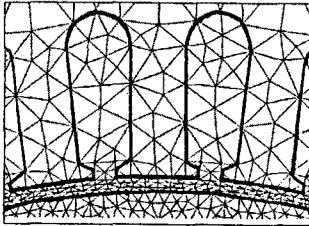


(a) 요소분할도



(b) 공극부분의 요소분할 확대도

그림 2. 요소분할도 및 공극부분 확대도
(요소수 : 2873, 질점수: 1486)

하나의 코일에 채교하는 자속량은 자기벡터포텐셜 A를 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi = \oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = (A_1 - A_2) l \quad (2)$$

따라서 발전기에 유기되는 상전압은 1상 코일에 채교하는 총 자속량 ϕ_p 를 사용하여 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$V_p = -\frac{d\phi_p}{dt} \quad (3)$$

1극당 고정자 slot수가 12개, 1 Slot Pitch당 회전자의 이동횟수가 10일경우 1주기당 총 240개의 이산화된 유기전압값을 얻을 수 있다. 이 240개의 이산화된 유기전압 값은 고조파를 포함하고 있기 때문에 다음과 같은 DFT(Discrete Fourier Transform)을 사용하여¹⁶⁾ 고조파를 분석하였다.

$$V_k = \sum_{n=0}^{N-1} V_p(n) e^{-j2\pi nk/N}, \quad (k=0,1,2, \dots, N-1) \quad (4)$$

단, N : 한 주기당 이산화된 유기전압 Data수
k : 고조파 차수
j = $\sqrt{-1}$

또한 선간전압은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_l = V_p(\omega t) - V_p(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \quad (5)$$

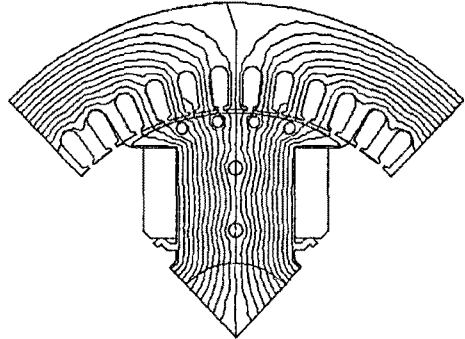
위와 같이 각 고조파를 분석한후 유기전압의 파형 왜형율은 다음과 같이 구할 수 있다¹⁶⁾.

$$\text{왜형율} = \frac{V_k}{V_1} \times 100 (\%) \quad (6)$$

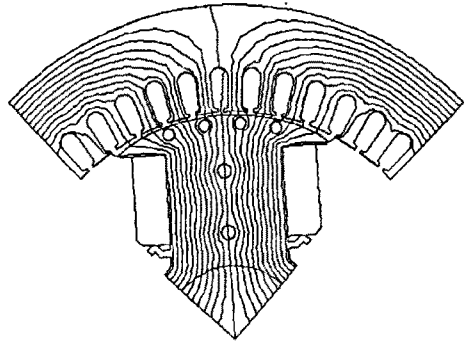
단, V_1 은 기본파 크기

V_k^* 는 고조파 성분으로 $V_k^* = \sqrt{\sum_{k=2}^n V_k^2}$ 이다.

그림 3은 회전자의 초기위치 및 1/2 Slot Pitch 만큼 반시계 방향으로 이동했을 때의 자속 분포를 나타낸 것이다.



