



2015 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회

KSAE 2015 Annual Conference and Exhibition

기간: 2015. 11. 18(수)~21(토)

장소: **HICO** 경주화백컨벤션센터
GYEONGJU Hwabaek International Convention Center

후원:  **KOFST**
한국과학기술단체총연합회

 **Gride**
Gyeongbuk

 **Gyeongju**

 **CVB**
경주관광진흥회



Km/h



한국자동차공학회
The Korean Society of Automotive Engineers

1234 전기자동차용 히팅시스템 개발을 위한 난방유량 설계

조종표*(한국에너지기술연구원), 표영덕(한국에너지기술연구원), 김강출(한국에너지기술연구원)

1235 헤어핀 권선을 이용한 전기자동차 구동용 권선 계자형 동기전동기의 출력 밀도 개선 설계

차경수*(한양대학교), 박진철(한양대학교), 채승희(한양대학교), 홍정표(한양대학교)

1239 마이크로하이브리드자동차에 대한 시스템출력 적용성 연구

최동석*(교통안전공단)

1240 EV Traction Motor의 토크 성능 향상을 위한 노치설계

홍년한*(한양대학교), 윤명환(한양대학교), 홍정표(한양대학교)

EV Traction Motor의 토크 성능 향상을 위한 노치설계

홍년한*·윤명환·홍정표

한양대학교 자동차전자제어공학과 · 한양대학교 미래자동차공학과

Notch Design of EV Traction Motor for Improving Torque Performance

Nyeon-Han Hong* · Myung-Hwan Yoon · Jung-Pyo Hong

¹⁾ Department of Automotive Engineering, Hanyang University, 222, Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Korea

^{*2)} Department of Automotive Electronic Control Engineering, Hanyang University, 222, Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Korea

Abstract : This paper treats method for improving torque performance in Interior Permanent Magnet Synchronous Motor (IPMSM). IPMSM is widely used for traction motor of electric vehicle. This type of motor produce high torque performance and wide range of operation. On the other hand, IPMSM has several disadvantages which are cogging torque and torque ripple. Those can be the causes of noise and vibration. In this paper, we design optimal shape of motor stator for improving torque performance of traction motor for electric vehicle. Notch design is applied to stator and the effects are verified by Finite Element Analysis (FEA).

Key words : Cogging torque(코깅토크), Electric vehicle(전기자동차), Finite element analysis(유한요소해석), Notch(노치), Torque performance(토크성능), Torque ripple(토크리플), Traction motor(구동모터)

1. 서론

최근 배기가스 배출량이 적고 연비가 우수한 친환경 차량에 대한 관심이 증가하고 있다. 친환경 차량 중 전기차는 모터만으로 구동하기 때문에 효율이 높고 배기가스를 배출하지 않는다는 장점이 있다¹⁾. 전기차에는 출력밀도가 높고 운전영역이 넓은 IPMSM이 이용된다. 그러나 IPMSM은 영구자석으로 인해 코깅토크가 발생하고 높은 출력밀도로 인해 토크리플이 커지는 단점이 있다²⁾. 본 논문에서

는 전기차에 이용되는 IPMSM의 코깅토크와 토크리플을 저감하여 토크성능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 코깅토크는 무부하 시 토크의 맥동에 영향을 미치고 토크리플은 부하 시 토크의 맥동이므로 두 성분을 저감한다면 모터의 토크 성능 향상을 꾀할 수 있다³⁾. 본 논문에서는 전기차에 이용되는 IPMSM 초기모델을 선정하고 모터의 토크 특성을 FEA 프로그램을 통해 해석하여 알아본다. 그리고 초기모델 모터 고정자 치에 노치를 적용하여 그 효과를 알아보도록 한다.

