

50[kVA] 몰드변압기 권선부의 열전달 특성 해석

(Analysis on Thermal Transfer Characteristics of 50 kVA Mold-Transformer)

이현진* · 정종일 · 허창수 · 조한구

(Hyun-Jin Lee · Jung-II Jeong · Chang-Su Huh · Han-Goo Cho)

요 약

본 논문은 단상 50[kVA] 몰드변압기 권선부의 열전달 특성에 대한 연구 결과이다. 1차 권선의 열전도도는 권선을 이루고 있는 물질 비 즉, 1차 권선의 절연을 담당하는 다량의 에폭시 수지와 그에 비해 소량의 구리 도선을 고려하여 결정하였다. 반면에 2차 권선의 경우 구성 성분은 다량의 구리도선과 절연을 담당하는 소량의 에폭시 수지로 되어 있다. 2차 권선 열전도도는 질량 비로서 결정될 수 없기 때문에 2차 권선의 열전도도값은 시작품의 측정 최고온도와 FEM을 이용한 분석결과를 비교하여 결정하였다. 각 권선부의 물리적 특징을 고려하여 상용 프로그램을 통해 시뮬레이션 모델을 만들었다. 본 연구결과를 바탕으로 몰드변압기 권선부에 Hole이 존재할 때와 안할 때 각각에 대해 주위온도·풍속변화에 따른 최고온도 변화를 고찰하였다.

Abstract

This paper presented the characteristic of the thermal transfer in a 50[kVA] cast-resin dry type transformer. The conductivity of the primary winding composed were a plenty of epoxy-resin and a little of Cu was determined by that rating. Otherwise the conductivity of the secondary winding composed of a plenty of Cu and a little of epoxy-resin was determined by comparing the data of analysis using FEM method with those of temperature tests of the prototype cast-resin transformer. Based on the results of the physical characteristics and the simulation by commercial software using FEM method, we established the prototype Model for this test. According to that Model, an analysis on a variation of the hottest spot temperature was discussed as a function of ambient temperatures and velocities in the 50 kVA cast-resin dry type transformer.

Key Words : Transformer, FEM, Thermal simulation, Epoxy resin, Hole

1. 서 론

* 주저자 : 인하대학교 전기공학과
Tel : 032-860-7391, Fax : 032-863-5822
E-mail : g2011079@inhavision.inha.ac.kr
접수일자 : 2002년 2월 27일
1차심사 : 2002년 3월 4일
심사완료 : 2002년 5월 8일

변압기의 개발은 변압기 효율향상으로 인한 수요자의 직접 경제효과 이외에 신뢰성 확보 측면에서 매우 중요하다. 현대 도시의 밀집으로 인한 국부적 전력 수요의 급격한 증가는 도시 주변의 대용량 전력시설을 요구하고 있다. 즉, 도시 공간의 효율적 이용이 대두되기 때문에 전력설비의 고압화 및 설비의

소형, 경량화가 요구되고 있다.

이러한 요구를 수용하기 위해서 전력공급의 말단에 설치되는 주상용 변압기는 최종수용자가 사용하는 전력 품질을 결정하는 매우 중요한 역할을 하게 된다. 현재 사용되고 있는 소형 주상용 변압기는 절연유를 절연재 및 냉각매체로 사용하고 있다. 이러한 주상용 변압기는 경년변화에 따른 오일 열화로 사고 위험도는 시간이 지남에 따라 증가하게 된다. 만약, 일차 사고가 발생한다면 이차 재해로 인한 화재 및 폭발의 위험이 내재하고 있으며, 또한 유입 변압기는 인도(人道)에 접해 있기 때문에 사고발생 시 그 파급 효과가 직접 인체나 사물에 영향을 주게 된다. 이러한 문제점을 해결하고 대체하기 위한 방안으로 제시 되는 것이 몰드변압기이다.

몰드변압기는 그 우수한 전기절연성과 내구성 때문에 배전급 변압기로서 많이 사용되고 있다. 몰드변압기는 현재 사용되고 있는 오일을 절연재 및 냉각매체로 사용하고 있는 주상용 변압기와는 많은 차이점을 가지고 있다. 몰드 변압기는 절연물(Epoxy resin)질로 코일을 완전 밀봉하여 제조되므로 외부로부터의 흡습 등에 의한 열화가 억제되며, 기계적 충격 및 진동에 강하다는 장점과 함께 에폭시 수지는 자기 소호성이 있기 때문에 난연성 또한 매우 우수하다. 몰드변압기의 개발은 주상용 옥외용 변압기로서 계통의 신뢰성과 안정성을 크게 향상시킬 것으로 예상된다[1, 2].

