

비상발전기용 전자클러치의 자계해석

(Analysis of the Electromagnetic Clutch for Emergency Power Generator)

전문호* · 김창엽**

(Mun-Ho Jeon · Chang-Eob Kim)

Abstract

This paper deals with the electromagnetic clutch which stop the generator at emergency by using the engine power of generator. The electromagnetic field was analyzed using Flux-2d program with different conditions : voltage, air gap, coil locations. As a result, the maximum magnetic flux density of electromagnetic clutch occurred between the coil and wheel : 0.27[T], 0.41[T] at 12[V], 24[V]. The maximum flux density was at the center location of the coil.

Key Words : Electromagnetic Clutch, Magnetic Field, Emergency Power Generator, FEM

1. 서 론

대형 빌딩이나 병원 또는 공장이나 군부대 등의 대규모 시설물에는 전력공급 도중에 갑작스러운 전력 차단에 대비하여 비상용 발전기를 설치하고 있으며, 현재 일정 규모 이상의 신축 건물에는 비상용 발전기의 설치가 의무화되어 있다. 비상용 발전기는 디젤 엔진의 원동수단과 발전기의 엔진동력 접속 구조로 되어 있어서 댐퍼 플레이트 등으로 된 커플링에 의한 직접 연결방식으로 많은 문제를 발생시킨다. 전자석을 이용한 발전장치는 대형 건물이나 공장 등에서 단전에 의해 긴급 전원을 요구하는 경우

가솔린 등의 연료를 사용하여 작동하는 엔진의 회전력을 통해 발전장치를 구동시켜 비상전원으로 사용한다[1-3].

본 논문은 엔진으로부터 제공받은 회전력을 이용하여 비상전력을 운용할 수 있게한 발전장치에 관한 것으로서, 원동 수단인 엔진의 구동축과 발전기의 회전자 회전축이 전자클러치를 통하여 동력의 단속이 이루어지게 한 것이다. 이 전자클러치를 전자계해석틀인 flux를 사용하여 전압, 공극, 코일의 위치 변화에 대하여 해석하였다[4]. 그 결과 전자클러치의 최대자속밀도는 코일과 휠 사이에서 발생하며, 전압 12[V]일 때의 자속밀도는 0.27[T], 24[V]일 때의 자속밀도는 0.41[T]의 값을 가졌고, 공극이 작을수록 자속밀도는 커지며, 코일의 위치가 중앙에 있을 때 자속밀도가 가장 커지는 것을 확인하였다.

* 주저자 : DH ENE 책임연구원
** 교신저자 : 호서대학교 전기공학과 교수
Tel : 041-540-5667, Fax : 041-540-5668
E-mail : cekim@hoseo.edu
접수일자 : 2010년 12월 20일
1차심사 : 2010년 12월 28일
심사완료 : 2011년 1월 26일