* 홍년한, E-mail: hnh1023@hanyang.ac.kr

2. 초기모델의 토크특성

전기차에 주로 이용되는 모터는 영구자석이 회전자에 매입되어 있는 형상을 가진 IPMSM이다. IPMSM에서는 회전자 영구자석과 고정자 철심 사이의 자기저항이 최소인 방향으로 유지하려는 경향에 의해 코깅토크가 발생하고 높은 출력밀도로 인해 토크리플이 발생한다. 본 논문에서 Fig. 1의 12극 36슬롯 IPMSM을 초기모델로 선정하였고 모터의 토크특성을 알아보기 위해 초기모델의 기저 속도에서 FEA 프로그램을 통해 전자기 해석을 진행하였다.

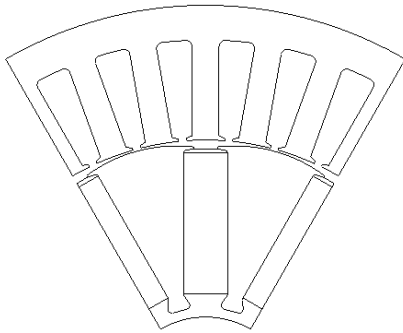


Fig. 1 IPMSM for Electric Vehicle

3. 노치형상 적용

모터의 토크성능을 개선하는 방법에는 여러가지가 있는데, 그 중 고정자 치에 노치를 적용하는 방법이 있다. 고정자 치에 노치를 적용하면 전기적으로 슬롯 수가 늘어나는 효과가 생겨서 슬롯 수와 극수의 최소공배수가 커지는 효과를 가져온다. 코깅토크 크기는 슬롯 수와 극수의 최소공배수에 반비례하므로 고정자 치에 노치를 적용하면 코깅토크를 줄일 수 있다.

본 논문에서는 초기모델 고정자 치에 노치를 적용하여 그에 따른 토크성능변화를 알아본다.

초기모델의 고정자 치에 적용할 노치는 3가지 방법으로 적용할 것이다. 1개의 노치를 적용하면서 크기를 각각 1mm, 2mm로 다르게 적용하고, 하나의 치에 크기가 1mm인 2개의 노치를 적용하여 모터의 토크특성 변화를 알아본다.

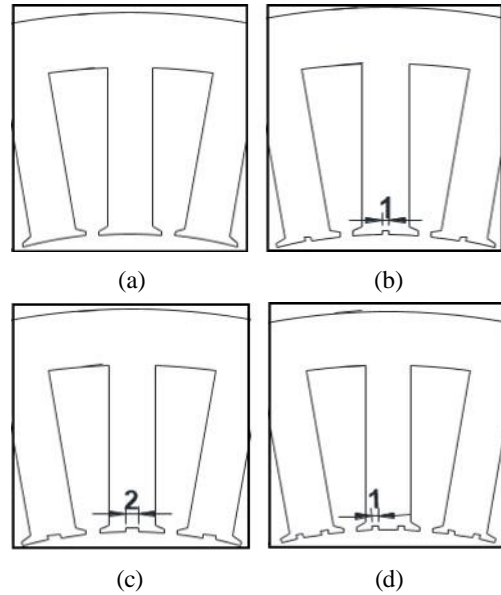


Fig. 2 (a) Initial model (b) notch(1mm) (c) notch(2mm) (d) 2 notch(1mm)

Fig. 2의 (b), (c), (d)는 초기모델의 고정자 치에, 앞서 언급한 3가지 방법으로 노치를 적용한 모터의 형상이다. 노치의 크기 및 개수는 초기모델의 치폭과 슬롯오프닝 크기를 고려하여 Fig. 2에 나타나 있는 것과 같이 정하였고 FEA 프로그램을 통하여 노치를 적용한 효과를 해석해 보도록 한다.

4. FEA를 통한 노치영향분석

앞서 고정자 치에 노치를 적용한 3가지 모델을 FEA프로그램을 이용하여 해석해 보았다. 초기모델 코깅토크의 최대치와 최저치의 차이값과 초기모델 토크의 평균값을 1으로 놓고 나머지 3가지 모델의 해석 결과치를 상대적인 값으로 나타내었다. Fig. 3, Fig. 4에는 각 모델의 코깅토크와 토크를 구한 결과를 그래프를 이용하여 비교하였고 Table 1에는 초기모델과 노치를 적용한 모델들의 코깅토크와 토크리플을 비교하여 나타내었다.

