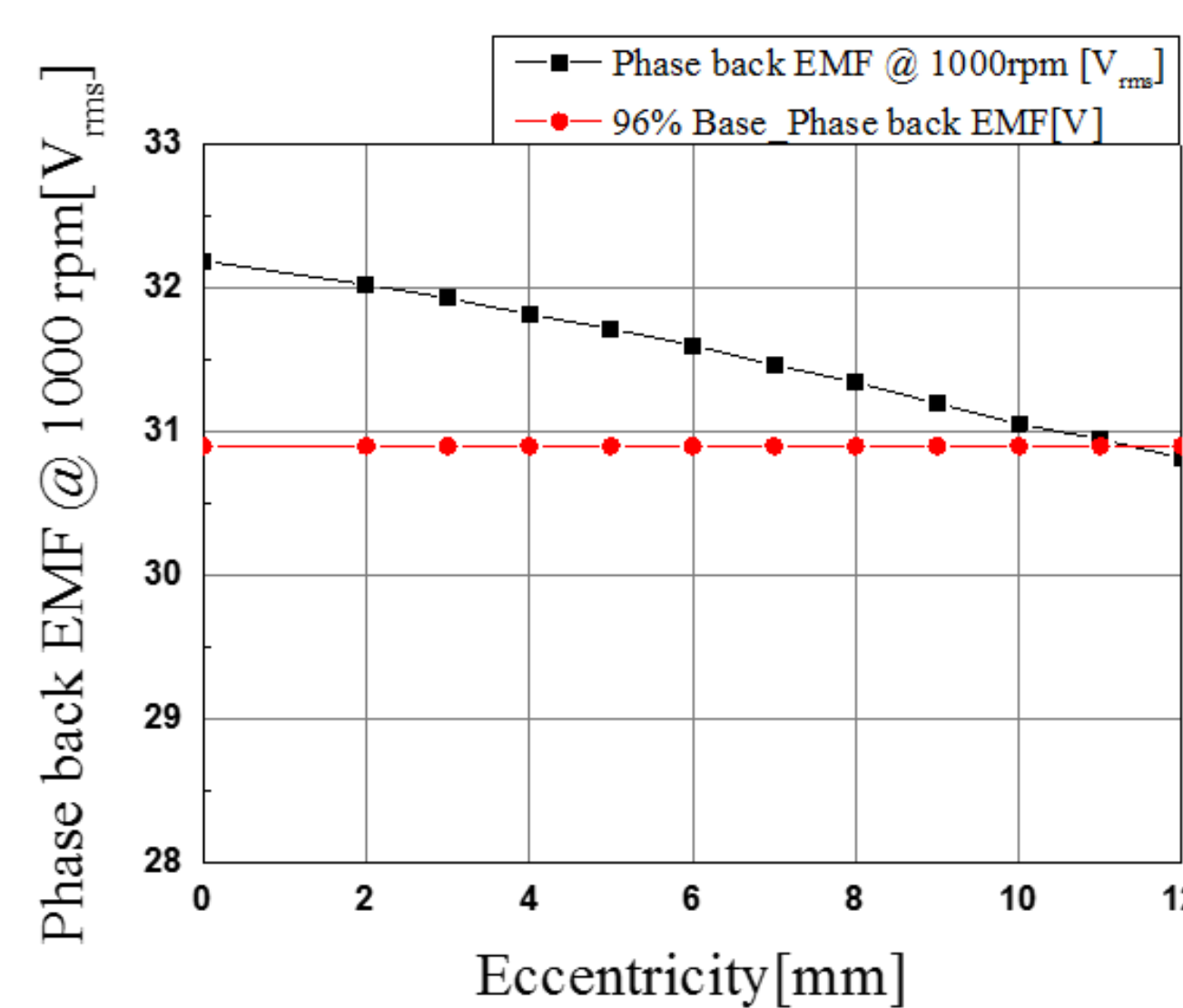


< 편심 및 챔퍼 적용 모델 >

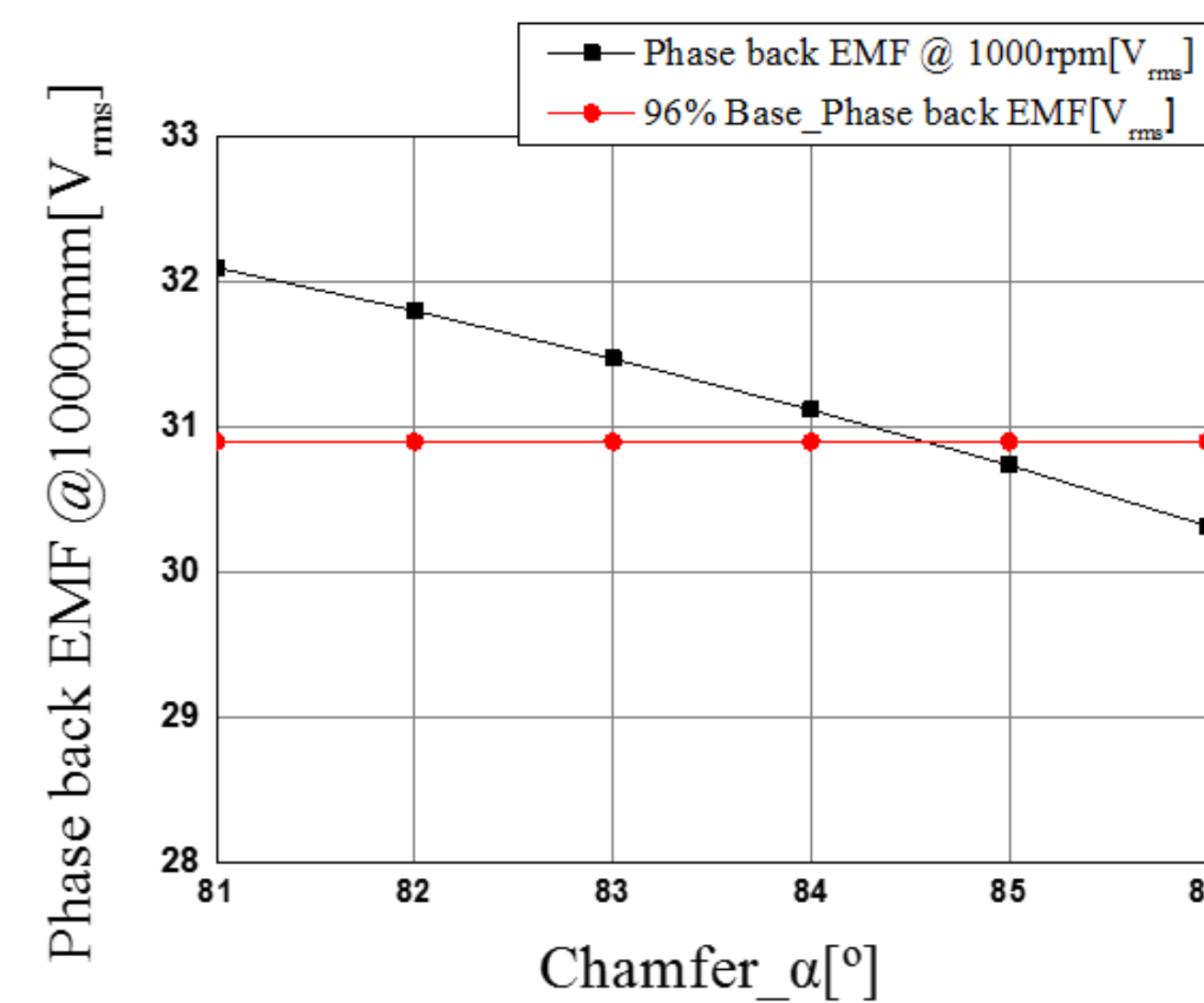
- 위 그림은 회전자에 편심 및 챔퍼를 적용한 그림으로 왼쪽이 편심 모델, 오른쪽이 챔퍼 모델. 편심은 회전자 외경의 중심을 기준 모델 대비 x[mm]만큼 평행이동하여 회전자 철심을 깎아냄. x[mm]를 편심량으로 정의함. 챔퍼는 회전자 중심으로부터 동경각을 챔퍼각 α , 자석 상단 지지부 철심의 길이 y[mm]로 정의. 기준 값들로 회전자 외경의 모서리 부분을 깎아냄

