

창립
40주년 학술대회
논문 87-A-20-10

전기기기에서 단락 환상선圈的 효과

오상세
연세대

한송업
서울대

안민옥^o
대림공전대

The Effect Of The Shorted Ring Coil In The Electrical Machinery

Sang-Sei Oh

Song-Yop Hahn

Min-Ock An^o

Ex-prof. Yonsei Univ. Seoul National Univ. Daelim Tech. College

In the electrical machinery, the efficiency of the machine is decreased because of the occurrence of the armature reaction.

Various kinds of literatures have suggested the methods to eliminate the armature reaction. However, It is far from satisfactory.

In this paper, By using the proper combination of ring coils and the body of non-magnetic materials, the methods to increase output of the machine are suggested.

1. 서론

전기기계에서 전기자에 전류가 흐르면 이 전류에 의한 자속이 주자속에 영향을 미치므로 직류기에서는 기전력이 감소하고 정류가 불량해지며 동기기에서는 리액턴스 전압강하가 증가하고 출력이 감소하며 유도기에서는 이상기동 현상인 비동기 보오르, 자동기토오르, 진동 분포력이 발생하여 진동과 소음이 발생한다. 1)

또한 스토브에서 발생하는 고조파 자속이나 페리스티를 이용한 속도제어 장치를 사용하는 전동기에는 공극에 고조파 자속이 존재하여 손실이 증가하며 소음이 발생한다.

이와같은 현상들을 감소시키기 위하여 보상권선을 단락에 권선하거나 양호한 정류를 얻으려고 증정축에 보극을 설치하며 2) 유도기에서는 회전자에 고조파 자속에 의한 이상현상을 억제하기 위하여 적당한 경사를 가진 사구로 하지만 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다.

본 논문에서는 전기자기자력에 의하여 발생하는 자속이 공극의 자속 분포를 변형시켜서

이 같은 결과를 초래하므로 자속분포의 변형을 이용하여 변압기 기전력을 단락된 환상권선에 발생시켜 전류를 흐르게 하여 공극의 자속분포의 변화를 감소시키는 방법을 논한다.

2. 전기자 반작용

전기자 권선에 전류가 흐를때 이 전류에 의한 자속과 주자속의 합성자속을 유한 요소법에 의하여 구한것이 그림 1 이다.

자속 분포를 분석하면 다음과 같다. 3) 4)

- 1) 전기적 중성점이 이동한다.
- 2) 주자속이 감소한다.
- 3) 정류자편간의 전압이 불균일하게 되어 극부적으로 전압이 높아진다.

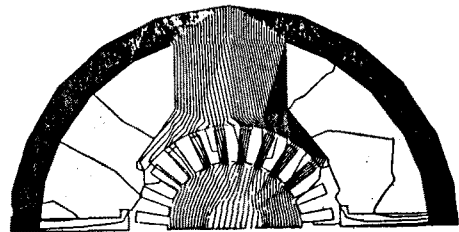


그림 1 전부하시의 자속분포

Fig. 1 the flux distribution of the full load

이들의 영향을 감소시키기 위하여 브러시를 세로운 중성점으로 이동하거나 양호한 정류를 얻기 위하여 보극을 설치하거나 보상권선을 설치하지만 여러가지 문제가 따르게 되어 정류극만을 많이 사용하고 있다. 그림 1의 자속 분포는 스토브에서

전기기기에서 단락 환상선圈的 효과

발생하는 고조파 자속을 고려하지 않았지만 실제로는 존재하며 또한 최근에 각광을 받는 사리스터를 이용한 속도제어 장치가 있는 경우는 공극에 고조파 자속이 존재하여 손실을 증가시키며 소음의 원인이 되고있다.

이와같은 전기자 반작용과 고조파 자속을 감소시키는 방법으로 전기자에 단락 환상선圈을 권선한다.

3. 단락 환상선圈의 설치

직류전동기에서는 전기자의 권선방법이 계자권선과는 달리 전기자의 주변방향으로 권선되어 있으므로 계자의 자로과 전기자 자속의 위상에 약 90°의 위상차가 있어 주자속과 전기자 자속이 통과하는 자속의 방향에 차이가 있어 그림 2와 같이 전기자 내부와 공극의 주변 방향에서 합성 자속이 α부분에서는 $\phi_f + \phi_a$ 로 증가하고 β부분에서는 $\phi_f - \phi_a$ 로 감소되어 공극에서의 자속 분포는 균일하지 않고 그림 1과 같이 일그러지게 되는데 이는 부하전류의 증가에 따라 더욱 심하게 된다. 한편 전기자 내부에서는 공극과 반대의 현상이 일어난다.