해석 결과를 살펴보면 2mm 크기의 노치 1개를 적용한 경우가 1mm 크기의 노치 1개를 적용한 경우보다 코깅토크와 토크리플이 더 많이 감소되었음을 알 수 있다. 1mm 크기의 노치를 적용한 경우 그 간격이 좁아 노치를 적용한 효과가 상대적으로 적었다. 1mm 크기의 노치 2개를 적용한 경우 치폭에 비해 노치의 개수가 많아서 노치를 적용한 효과

를 볼 수 없었을 뿐 아니라 코깅토크와 토크리플이 더 커지는 효과를 나타내었다.

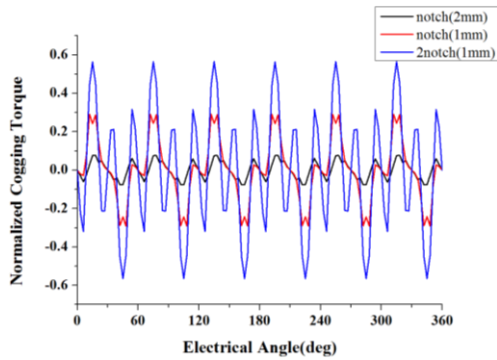


Fig. 3 Cogging Torque of notch models

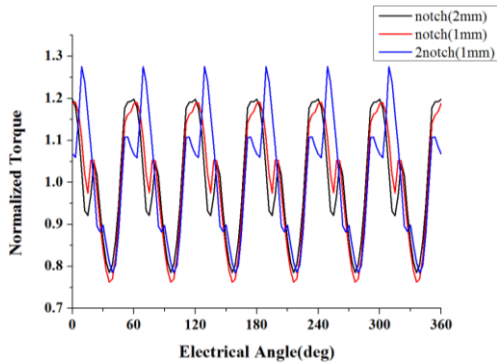


Fig. 4 Torque of notch models

Table 1 Result comparison

	Normalized Cogging Torque [peak-peak]	Torque Ripple [%]
Initial Model	1	45.8
notch(1mm)	0.581 (41.9% ↓)	42.8 (6.5% ↓)
notch(2mm)	0.153 (84.7% ↓)	41.1 (10.3% ↓)
2notch(1mm)	1.129 (12.9% ↑)	48.7 (6.3% ↑)

5. 결론

본 논문은 모터 고정자 치에 노치를 적용하여 토크성능을 향상하고자 하였다. 초기모델에 노치를 적용하여 FEA 프로그램을 통해 해석해 본 결과 모

터 고정자 치에 노치를 적용할 때 고정자 치폭과 슬롯오프닝 크기를 고려하여 적절한 노치 크기를 적용할 경우 코깅토크와 토크리플을 효과적으로 저감할 수 있음을 알 수 있었다.

References

- 1) Young-Sung Kim, Hae-Joong Kim, Choong-Sung Lee, Jung-Pyo Hong, "Analysis of Current Waveform According to Current Phase Angle of In Wheel Type Motor for Electric Vehicle", KSAE Conf.2015, pp 997-1001, 2015.
- 2) Ju-Min Lee, Byeong-Hun Lee, U-Jin Cha, Jung-Pyo Hong, "Optimum Design of IPM type Motor for MDPS system", KSAE 2009 Annual Conference, pp 1686-1691, 2009.
- 3) Hsing-Cheng Yu, Bo-Syun Yu, Jen-te Yu, Cheng-Kai Lin, "A Dual Notched Design of Radial-Flux Permanent Magnet Motors with Low Cogging Torque and Rare Earth Material", MAGNETICS, VOL. 50, NO. 11, Article # 8203104, 2014.