몰드 변압기의 제일 큰 문제점으로는 열에 의한 열화를 들 수 있다. 몰드변압기는 내부에서 발생하는 열이 변압기를 구성하는 각 구성요소, 즉, 권선을 구성하는 코일, 코일 소선간의 절연을 위한 에폭시와 기타 절연체의 혼합물, 그리고 고·저압 권선간의 절연을 위한 에폭시의 열열화를 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 따라서, 변압기의 특성상 절연과 냉각을 분리할 수 없으므로서 완전 밀봉된 몰드변압기는 온도 변화에 따른 팽창 및 냉각에 관한 연구와 함께 절연설계와 병행되어야 한다.

열해석 방법에는 식을 통해서 계산하는 방법도 있지만 기존하는 식들은 실제 운용의 결과와는 어느 정도 다른 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존하는 식에 의한 열 계산 방법을 사용하지 않고 시뮬레이션을 이용한 열해석 방법으로 FEM을 사용하여 이를 해석하고자 하였다. 시뮬레이션으로 몰

드변압기 특징에 대한 예측이 가능해진다면, 몰드변압기의 제작에 소비되는 비용과 시간을 많이 줄일 수 있을 것이다. 여기에서 얻은 시뮬레이션 해석 결과들을 비교 분석한 자료는 다음에 이어질 여러 종류의 변압기 설계·해석·유지 자료로 활용할 수 있을 것이다[3]. 본 연구에서는 내철형 단상 50[kVA] 변압기의 온도 분포를 상용 프로그램을 이용하여 시뮬레이션하기 위해 일차적으로 시뮬레이션에 필요한 파라미터들을 선정하였다. 이차적으로 파라미터 값들을 결정하기 위해 시작품을 제작하여 측정함으로써 시뮬레이션 파라미터 값을 결정하였다. 정해진 파라미터를 가지고 시뮬레이션에 필요한 데이터베이스(Database)와 프로그램을 작성하였다. 그 후에 이 시뮬레이션 모델을 몰드변압기에 적용하여 H중 권식 변압기 규격에 맞는 온도를 구현하기 위해 변압기에 통풍구(ventilation hole)을 넣어 온도변화에 관한 시뮬레이션을 수행하였다. 위 과정을 통해 규격에 맞는 온도 특성을 지닌 변압기를 실현하고자 한다.

2. 실 험

2.1 시작품 제작 및 시험

이 논문에서 모델로 선정한 변압기는 1·2차 권선 일체형 몰딩방식의 적층형 권철심, 내철형의 단상 50[kVA] 변압기이다. 모델로 선정한 몰드 변압기의 구조를 그림 1의 (a), (b)에 나타내었다. 몰드 변압기를 구성하고 있는 1·2차측 몰딩 권선의 각 구성요소는 그림 2, 표 1에 각각 나타내었다.

그림 2에 나타낸 바와 같이 몰드변압기의 특징은 권선을 절연하고 있는 에폭시 몰딩부가 권선 내의 소선간 절연부터 권선에서 발생하는 열의 방출까지를 담당하고 있는 구조이다[4]. 1차측 권선의 구성 성분을 보면 도체의 면적이 에폭시의 면적에 비해 훨씬 적은 것을 알 수 있다. 이에 반해, 2차측 권선의 구성 성분을 보면 도체의 면적이 에폭시 면적에 비해 많이 차지하고 있음을 알 수 있다.

1차측 정격전압, 정격전류가 각각 13200[V], 3.7878[A] 이고 2차측 정격전압, 정격전류가 각각 230[V], 217.3913[A] 인 제작한 시작품을 주변 온도가 23.6[°C]인 곳에서 1·2차측 권선저항, 부하손실, 최고 온도 등을 측정하고 이를 시뮬레이션에 필요한

각 파라미터들의 물리적 상수 결정에 대한 자료로 활용하였다. 시작품의 시험결과를 첨부 표 2에 나타내었다.