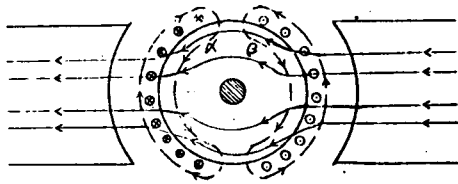


그림 2 자로

Fig. 2 paths of the flux

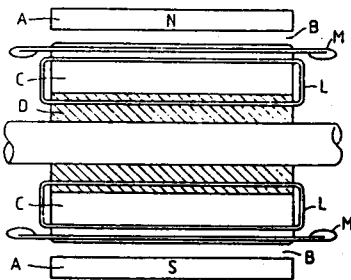


그림 3 환상선圈의 단면도

Fig.3 a sectional view of ring coils

즉 전기자내부의 합성자속의 변화 ϕ 는

$$\phi = (\phi_f + \phi_a) - (\phi_f - \phi_a) = 2\phi_a$$

이 된다.

이 자속 변화 ϕ 가 전기자 반작용의 주 원인이 되므로 그림 3과 같이 전기자에 단락 환상 선圈을 설치하면 각 단락 환상선圈에는 자속 ϕ 에 의한 변압기 기전력 Δe 는

$$\Delta e = -N(\Delta \phi / \Delta t)$$

로 ϕ 보다 90° 뒤져 발생하고 이 변압기 기전력에 의하여 단락 선圈에는 선圈的 저항을 무시하면 단락전류 Δi_r 은

$$\begin{aligned} \Delta i_r &= \Delta e \Delta t / L = -N \Delta \phi / \Delta t * \Delta t / L \\ &= -N \Delta \phi / L \end{aligned}$$

로 변압기 기전력보다 90° 뒤진 전류가 흐르게 되고 단락 환상 선圈에서 발생하는 자속 ϕ_r 은

$$\begin{aligned} \phi_r &= \Delta i_r N / R = -N \Delta \phi / L * N / R \\ &= -\Delta \phi * N^2 / LR \end{aligned}$$

이다.

이 자속 ϕ_r 은 합성자속의 변화분 ϕ 와 180°의 위상차가 있으므로 두 자속은 서로 반대인 자속이

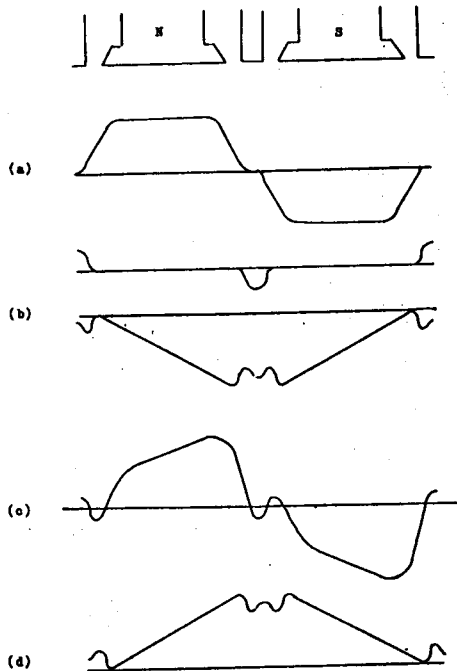


그림 4. 직류기의 자속분포

Fig 4 flux density distribution in a d-c machine

되므로 $N^2/LR=1$ 이 되도록 단락 환상권선을 설치하면 자속의 변화분이 상쇄되어 합성자속은 일그러짐이 없는 균일한 자속 분포를 얻을 수 있어 수자속이 감소하거나 정류자 편간의 전압이 불균일하게 되어 국부적으로 전압이 높아지는 현상이 없어져 균압선이 필요없게 된다.

여러가지 원인에 의하여 발생되어 합성자속에 포함되는 고조파 자속과 맥동자속도 위와 같은 원리에 의하여 상쇄되므로 이들 자속에 의한 나쁜 영향도 사라지게 된다. 또한 중성점이 이동되지 않으므로 보류의 기자력은 리액턴스 전압만을 고려하면 되고 주자속이 감소하지 않으므로 출력이 증가 하게 된다.

그림 3은 전기자에 권선한 단락 환상선분을 보여주는 것으로 비자성체 (Al, 황동 등)로서 전기자에서 축으로의 누설자속을 감소시키며 전기자 내부에서 자로의 방향을 양분시켜 변화분을 확실하게 하기 위하여 설치한다.