2. 본 론

2.1 전자클러치의 필요성

비상전원의 목적이나 전원의 공급처에 따라 각기 다른 출력을 요구하는 것이 일반적이므로 필요에 따라 발전기의 출력을 가감시킬 필요가 있다. 그러나 직결 구조의 엔진과 발전기에서 생산되는 전력의 출력을 조정하고자 하는 경우에는 엔진에 공급되는 연료량 제어를 통해 출력을 조정하여야 하므로 반응속도가 늦고 부정확한 문제점이 있다. 또한 직접 결합 방식으로 동력이 전달되므로 엔진의 초기 가동 즉, 발전량이 충분치 않은 워밍업 상태에서도 부득이하게 발전기가 가동되는 문제점이 있다. 이런 물리적인 강제 결합구조로 인하여 고속 회전을 요구하는 연결부에 작용하는 상당한 부하 및 마찰로 인해 고장이나 파손의 문제가 빈번하게 발생한다. 특히 엔진의 초기 시동 성능은 대기온도에 크게 좌우된다. 저온인 경우 엔진 오일 점도에 의한 기계적인 마찰 손실의 증가를 초래하게 되어 발전기용 엔진의 시동성능은 발전기 회전자의 중량과 더해져 어려운 상황에 직면하게 된다. 이러한 상황에서 엔진과 발전기 사이의 동력전달을 일시적으로 단속할 수 있다면, 외부 온도 조건에 상관없이 엔진 시동 성능을 확보할 수 있다. 발전기와 엔진의 동력 결합의 경우 엔진으로의 급격한 부하 증가를 방지하게 되므로 신뢰성과 내구성을 겸비할 수 있게 된다. 직접 연결방식의 엔진과 발전기 상호간의 동심도가 불량하거나 직진성이 불량할 경우 필연적으로 진동과 소음이 발생하게 된다. 이런 원활한 동력 전달이 이루어지지 않고 있음을 의미하는 것이다. 결과적으로 발전효율의 저하는 물론 엔진과 발전기의 부하 증가로 인해 엔진 및 발전기 사용 수명 저하의 원인이 된다. 또한 동력 전달부에서 발생하는 고열의 열기는 발전기 내의 여자특성 및 자기유도에 방해가 되므로 발전 효율을 저해하는 또 다른 요소로 작용된다[5-6].

그림 1은 전자클러치가 부착된 비상용 발전기이다 [7]. 이 발전기는 회전력이 발전기 내부의 회전자로 전달되어 회전자 외측의 고정자로부터 자기유도에 의한 전류가 발생되면 원동수단의 엔진회전축과 발

전기의 회전자회전축을 전자클러치에 의해 단속된다. 또한 발전기의 내부에는 주파수 검출센서를 장착하며, 주파수 검출센서로부터 검출되는 발전기의 주파수에 따라 전류조절 유닛에 의한 마그네트 코일의 인가전류를 조정하여, 전자클러치에 의한 회전자의 회전속도를 가감함에 따라 발전기의 주파수가 조정되는 전자클러치를 이용한 동력수단을 가지는 발전장치이다. 엔진 회전축과 발전기의 회전자 회전축은 전자 클러치에 의해 동력의 단속이 이루어지는 것으로서, 전자 클러치는 마그네트 코일에 전류가 인가되면 여자된 상태의 엔진회전자의 회전에 따라 별도의 회전자가 마그네트의 인력에 의해 함께 회전하는 구조이다.



그림 1. 비상용 발전기
Fig. 1. Emergency power generator

2.2 해석 모델

전자클러치는 엔진 회전축과 발전기 회전축을 비접촉으로 동시에 회전시킬 수 있도록 전자석을 사용하였다. 전자석을 사용하는 이유는 전류를 쉽게 조절할 수 있기 때문이다. 그림 2는 해석에 사용된 전자클러치 모델을 나타내었다. 전자클러치에 사용된 코일은 각형이며, 200턴이 감겨 있고, 코일의 전체 저항은 $0.266[\Omega]$ 이다. 전압은 $24[V]$ 직류가 사용되어진다. 전자클러치에 사용된 재질은 엔진 쪽과 발전기 모두 동일 재질인 F41C인 철을 사용하였다. 해석은 전자계해석 툴인 flux-2d로 수행하였다.