편심, 챔퍼에 따른 토크 리플 비교

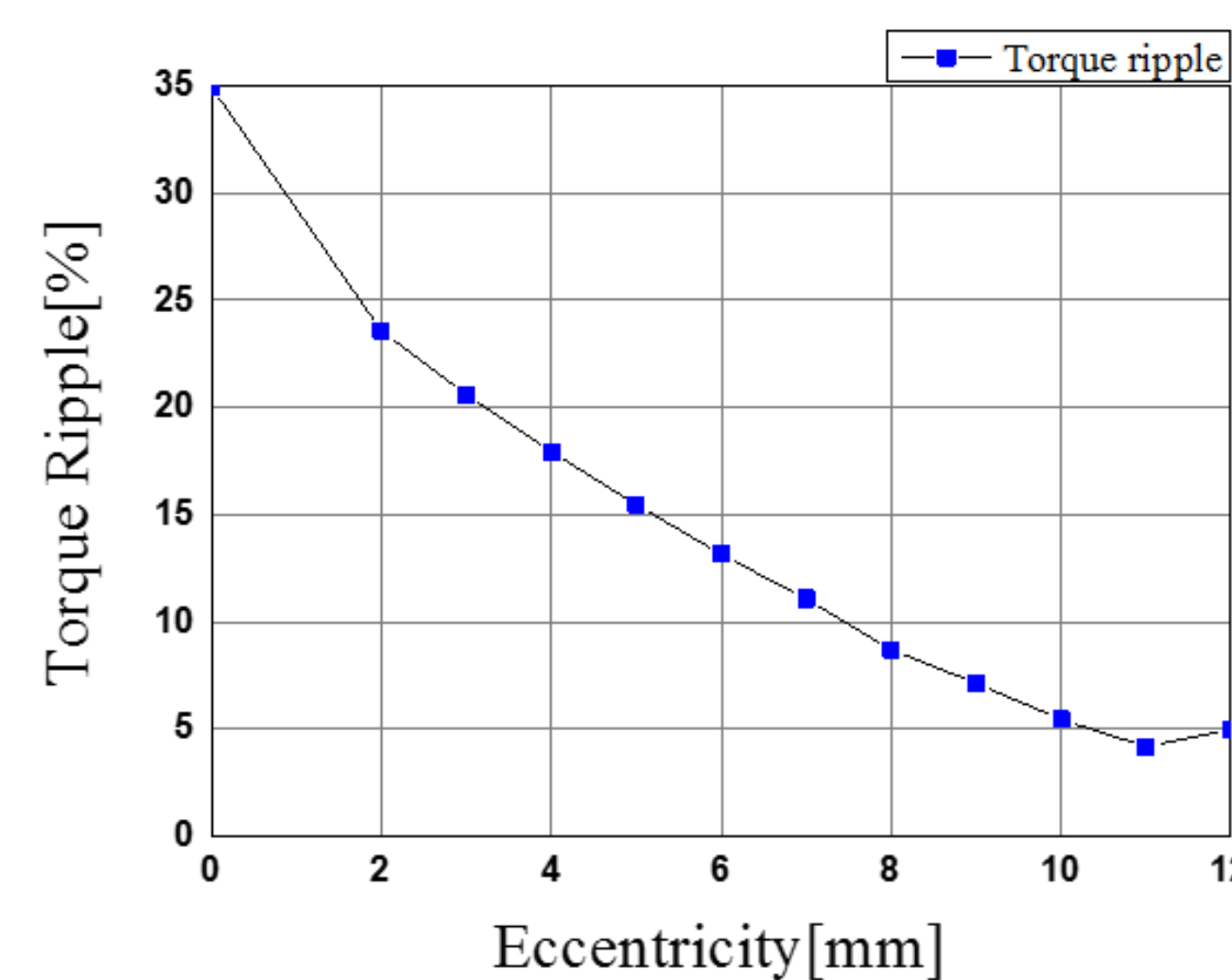
- 편심 또는 챔퍼 적용 시 토크 리플 감소 외에도 무부하 역기전력 또한 감소함. 본 논문에서는 기존 모델 대비 96%의 무부하 역기전력을 갖는 회전자 형상을 설계.
- 편심 및 챔퍼 적용 모델 비교 시, 동일한 회전자 면적을 기준으로 함. 따라서 편심 및 챔퍼 설계 변수를 하나로 고정함.
- 아래 그래프는 챔퍼 및 편심량에 따른 무부하 역기전력과 토크 리플 그래프를 나타냄.



