

ITER CS 3상 정류기 변압기 단락시험

김봉철, 오종석, 최정완, 서재학, 이장수* 김승모*, 김명기*
국가핵융합연구소, 효성중공업*

Short-Circuit Withstand Tests of ITER CS 3-Phase Rectifier Transformer

B.C. Kim, J.S. Oh, J.W. Choi, J. H. Suh, J.S Lee*, S.M. Kim*, M.K. Kim*
National Fusion Research Institute, Hyosung*

ABSTRACT

변압기 기계적 손상의 주요 원인은 단락전류에 의해 발생하는 전자기력이다. 상용 변압기는 특정 수준의 기계적 강도를 견디게 설계 되어야 하며 단락전류에 의한 변압기 특성 변화를 검증하기 위한 단락성능시험은 국제 표준에 따라 시행되어야 한다. ITER CS 3상 정류기 변압기의 단락시험은 IEC 표준에 따라 전기연구원에서 시행되었으며 그 결과를 본 논문에서 소개하고자 한다.

1. 서론

일반적으로 변압기는 2차 측에서 단락사고가 발생할 때 정격 전류의 수에서 수십 배에 이르는 전류가 흐르게 되며, 단락전류에 의한 과도한 전자기력은 변압기의 기계적 스트레스를 유발하는 원인이다^[1]. 이런 문제를 해결하기 위해 설계 과정에서 단락전류에 대한 특성 파악이 요구되며, 단락시험을 통해 설계의 타당성을 검증하는 절차를 거친다. 단락시험은 IEEE 또는 IEC 표준절차에 따라 진행되어야 하며, ITER CS용 3상 정류기 변압기의 단락시험은 IEC 표준에 따라 진행되었다. 본 논문에서는 ITER 3상 정류기 변압기의 단상 단락시험을 통한 단락시험 결과를 기술하였다.

2. 본론

2.1 ITER CS 변압기 사양

ITER CS용 3상 정류기 변압기는 컨버터의 압력전압 리플을 최소화 하기 위해 2개의 변압기가 병렬로 연결되어 있으며, 각 변압기는 서로 15° 위상차를 가지는 확장형 델타 델타 조합으로 설계되었으며 하나의 탱크안에 독립된 2 세트의 코일, 코어 조립으로 구성되었다^{[2][3]}. ITER CS 3상 정류기 변압기의 특성은 표 1과 같다. 전체 용량은 63.06 MVA이며 주파수는 ITER 환경에 맞게 50 Hz로 설계되었으며, % 임피던스는 16.9%이다. 1차 측 전압은 66 kV이며 2차 측 전압은 1.037 kV이다. 변압기 온도는 1차 측 확장형 권선의 경우 115°C로 설계되었으며, 1차 측 코어용 권선 및 2차 측 코어용 권선의 최대 온도는 114°C로 단락상황에서의 최대허용 온도 250°C 이내로 설계되었다.

표 1 ITER CS 변압기 특성

타입	2*3 phases in one Tank	
코어 타입	Core	
냉각 방법	KDAF	
주파수	50 Hz	
정격전력	2*31.53 MVA	
정격전압	1차 측	66 kV
	2차 측	1.037 kV
백터	Ed0±15°	
% 임피던스 (75°C)	16.9%	
% 리액턴스 (75°C)	16.89%	
% 레지스턴스 (75°C)	0.6%	

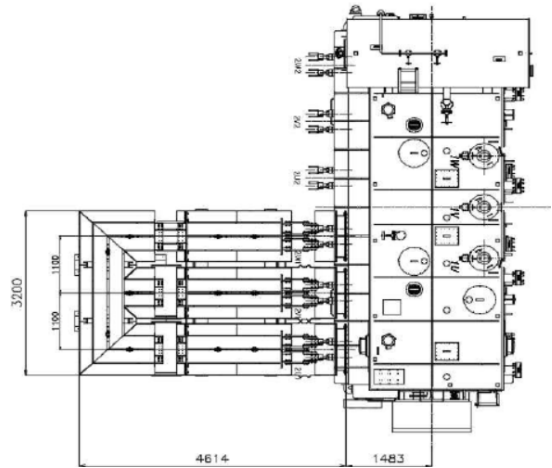


그림 1 단락시험 평면도

2.2 단락시험 절차

그림 1은 변압기 단락시험 평면도이다. 그림 1과 같이 단락시험은 하나의 코일, 코어 조립을 선정하여 진행하였으며, 시험이 진행된 전기연구원의 3상 차단기 정격전압 내전압 사양 제한으로 3상 단락시험 방식 대신 단상 단락시험 방식으로 ITER CS용 3상 정류기 변압기의 단락특성을 검증하였다. 단상시험 방식은 IEC 표준에 따라 그림 2와 같은 방식으로 진행 되었고, 시험전압은 그림 2와 같이 V 단자와 W 단자를 단락시켜 하나

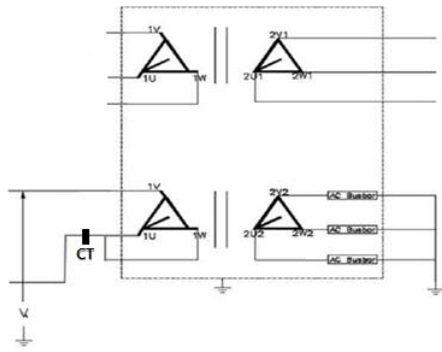


그림 2 단상 단락시험 회로도



그림 3 전기연구원 단락시험

의 단자로 만들고, 하나로 만들어진 이 단자와 U 단자 사이에 인가되었다. 이 단자 이외에 VU W, UW V 조합을 더하여 각 연결 방식에 3번씩 전압을 인가하는 방식으로 총 9번의 전압을 인가하였으며, 이때 1차 측에 흐르는 전류를 측정하였다. 코어가 포화되는 것을 방지하기 위해 인가전압을 양에서 음으로 교차하여 인가하였다.