그림 4에서 a 곡선은 계자에서 발생하는 주자속의 분포를 나타내며 b 곡선은 전기자에서 발생하는 자속분포이고, c 곡선은 주자속과 전기자 자속의 합성자속분포이며, d 곡선은 단락 환상권선에서 발생하는 자속분포로 b 곡선과는 180°의 위상차를 가지므로 전기자 자속과 환상권선의 자속은 상쇄되어 주자속만이 존재한다.

4. 유도전동기에서 환상선분의 효과.

전기기계에서 전기자반작용을 논할때 직류기와 동기기에서는 많은 연구가 행하여졌지만 유도전동기에서는 거의 언급하고 있지 않다.

이는 직류기에서는 일정한 주자속이 존재하고 동기기에서는 공간자속 분포는 정현분포이지만 시간적인 변화가 없으므로 이들 자속의 변화를 쉽게 알수 있지만 유도기에서는 공간자속의 분포가 정현분포인 동시에 시간적인 변화가 있으므로 이의 변화를 쉽게 알수 없기 때문이다. 하지만 공극에서의 자속 분포는 회전자에서 발생하는 자속때문에 변형을 가져 오게된다.

이런 그림 5에서 설명하면 다음과 같다.

그림 a는 고정자에서 발생하는 공극의 주자속으로 공간적으로 정현분포를 가지며 회전방향으로 회전하고있다.

그림 b는 회전자에서 발생하는 자속으로 주자속과는 90°의 위상차를 갖고 공간적으로는 주자

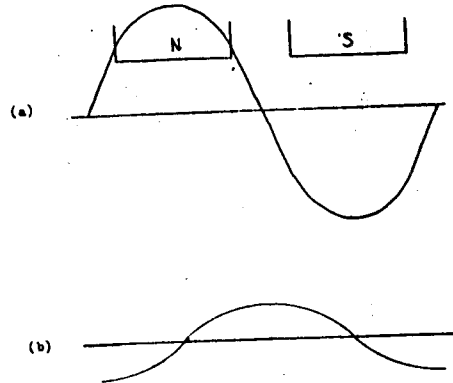


그림 5. 유도전동기의 자속분포

Fig. 5 flux distribution in a induction motor

속과 90°의각을 유지하고 있다.

따라서 직류기에서의 같이 공극의 합성자속은 변형을 가져 오게 되고 이 변형을 상쇄시키기 위하여 환상선분을 설치하면 공극에는 고정자 자속만이 존재하게 된다.

또한 공극에 존재 하고 있는 고조파 자속이나 맥동자속도 환상 선분에 의하여 상쇄되므로 스톱트를 사구로 할 필요가 없게된다.

그림 6은 유도기에서 환상권선의 권선방법과 위치를 보여 주고 있다.

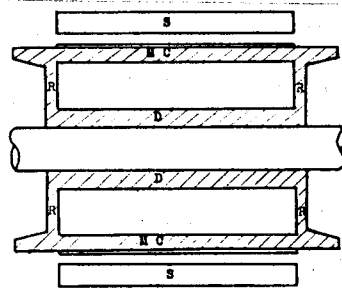


그림 6 환상선분의 단면도

Fig.6 a sectional view of ring coils

5. 시제품의 제작 및 결과.

부하 전류에 의하여 발생하는 자속이 공극의 자속 분포를 변형시키는 모든 회전기에 단락환상선분을 적용 할 수 있지만 여기서는 단상 콘덴서 유도 전동기에 환상 선분을 권선하여 기존제품과 비교 검토한다.

1) 개별세종의 사양

- 가) 정격 : 1φ 4P 1/2 HP 110/220 V
- 나) 권선 : 주권선 23-45-35-29 132T, 0.7φ*2
보조권선 44-25-16 85T, 0.8φ*1
- 다) 철심 : φ160-φ95-L60

2) 시제품의 제작

고정자는 기존제품과 같은 철심의 권선의 권횡수와 선본직경을 변경하였으며 회전자 철심의 크기는 기존제품과 같은 것을 사용 하였으나 스토트의 치수를 변경하여 그림 6 과 같은 방법과 위치에 비자성체와 환상선류를 권선하였다.

표에서 100 (%)부하에서 효율은 개발전동기가 기존전동기보다 각각 5(%),9.9(%)의 증가를 가져왔으며 개발전동기는 75(%)과부하에서도 효율이 기준치 이상이고 100(%)과부하에서 51.5(%)이상으로 기존전동의 25(%) 과부하와 같은 효율값을 가지며 경부하에서의 효율도 증가한다.