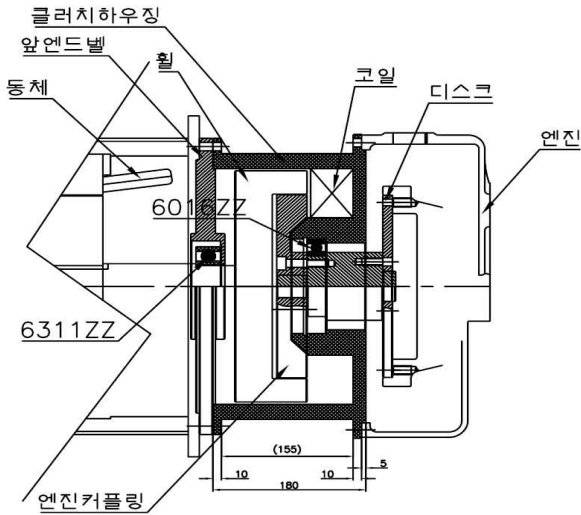


그림 2. 전자클러치 모델
Fig. 2. Model of electromagnetic clutch

2.3 공극 변화에 따른 해석

그림 3은 전자클러치의 해석모델이다. 전자클러치의 자속밀도 세기가 공극변화에 대하여 얼마나 변화하는지를 알아보기로 공극의 길이를 1[mm]부터 4[mm]까지 1[mm]씩 증가시키면서 해석을 하였다. 그 결과 최대자속밀도의 크기는 1.69~1.91[T]까지 변하는 것을 확인하였다. 그림 4는 공극의 변화에 대한 자속밀도 값을 나타내었으며, 그림 5는 공극길이에 대한 최대자속밀도 변화를 나타낸 것이다. 해석결과 공극이 작을수록 최대자속밀도는 커지며, 공극 또한 1~2[mm]사이에서 큰 자속밀도의 변화를 확인할 수 있었다.

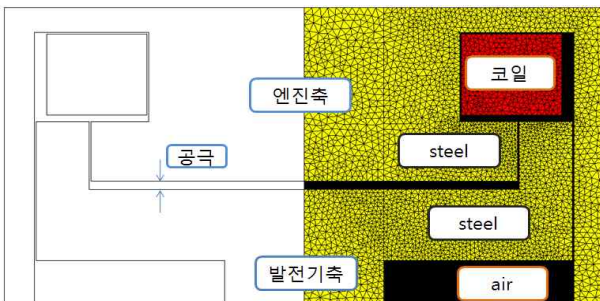
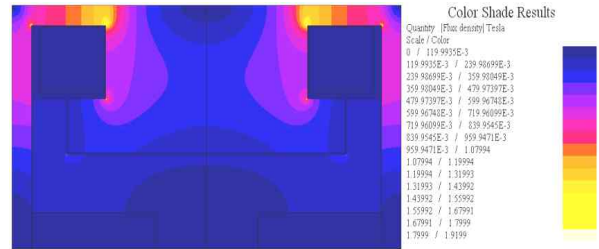
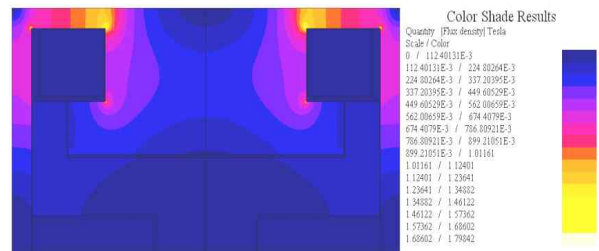


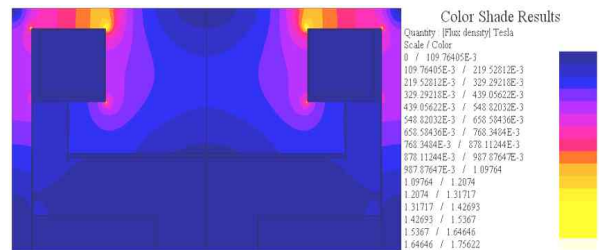
그림 3. 해석모델
Fig. 3. Analysis model



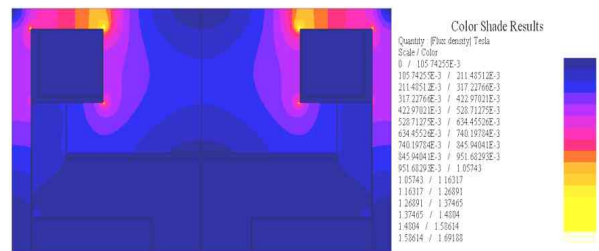
(a) 공극 1[mm]



(b) 공극 2[mm]



(c) 공극 3[mm]



(d) 공극 4[mm]

그림 4. 공극변화에 대한 자속밀도
Fig. 4. Analysis of flux density by air gap

2.4 코일위치에 따른 해석

코일의 위치에 따른 해석을 통하여 가장 큰 자속밀도를 가지는 형상을 알아보기로 코일의 위치에 따라 해석하였다.

