자성재료 적층 형태에 따른 Eddy Current 전산모사

박승혁*, 김천호**, 황선묵*, 최진수**
한화*, 국방과학연구소**

Eddy Current simulation according as laminating form of magnetic material

Seung-Hyuk Park*, Cheon-Ho Kim**, Sun-Mook Hwang*, Jin-Su Choi**
Hanwha*, ADD**

Abstract - 일반적으로 마그네틱 코어(magnetic core)가 삽입되어 있는 구조의 변압기의 에너지 효율을 높이고 적절한 주파수 대역에서 작동시키기 위해서는서 자성체를 이용하여 eddy current를 줄여야 한다. 본 논문에서는 자성체의 적층 형태에 따라 어떻게 eddy current가 영향을 받는지에 대한 전자기적 전산모사를 실시하였다.

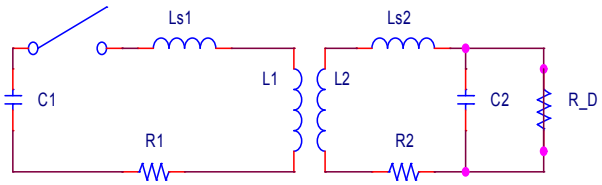
1. 서 론

마그네틱 코어가 삽입되어 있는 구조의 변압기를 적절한 주파수 대역에서 작동시키이 위해서는 자성체의 eddy current 손실을 줄이는 것이 요구되어진다. eddy current 손실을 줄이기 위해서는 충분한 resistivity를 가지고 있는 적절한 electrical steel이 필요하다. 또한 electric steel 위에 적층되는 자성체의 적절한 두께 및 효과적인 insulation 또는 coating이 필요하다.[1] 특히 자성재료의 적층 형태가 어떻게 구성이 되느냐에 따라 eddy current 손실을 줄일 수 있다.[2]

2. 본 론

2.1 목적

고전압의 출력을 위한 테슬라형 변압기에서 중요한 부분은 그림1의 회로에서 확인 할 수 있는데, 회로를 구성하는 1, 2차의 인덕턴스, 캐패시턴스의 값이 중요한 구성 전기적 파라미터가 된다. 이러한 전기적 파라미터들에 의해 테슬라 변압기의 출력을 결정하게 된다.
테슬라 변압기 내부에 삽입되는 마그네틱 코어에 의해 결정되는 자화인덕턱스 값에 의해 1, 2차 인덕턴스 값이 변하게 된다. 이 자화 인덕턴스 값이 클수록 최종 출력이 좋아지게 된다. 하지만 자화 인덕턴스 값을 올리려고 할수록 그에 따른 부유 인덕턴스 값이 증가하게 된다. 이 부유 인덕턴스 값은 마그네틱 코어에 형성되는 eddy current에 의해 결정이 되는데, eddy current를 줄이는 방법으로 코어에 자성재료의 적층형태를 결정하여 그 영향을 살펴보고자 전산모사를 하게 되었다.

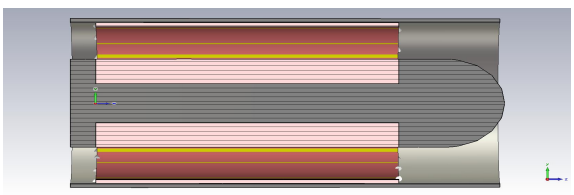


(a) simplified electric circuit of Tesla transformer

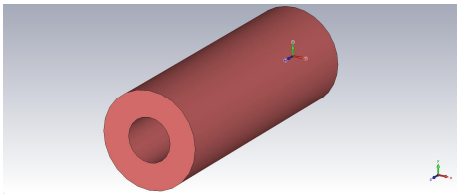
<그림 1> 테슬라 변압기의 기본 회로

2.2 전산모사

마그네틱 코어(코어+자성재료)의 모델링과 전산모사는 CST를 사용하여 수행을 하였다. 모델링은 mesh수에 따른 해석 시간을 고려하여 그림2, 3와 같이 최대한 단순화를 시켜 진행을 하였다.