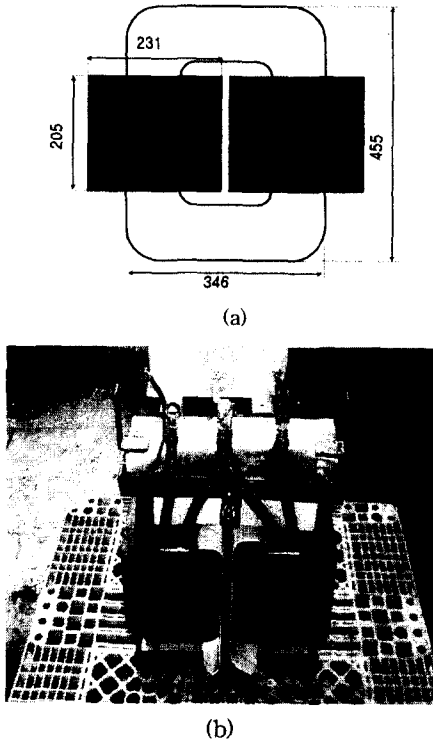


그림 1. 시작품 모델
Fig. 1. Prototype cast-resin transformer

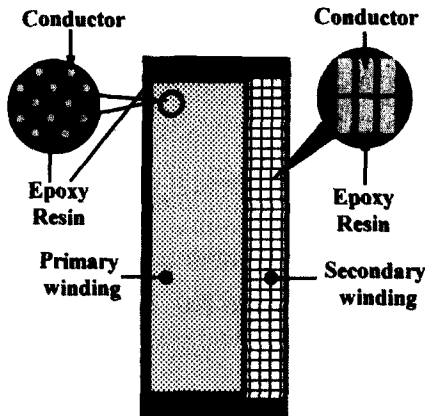


그림 2. 각 권선의 구성
Fig. 2. Components of windings

표 1. 1·2차 권선 구조
Table 1. Constructure of individual windings

구 분	구 성
일차 권선	단면적이 적은 구리도선과 에폭시수지
이차 권선	단면적이 큰 구리도선과 에폭시수지

표 2. 시작품(몰드 변압기)의 특성치
Table 2. Characteristic values measured on the prototype cast-resin transformer

구 분	일차 권선	이차 권선
저항[Ω]	15.97	0.004
턴수	2180	38
코일의 평균길이[mm]	879	641
동손[W]	201.00	123.23
최고점 온도[℃]	91.73	115.46
효율[%]	98.82	
여자 전류율[%]	0.506	

2.2 해석 영역 결정 및 특징

해석하고자 하는 영역을 그림 3에 나타내었다.

이러한 시뮬레이션에 다음과 같은 가정들이 필요하였다.

1. 최종 안정 상태에서 결과 도출
2. 일정한 속도와 온도를 가진 바람
3. 각 권선부는 내·외가 동일한 발열량을 가지고 발열

- 각 권선부의 물리적 특징

앞에서 표 2를 바탕으로 시뮬레이션에 필요한 각부의 물리적 값들을 결정하였다. 시뮬레이션 영역의 1·2차측 발열량은 시작품 시험에서 얻은 발열량을 시뮬레이션 영역 면적비로 나누어 발열량을 결정하였고 열용량(specific heat)은 권선을 구성하는 주요 물질의 밀도와 질량비로 그 값을 결정하였으며 1·2차측의 열전도도 결정은 각 권선부를 이루고 있는 주요 물질을 고려하여 결정하였다[5]. 즉, 2차측의 경우 사용된 소선의 단면이 상대적으로 크며, 그 소선간 절연거리가 상대적으로 좁아 전체에서 차지하는 에폭시 복합 절연체의 양이 크지 않다. 따라서, 그 열적 특성을 주 구성 성분인 구리와 동일하게 하였다. 하지만, 1차측의 경우 사용 전선의 단면이 상대적으로 적고, 권선간 절연거리도 상대적으로 커서 고