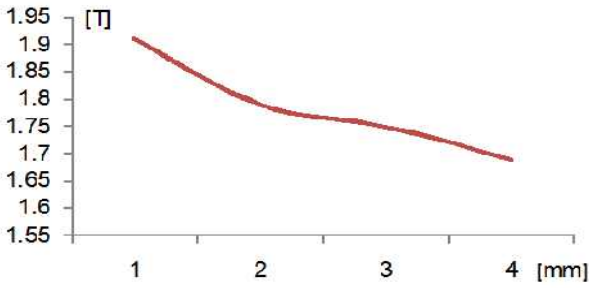
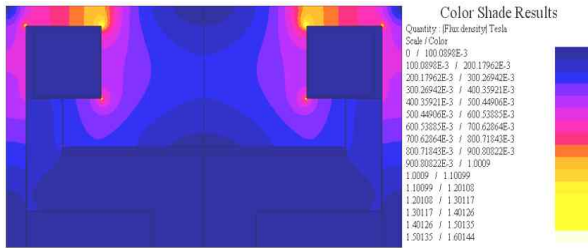
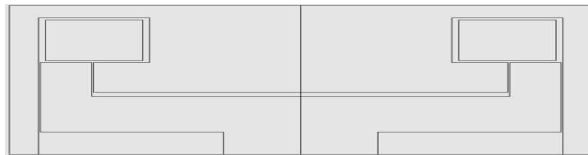
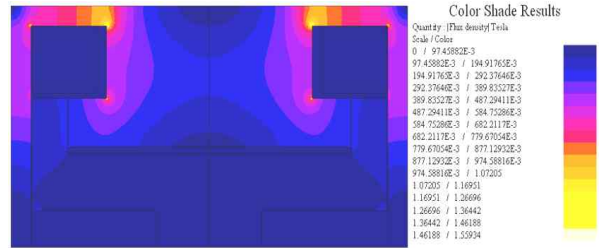
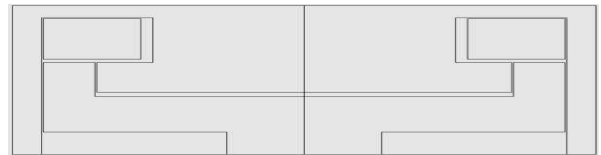


그림 5. 공극변화에 대한 자속밀도
Fig. 5. Analysis of flux density vs. air gap

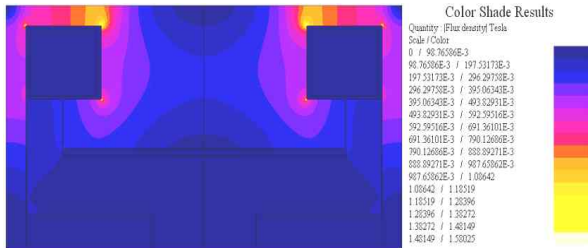
그림 6에서는 코일의 위치가 엔진축을 중심으로 각각 중앙, 우측 상부, 좌측 하부, 우측 하부에 위치할 때