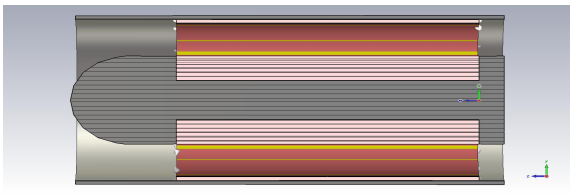


<그림 2> 테슬라 변압기 내부 코어 구조 개선 전

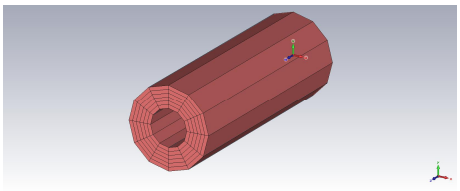


<그림 3> 자성재료 적층 형태 개선 전

그리고 eddy current 손실을 최소화 할 수 있는 모델링은 그림4, 5와 같이 구성이 되었다.



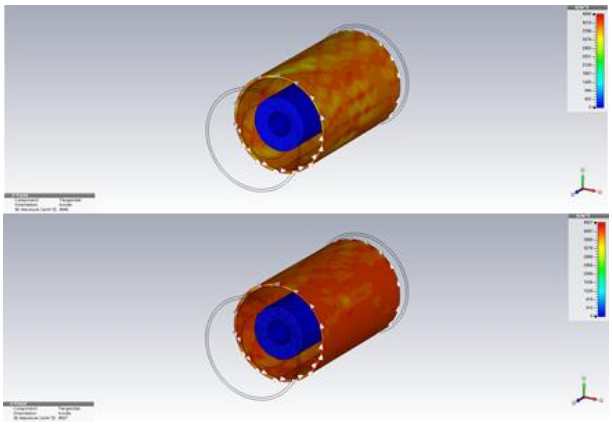
<그림 4> 테슬라 변압기 내부 코어 구조 개선 후



<그림 5> 자성재료 적층 형태 개선 후

2.3 전산모사 결과

테슬라 변압기를 구성하는 코어의 자성재료의 적층형태에 따른 그 전산모사 결과는 다음 그림6과 같다.



<그림 6> 전산모사 결과 (위)개선 전 / (아래)개선 후

3. 결 론

전산모사 결과에서도 확인할 수 있었듯이 테슬라 변압기를 구성하는 코어의 자성재료의 적층형태에 따라 eddy current를 줄여 손실을 줄이는 것이 가능했다. 결과적으로 eddy current 손실을 줄임으로서 테슬라 변압기를 구성하는 기본회로의 자화 인덕턱스 값에 따른 부유 인덕턴스 값을 줄일 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 부유 인덕턴스를 줄임으로써 테슬라 변압기의 회로정수들에 의한 에너지 효율이 올라가는 결과를 실험적으로 얻을 수 있을 것임을 이 전산모사 결과로서 예상할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] Lloyed H. Dixon, Jr., “Eddy Current Losses in Transformer Windings and Circuit Wiring”

[2] Petrus A. JANSE VAN RENSBURG and Hendrik C. FERREEIRA, “The role of Magnetizing and Leakage Inductance in Transformer Coupling Circuitry”

[3] S. D. Korovin, V .P. Gunin, I. V. Pegal, and A. S. Stepchenko, “REPETITIVE NANOSECOND HIGH-VOLTAGE GENERATOR BASED ON SPIRAL FORMING LINE”, IEEE 2002

[3] "Repetitively pulsed high-current accelerators with transformer charging of forming lines", GENNADYA. MESYATS, SERGEI D. KOROVIN, ALEXANDER V. GUNIN, VLADIMIR P. GUBANOV, ALEKSEI S. STEPCHENKO, DMITRY M. GRISHIN, VLADIMIR F. LANDL, and PAVEL I. ALEKSEENKO

[4] Young-Kyung Jeong, Dong-Gi Youn and Moon-Qee Lee, "A Study on Optimization of Compact High-voltage Generator Based on Magnetic-core Tesla Transformer", J Electr Eng Technol Vol. 9, No. ?: 742-?, 2014

[5] L. P´ecastaing, A. Silvestre de Ferronand M. Rivaletto, "Compact Self-Loaded Marx Generator with Integrated Pulse-forming Line for an Ultra-Wideband Source", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 59, No. 6, December 2011, pp. 34633467

[6] "DESIGN AND SETUP OF A SHORT PULSE SIMULATOR FOR SUSCEPTIBILITY INVESTIGATIONS", F. Sabath, D. Nitsch, M. Jung, Th. H. G. G. Weise