(a) 회전자 초기 위치



(b) 회전자 3.75° 이동

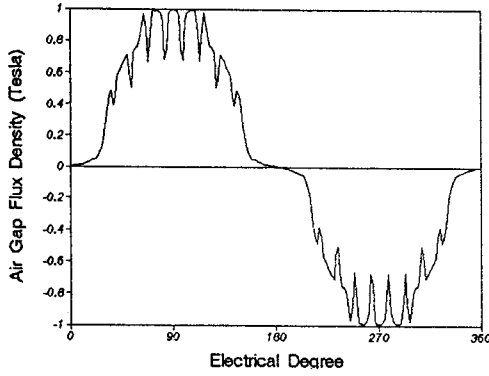
그림 3. 회전자 이동에 따른 자속분포

III. 해석결과 및 검토

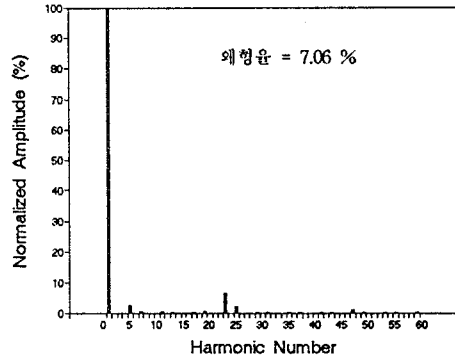
그림 4, 그림 5 는 각각 공극자속 및 선간전압파형과 DFT로 분석한 고조파 내용이고, 그림 6은 선간전압 측정파형이다. Simulation 결과 선간전압의 고조파는 Y 결선이므로 제3고조파가 거의 나타나지 않고 5 고조파 및 slot 고조파인 23, 25 고조파가 대부분이었다. 실험치와 비교한 결과 파형 및 왜형율이 근사함을 확인할수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 무부하 정격전압에서 발전기 공극자속 및 유기전압 파형율을 유한요소법에 의하여 구하는 방법을 제시하였다. 해석방법으로는 공극에서 moving band 를 적용하여 이동시마다 공극부분만을 재분할하여 계산시간을 단축할수 있었다. 해석결과를 150 KW 급 발전기 유기전압 실험치와 비교하여 타당성을 입증하였다. 향후 발전기 과도상태 및 부하시 특성에 대한 연구와 유기전압 파형율의 저감에 대한 연구가 이루어지야 할 것이다.

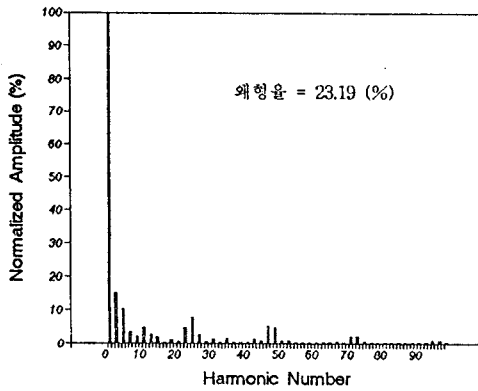


(a) 공극자속밀도 분포



(b) 고조파 성분

그림 5. 선간전압 파형 및 고조파 성분



(b) 고조파 성분

그림 4. 공극자속밀도 분포 및 고조파 성분

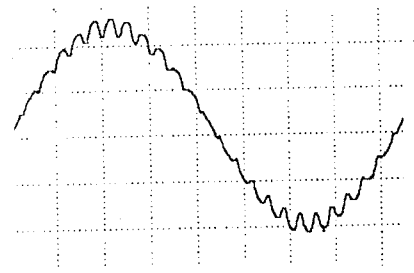
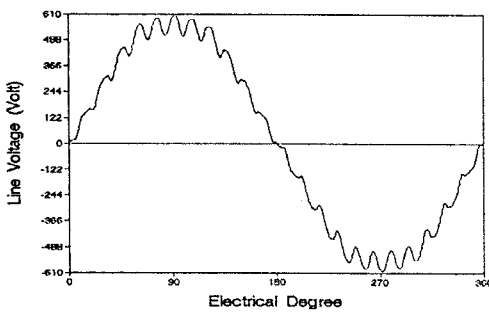


그림 6. 선간전압 측정 파형



(a) 선간전압 파형

참 고 문 헌

- [1] 電氣學會 電氣規格調査會標準規格 JEC-114 同期機, 1964
- [2] K. Ide, et al., "Higher harmonics calculation of synchronous generators on the basis of magnetic field analysis considering rotor movement," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 28, pp.1359-1362, 1992.
- [3] 三上浩幸 外 4人, "三相誘導機の機内高調波磁場解析," 電學回轉機研資, RM-93-91, 1993.
- [4] B. Davat, Z. Ren and M. Rajoi-Mazenc, "The movement in field modeling," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 21, pp.2296-2298, Nov. 1985.
- [5] Dal-Ho Im, Chang-Eob Kim, "Finite element force calculation of a linear induction motor taking account of the movement", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 30, Sep. 1994 (to be published)
- [6] R. C. Dorf, *Electrical Engineering HandBook*, CRC Press, 1993