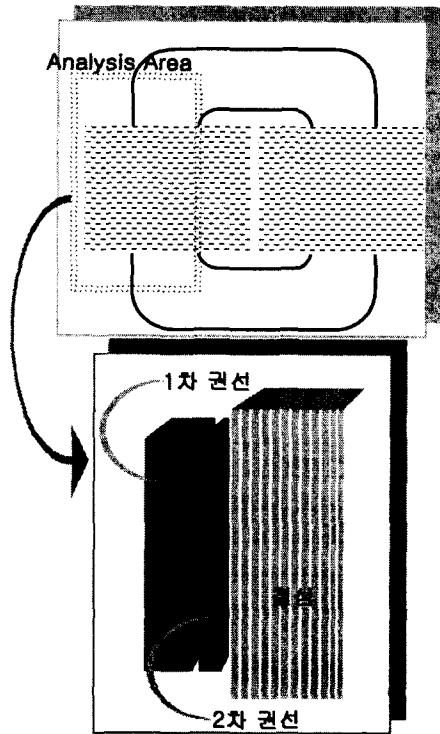


그림 3. 시뮬레이션 영역 결정
Fig. 3. Determination of simulation on area

압 권선부를 구성하는 에폭시 복합 절연체와 구리선의 질량비로 결정하였고, 2차측과 철심 사이에는 절연거리 확보를 목적으로 하여 수 mm 정도 이격되어 있으므로 공기의 열 전도 계수를 이용하였다. 공기의 열 전도 계수는 전도에 의해서는 거의 열이 전달되어 나가지 않는 것을 의미한다. 즉, 실제 변압기에서는 철심과 코일 사이에 공간이 있으므로 철심쪽의 열전달 계수를 10^{-10} [W/m]으로 하였다. 각 부의 물리적 특징을 첨부 표 3에 나타내었다.

표 3에서 2차측 열전도도 결정은 하지 못했다. 결정하지 못하는 이유는 2차측의 경우 구성 요소는 에폭시(권선층간 절연을 위한 절연체)와 동선으로 구성되어 있는 복합물이므로 이 부분의 열적 상수를 실험으로 구하는 것은 매우 어렵기 때문에 2차측 열전도도를 결정하지 못했다. 2차측의 열전도도는 결국 시뮬레이션을 여러 차례 실행하여 열전도도에 따른 최고 온도 변화 결과를 보고 이에 맞는 열전도도를 찾아 결정하였다.

표 3. 물리적 상수 결정

Table 3. Determination of physical constants

	비열	열 전도도
일차 권선 영역	에폭시와 구리의 질량비	에폭시
이차 권선 영역	구리	-
에폭시 영역	에폭시	에폭시
철심 영역	철	철

3. 실험 결과

3.1 각 권선 열전도도 결정

1·2차측의 열전도도를 결정하기 위해 열전도도의 변화에 대한 최고 온도를 각각 1차측과 2차측에 대해 알아보았다. 결과를 그림 4, 그림 5에 각각 나타내었다.

1차측 물질의 대부분은 에폭시로 구성되어 있다. 따라서 1차측 열전도도는 에폭시 열전도도와 비슷한 낮은 값에서 결정될 것이다. 1차측 열전도도에 대한 최고 온도 변화를 그림 4에 나타내었다.

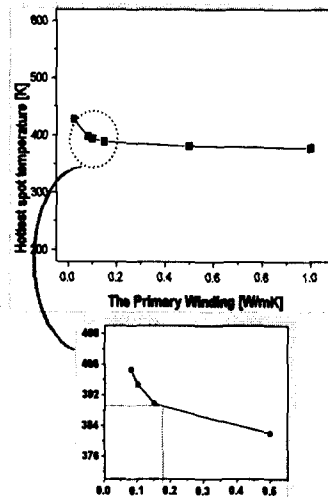


그림 4. 1차측 열전도도에 따른 최고 온도 변화
Fig. 4. Hottest spot temperatures as a function of the thermal conductivity of the primary winding

1차측 열전도도가 증가 함에 따라 최고 온도는 감소하였다. 열전도도가 0.1[W/mK] 이후에는 최고 온도 하강 폭이 크지 않았다. 직접 제작한 시작품의 온

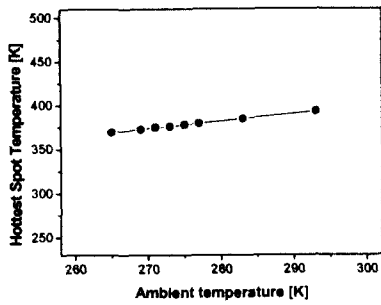


그림 7. 주변 온도에 따른 최고 온도 변화(통풍구가 없는 경우)

Fig. 7. Hottest spot temperatures as a function of ambient air temperature (without ventilation hole)

외부 온도의 영향에 대한 몰드 변압기의 온도를 본 결과 외부 온도 증가에 따라 최고 온도는 거의 일정하게 증가하는 결과를 얻었다.

