

CRT용 자기편향 요크의 자계 해석에 관한 연구

서울대학교 전기공학부 임창환*, 김홍규, 정현교

A Study on the Magnetic Field Analysis of Deflection Yoke in CRT

School of Electrical Engineering, Seoul National University

Chang-Hwan Im*, Hong-Kyu Kim, Hyun-Kyo Jung

1. 서론

자기편향 요크(DY: Deflection Yoke)는 내부 자계의 변화를 이용하여 브라운관에 주사되는 전자를 편향시키는 장치이다. 전자의 궤적은 DY 내부 자계의 변화에 대해 매우 민감하게 영향을 받으므로 매우 정확한 자계 해석이 필수적이다. 하지만 다른 전기 기기의 해석에서와는 달리 DY는 축방향이나 반경방향으로 일정한 형상을 가지지 않기 때문에 형상을 2차원적으로 표현할 수 없고 따라서 정확한 자계 해석을 위해서는 자계의 3차원 해석이 필수적이다. 하지만 코일의 형상이 매우 복잡하여 모델링이 난해하기 때문에 일반적으로 사용되는 유한요소법 등의 방법으로는 만족할 만한 정도의 정확도를 얻기가 힘들다. 이와 같은 3차원 해석의 난이성 때문에 현재까지는 2차원적으로 근사 시킨 모델을 이용하여 해석적인 해를 구하는 정도가 DY 해석의 대부분을 차지하였다. 최근 수치해석 기술의 발전에 따라 체적 적분 방정식법(VIEM) 등을 이용한 DY의 3차원 자계 해석이 이루어지고 있다[1,2]. 하지만 코일 모델링의 한계 때문에 실제적인 모델을 해석하여 실험 결과와 비교한 연구 사례는 국내에서는 소개된 바 없다. 본 논문에서는 DY의 코일 분포를 winding 시뮬레이션을 이용하여 정확히 구현하고 체적 적분 방정식법을 적용하여 자계 해석 결과와 자계 측정 결과를 비교한다. 또한 DY 소모 전력의 척도가 되는 코일의 inductance를 해석하는 효율적인 방법을 제시하고 해석 결과를 실험 결과와의 비교를 통해 타당성을 검증한다.

2. DY의 자계 해석

DY의 자계 해석을 위하여 체적 적분 방정식법을 도입하였다[1,2]. 코일은 권선기를 직접 시뮬레이션한 winding 모델러를 이용하여 line element로 모델링되었다. 계산에 필요한 수식은 식 (1)과 같다[1].

$$\vec{H}_c = \frac{1}{\chi} \vec{M} - \frac{1}{4\pi} \oint_S \frac{\vec{M} \cdot \hat{n}(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dS \tag{1}$$

식 (1)에서 각 요소별로 Biot-Savart법칙을 적용하여 코일에 의한 자계 \vec{H}_c 를 계산하면 미지수인 자화량 \vec{M} 값을 각 요소별로 계산할 수 있다. 그림 1은 line 요소로 분할한 수평 코일(Horizontal coil)과 수직 코일(Vertical coil)을 나타내며 그림 2는 각 코일의 전류 방향 및 육면체 요소로 분할된 페라이트 코어를 나타내고 있다.

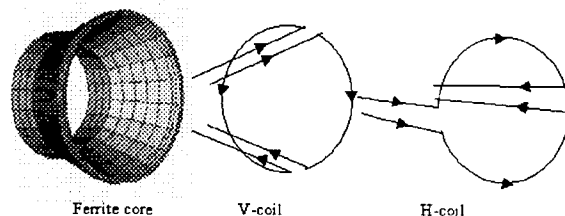
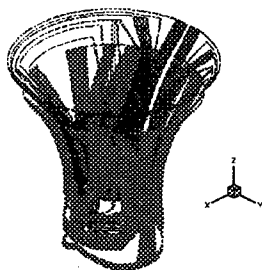
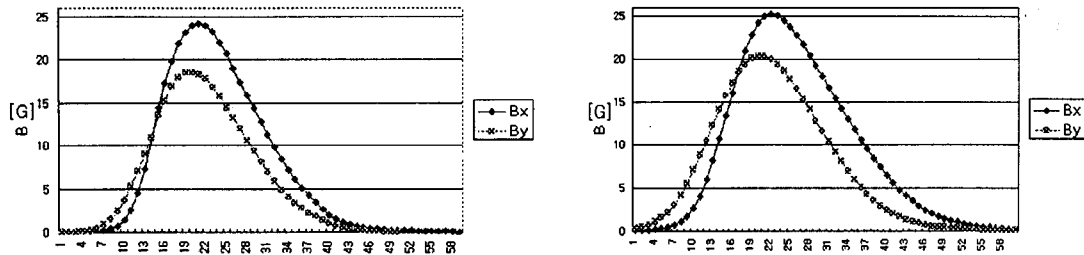