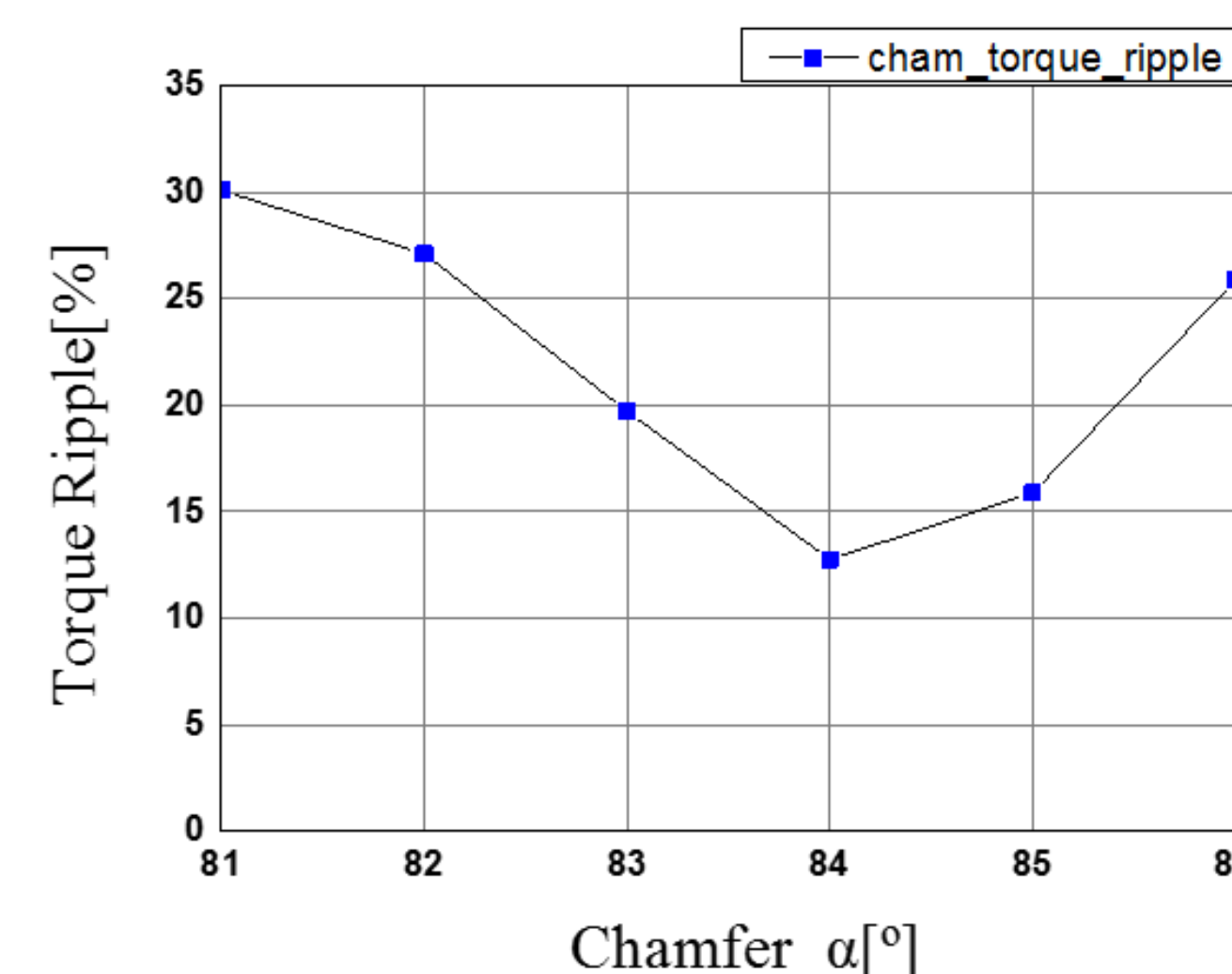
< 편심량의 따른 무부하 역기전력 >



< 챔퍼량의 따른 무부하 역기전력 >



< 편심량에 따른 토크 리플 >



< 챔퍼량에 따른 토크 리플 >

Optimized Model	Back EMF [Vrms]	Torque Ripple [%]
Eccentricity	30.95	4.18
Chamfer	31.12	12.76

< 편심 및 챔퍼 최적 모델에 따른 무부하 역기전력과 토크 리플 >

- 회전자에 편심을 적용한 최적 형상 모델이 챔퍼를 적용한 모델보다 회전자 형상이 정현적인 모양을 갖게 되어 동일 면적 대비 토크 리플이 8% 더 많이 감소하였다.

III. 결 론

- 본 논문에서는 Ferrite 영구자석을 이용한 CFSM을 대상으로 동일한 회전자 면적 기준 편심 또는 챔퍼를 적용했을 때 토크 리플 저감량 비교를 목표.
- 초기모델을 FEA 프로그램을 이용하여 해석한 후, 편심 및 챔퍼 적용시 무부하 역기전력 96% 이상의 조건에서 토크 리플 저감하는 것을 목표로 설정.
- 편심을 적용한 최적 형상 모델에서 챔퍼를 적용한 모델보다 회전자 형상이 정현적인 모양으로 토크 리플이 8% 더 저감됨.