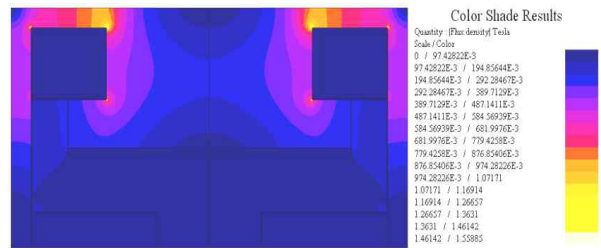
(a) 코일이 중앙에 위치한 경우



(b) 코일이 우측 상단에 위치한 경우



(c) 코일이 좌측 하단에 위치한 경우



(d) 코일이 우측 하단에 위치한 경우

그림 6. 코일위치에 따른 자계해석
Fig. 6. Analysis of flux density by coil position

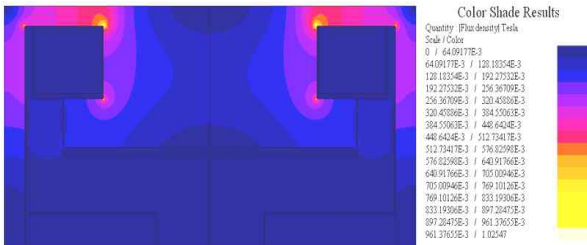
의 해석 모델과 해석 결과를 나타낸 것이다.

코일의 위치별 결과를 보면 엔진축을 기준으로 중앙에 위치하였을 경우 1.6[T], 우측 상단 1.55[T], 좌측 하단 1.58[T], 우측 하단에 1.55[T]를 각각 얻었다. 그 결과 코일의 위치는 중앙에 놓였을 때 가장 큰 자속밀도를 갖는 것을 알 수 있었다. 또한 우측에 코일이 놓였을 경우 상단과 하단에는 자속밀도의 변화가 거의 없는 것을 확인하였다.

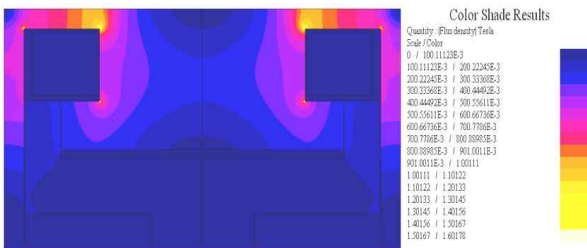
2.5 전압변화에 따른 해석

전압은 12[V], 24[V]를 주로 사용하여 해석하였다.

그림 7은 전압변화에 따른 해석 결과를 나타내었다. 전압이 12[V]인 경우 최대자속밀도는 1.02[T], 24[V]인 경우 1.6[T]의 결과를 얻었다.



(a) 전압 12[V]



(b) 전압 24[V]

그림 7. 전압변화에 따른 자계해석
Fig. 7. Analysis of flux density by voltage

2.6 전자클러치 제작 및 평가

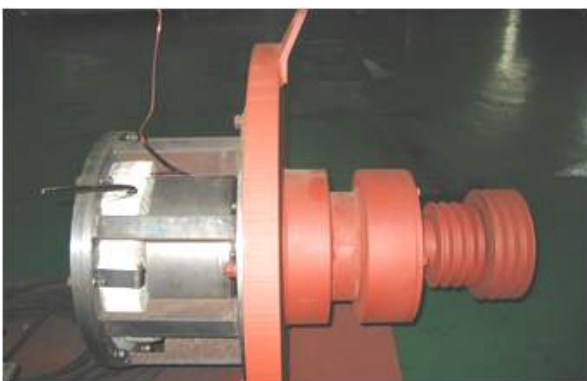
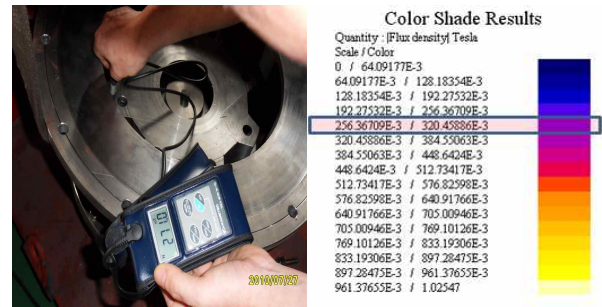