2.3 단락시험 결과

그림 4와 그림 5에 인가전압에 따른 1차 측 전류를 도시하였다. 그림 4는 총 9번의 시험 중 첫 번째 시험으로 입력전압은 57.2 kV이며, 그림 5는 두 번째 시험결과 파형으로 입력전압은 56.7 kV이다. 그림 4의 파형에서와 같이, 1차 측 최대 전류와 r.m.s.전류는 각각 4.843 kA와 1.813 kA이며, 두 번째 입력전압 인가 시 1차 측 최대전류는 4.310 kA이다. 총 9번의 실험결과 중 최대전류의 최소값과 r.m.s.전류의 최소값은 각각 4.305 kA과 1.703 kA이며, 최대전류의 최대값과 r.m.s.전류의 최대값은 각각 5.026 kA과 1.887 kA이다. 총 9번의 시험 결과로 부터 최대전류의 평균값은 4.606 kA이며 r.m.s.전류의 평균값은 1.795 kA로 측정되었다. 그림 4, 그림 5와 같이 시험 중 변압기는 정상적으로 동작하였으며, 단락시험 이후 3상 정류기 변압기의 % 임피던스는 16.19%로 단락시험 이전의 % 임피던스 값인 16.14%의 오차범위(2%) 이내로 측정되었다.

3. 결론

본 논문에서는 ITER CS 3상 정류기 변압기 단락시험 결과를 소개 하였다. 3상 정류기 변압기의 단상 단락시험 방법 기반으로 이루어진 이번 단락시험을 통해 ITER CS 3상 변압

기의 단락전류로 인한 기계적 내구성을 확인하였다.

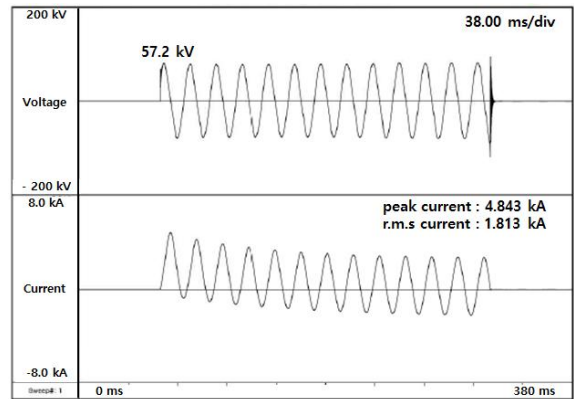


그림 4 단락시험 결과 (+입력전압과 단락전류)

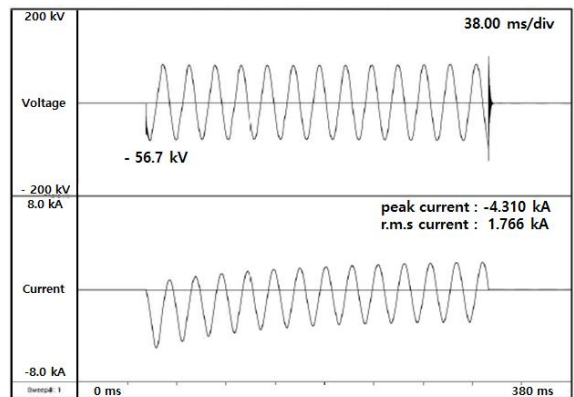


그림 5 단락시험 결과 (-입력전압과 단락전류)

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 국책연구사업임(No. 2007 2006995, 초전도자석 전원공급장치 개발·제작).

참고 문헌

- [1] 안현모, 한성진, "단락사고에 의한 전력용 변압기 권선의 전자력 해석", 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 711 712, 2014, July.
- [2] J.S. Oh, J. Choi, J.H. Suh, H. Liu, K. Hwang, I. Chung, S. Lee, J. Kang, H. Park, W. Jung, S. Jo, H. Gweon, Y. Lee, W. Lee, J.B. Kim, S.H. Han, G.D. Hong, J.S. Lee, B.W. Lee, C.H. Yeo, H.G. Kim, E. Seo, P. Reynaud, J. Goff, H. Tan, J. Tao, "Preliminary design of the ITER AC/DC converters supplied by the Korean Domestic Agency", Fusion Engineering and Design, Vol. 88, pp. 1555 1559, Feb. 2013.
- [3] Jong Seok Oh, Jungwan Choi, Jae Hak Suh, Jihyun Choi, Lacksang Lee, Changwoo Kim, Hyungjin Park, Seongman Jo, Seungyun Lee, Kwangcheol Hwang, Hyoyol Liu, Ki Don Hong, Dong Joon Sim, Jang Soo Lee, Eui Jae Lee, Yang Hae Kwon, Dae Yeol Lee, Ki Won Ko, Jong Min Kim, Inho Song, Pascal Reynaud, Hao Tan, Jun Tao, Jeremy Goff, "Final design of the Korean AC/DC converters for the ITER coil power supply system", Fusion Engineering and Design, Vol. 98 99, pp. 1127 1130, Oct. 2015.