역률은 개발품이 약간 감소현상을 나타내지만 부하가 증가하면 역률이 향상됨을 보여준다. 따라서 경부하율 보다 는 과부하율에서 우수함을 나타내고 있다.

표 1 시험 결과

TABLE 1. test results.

| 시험 전동기 (V) | 기준치 | 계통 No | 부 하 율 (%) | | | | | | | |
|------------|-----------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | |
| 유도전동기 (A) | 110/220 | 1 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| | | | 2 | | | 0.38 | | | | |
| | | | 3 | | | 0.13 | | | | |
| 유도전동기 (A) | 10.1/7.08 | 1 | 0.9 | 0.9 | 0.1 | 0.9 | 12.8 | | | |
| | | | 2 | | | 0.2 | 0.4 | 20.7 | 12.1 | 12.8 |
| | | | 3 | 0.78 | 7.4 | 0.26 | 0.9 | 20.7 | 12.8 | 14.8 |
| 정격 (W) | | 1 | 335 | 585 | 850 | 1120 | | | | |
| | | | 2 | | 652 | 880 | 780 | 92.9 | 1079 | 1270 |
| | | | 3 | 372 | 623 | 826 | 746 | 91.9 | 1080 | 1240 |
| 회전수 (rpm) | | 1 | 1754 | 1752 | 1794 | 1620 | | | | |
| | | | 2 | | 1756 | 1720 | 1712 | 1677 | 1647 | 1608 |
| | | | 3 | 1768 | 1746 | 1720 | 1703 | 1681 | 1622 | 1600 |
| 효 율 (%) | 0.4 | 1 | 0.301 | 0.402 | 0.404 | 0.576 | | | | |
| | | | 2 | | 0.3073 | 0.4022 | 0.4085 | 0.5889 | 0.6720 | 0.7477 |
| | | | 3 | 0.2075 | 0.3084 | 0.4022 | 0.4200 | 0.5884 | 0.6821 | 0.7347 |
| 조 용 (dB) | 57.01 | 1 | 57.0 | 58.8 | 58.8 | 58.8 | 58.8 | 51.33 | | |
| | | | 2 | | 59.0 | 59.0 | 59.2 | 59.5 | 62.5 | 59.9 |
| | | | 3 | 55.9 | 53.2 | 57.5 | 59.2 | 59.7 | 62.2 | 59.8 |
| 역 율 (%) | 80.91 | 1 | 70.4 | 78.8 | 78.8 | 80.8 | | | | |
| | | | 2 | | 58.8 | 64.8 | 72.8 | 77.8 | 80.6 | 82.1 |
| | | | 3 | 42.8 | 58.3 | 64.8 | 72.8 | 77.3 | 78.8 | 82.8 |
| 기준회전력 (W) | 2001 | 1 | 220 | | | | | | | |
| | | | 2 | | 220 | | | | | |
| | | | 3 | | 215 | | | | | |

계통 No.1 은 기준의 전동기 No.2, No.3 은 개발전동기

3) 특성비교

표 1 은 기존 전동기와 개발전동기의 특성시험 결과를 나타낸다.

6. 결 론

특성비교에서 알수 있는 바와같이 효율이 5~10 % 증가하고 역률은 약간 감소하지만 KS 규격치 이상의 값을 유지하고 있으며 부하의 증가에 따라 향상되고 있으므로 과부하 상태로 운전하면 기존 전동기 보다 효율과 역률이 좋아짐을 알수 있다.

따라서 출력과 효율을 기준치와 같이 하면 권선의 권횡수와 철심을 감소 시킬수 있어 원가절감을 가져올수 있음을 알수 있다.

이 논문에서는 단상분마력 전동기에 적용하였지만 대응방 유도전동기와 다른 회전자에 적용하면 그 효과가 클 것으로 생각되며 앞으로는 단락 환상선류의 최대효과를 얻을수 있는 설계에 연구의 초점을 맞추어야겠다.

7. 참고문헌

1. 박만호, 유도기기 PP 373~387 1977.
2. 이승현, 이운종, 전기기계 PP 53~57.
3. B.A.Erdelyi " The flux distribution in saturated D.C machines" IEEB Trans PAS Vol.84 PP 375~381. 1965
4. 이남우 "유한요소법을 이용한 직류전동기의 자속분포해석" 연세대학교 1980.