Fig. 1. H-V coils generated by line elements

Fig. 2. Current Direction of H-V coils in DY



(a) Experimental Result(measured by gauss meter) (b) Numerical Result(by VIEM)

Fig. 2. Comparison of Experimental Result and Numerical Result

그림 2는 전자총 출구에서부터 z축을 따라 DY내부의 자기 분포를 비교한 결과를 나타내고 있다. 값이 약간 작게 측정되는 기기를 사용한 것을 감안한다면 해석 결과가 정확도를 지님을 확인할 수 있다.

해석 결과를 보다 정밀하게 검증하기 위하여 실험 결과가 있는 수평 코일의 inductance 값을 해석 결과와 비교하였다. 수평 코일의 inductance 값을 해석하기 위하여 모든 코일을 포함하는 surface를 잡고 그림 3과 같이 삼각형 요소를 이용하여 요소 분할하였다. 각 코일에 의하여 생기는 자속의 방향을 이용하여 코일의 내부와 외부의 요소를 분리한다. 각 코일 별로 내부의 쇠교 자속을 구하여 전류 값으로 나누어주면 코일의 각 턴별로 inductance를 계산할 수 있다. 측정된 inductance는 외부 단자에서 측정된 값이므로 코일의 직렬, 병렬 연결을 고려하여 계산하면 단자에서의 inductance를 계산할 수 있다. 제안된 방법을 이용하여 해석한 결과 수평 코일의 inductance는 0.172[mH]로 측정치인 0.18[mH]와 약 5% 내에서 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

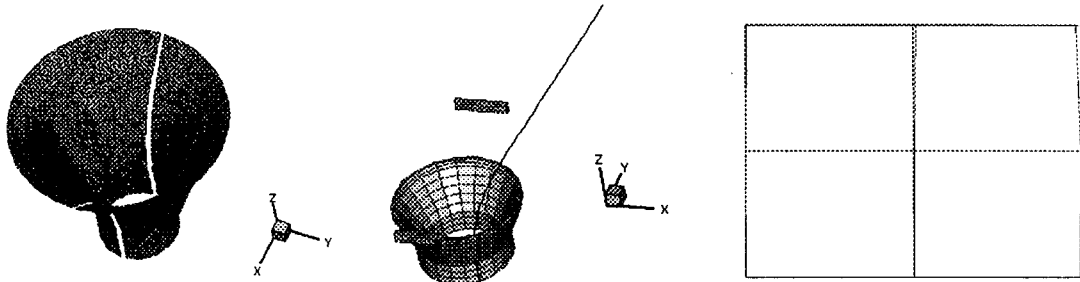


Fig. 3. Surface Including H-coil Fig.4. Beam Trajectory Fig.5. Launch Points of RGB Beams

그림 4는 전자의 빔 궤적을 계산하여 도시한 것이며 그림 5는 전자의 궤적을 계산하여 브라운관에서의 R,G,B 빔의 도착점을 화면의 1/4 영역에 대하여 도시한 것을 나타내고 있다. Convergence(CG) 등을 보정하기 위한 철판 등이 부착되지 않은 상태임에도 CG 오차가 크게 나타나지 않음을 확인할 수 있다.(약 10^{-3} order)

3. 결론

본 논문에서는 CRT에 사용되는 자기 편향 요크(DY)의 자기 해석을 직접 자계 비교, inductance 계산, CG계산 등의 3 가지 방법을 이용하여 해석의 타당성을 검증하였다. 향후에는 비선형 해석 등을 적용한 보다 정확한 자계 계산에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

<참고 문헌>

- [1] 홍기관, 김근환, 최마영, 고창섭, 한송엽, 정현교, 대한전기학회논문지, 41권, 2호, pp. 118-124, 1992년
- [2] M.C.Joe, B.H.Kang, C.S.Koh, K.J.Joo, IEEE Trans. Magn. vol.32, No.3. pp.1665-1668, 1996