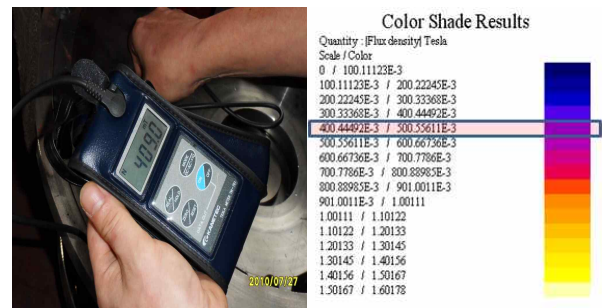
그림 8. 시험용 전자클러치
Fig. 8. Electromagnetic clutch for experiment

그림 8은 비상용 발전기 전자클러치로, 엔진과 발전기 사이의 동력을 단속하도록 제작되어진 시험기 이대[7]. 그림 9는 실제 실험을 통하여 얻은 자속밀도의

측정결과이다. 그 결과 전압이 12[V]일 때의 자속밀도는 0.27[T], 24[V]일 때의 자속밀도는 0.41[T]를 얻었다. 표 1은 전압에 의한 자속밀도의 변화를 해석과 실험을 비교한 것이다. 실험결과 그림 7에서 12[V]와 24[V] 해석결과값 범위에 포함된다.



(a) 전압 12[V]



(b) 전압 24[V]

그림 9. 인가전압에 따른 자속밀도 측정
Fig. 9. Measurement of flux density by voltage

표 1. 전압에 의한 자속밀도
Table 1. Flux density by voltage

	전압 [V]	자속밀도 [T]
해석	12	0.25 ~ 0.32
	24	0.4 ~ 0.5
실험	12	0.27
	24	0.41

3. 결 론

본 논문은 엔진으로부터 제공받은 회전력을 이용하여 비상용 발전기의 전자클러치를 해석한 것이다. 해

석 결과 전자클러치의 최대자속밀도는 코일과 휠 사이에서 발생하며, 전압 12[V]일때 0.27[T], 24[V]일 때 0.41[T]의 값을 가졌다. 코일의 위치가 중앙에 있을 때 자속밀도가 가장 커지는 것을 확인하였다. 또한 공극의 길이를 최대한 줄여 설계할 때 자속밀도를 최대화할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2010년 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(2010- 0179).

References

- [1] 김연호, 김현수, “전자클러치의 동특성 해석”, 한국자동차 공학회 추계학술대회논문집, pp.397-403, 1992.
- [2] 김신호, 정태희, 김기수, 조중선, “자기장 병목현상 해소를 통한 전자 클러치의 성능향상에 관한 연구”, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp.304-307, 2005.
- [3] 전정재, 배석명, 최명일, 유재근, “비상용 예비발전기 기동시 과전압 발생 메카니즘 연구”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 192-194, 2009.
- [4] 김한, 안창희, “적응요소분할법에 의한 자기클러치 전자력의 유한요소해석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.112-114, 1996.
- [5] 박창화, “FEM을 이용한 Electromagnetic Clutch 토크해석과 전기자 치수최적화”, Trans. KIEE, vol.55B, no.5, pp.245-249, 2006.
- [6] 심재복, 온정근, 권기진, 최영하, “전기전철기용 전자클러치의 온도 변화에 따른 물리적 특성에 대한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회논문집, pp.80-86, 2004.
- [7] 주식회사 다텍, 전자클러치를 이용한 동력 단속수단을 갖는 발전장치, 특허 10-0885736-0000, 2009.

◆ 저자소개 ◆



전문호(全汶鎬)

1976년 12월 11일생. 2002년 2월 호서대학교 전기공학과 졸업. 2004 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2011년 ~현재 DH ENE 책임연구원.



김창업(金昌業)

1960년 1월 1일생. 1983년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1990년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1983~1997년 (주)효성중공업기술연구소 책임연구원. 2000~2001년 Southampton University. 2009~2010년 Duke University Visiting Scholar. 1997년~현재 호서대학교 전기공학과 교수.