- 풍속 변화에 따른 최고점 온도 변화

공기의 온도가 20[°C]으로 일정한 바람의 속도에 대한 변압기의 최고 온도 값의 변화를 보았다. 태풍이나 지리적으로 바람이 많이 부는 곳에 변압기를 설치하였을 때의 온도 특징을 보기 위한 것이다.

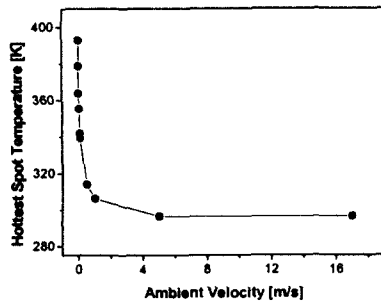


그림 8. 풍속에 따른 최고 온도 변화(통풍구가 없는 경우)

Fig. 8. Hottest spot temperatures as a function of ambient air velocity (without ventilation hole)

그림 8을 보면, 바람의 증가에 의한 몰드 변압기의 냉각 폭은 컸다. 온도의 영향을 봤을 때는 바람의 속도를 일반 공기의 대류 속도인 0.005[m/s]로 일정하게 유지 시켰기 때문에 열 지체성이 컸다. 그러나 풍속이 빨라짐에 따라 열이 지체가 사라진다. 즉, 몰드 변압기 온도 보다 낮은 공기가 열을 계속적으로 운반하기 때문에 훨씬 큰 폭으로 온도가 하강한 것

으로 판단된다. 바람이 강할 때는 온도가 거의 공기 온도와 비슷하게 나왔는데 이는 가정 1에서 정한 안정적인 최종 온도 결과를 봤기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다. 시간에 따른 바람의 속도에 의한 온도 하강의 차는 클 것으로 판단된다.

3.2.2 Hole이 있을 경우

1차 코일과 2차 코일 사이에 5[mm]갭을 두었을 때의 최고 온도 및 유동 해석이다. 풍속은 공기의 대류 속도인 0.005[m/s]로 하였고 주변 온도는 20[°C]로 하여 시뮬레이션 하였다. 결과는 그림 9에 나타내었다.

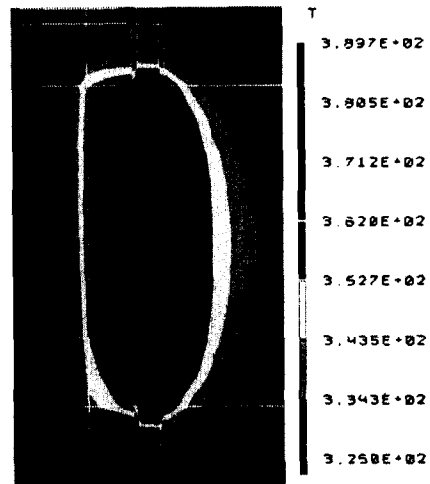


그림 9. Hole이 있는 경우 해석결과

Fig. 9. Simulation Result in case with Hole

최고 온도는 116.7[°C]이다. 최고 온도가 나타난 곳은 그림 9에서 보듯이 2차측 권선이다. 공기의 흐름을 본 결과 5[mm] Hole 내에서 공기의 유동은 거의 없었다. 바람의 속도를 0.005[m/s] 하였기 때문에 Hole 내부에는 거의 영향이 없었던 것으로 보인다. 여기서 Hole은 단지 발열체를 돌로 나눈 역할을 할 뿐이다. 발열체를 돌로 나눈 역할 때문에 한쪽에서 열이 전달되어 다른 한쪽에 쌓이는 것을 차단하였다. Hole 없을 때와 비교한다면 최고 온도를 가진 지점이 크게 줄어들었다. 최고 온도 또한 5[°C] 정도 내려간 116.7[°C]가 나왔다. 결과적으로 Hole의 냉각 효과는 미비하였다. 그러나 주위 공기 속도가 강해진다면 홀의 냉각 효과는 커질 것으로 판단된다. 이를 알아보기 위해 주변 공기 온도와 공기 속도를 변화

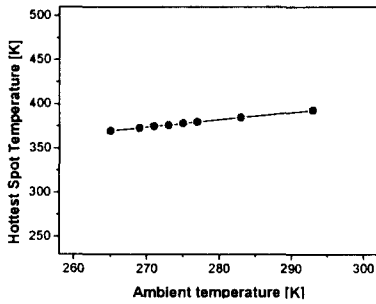


그림 7. 주변 온도에 따른 최고 온도 변화 (통풍구가 없는 경우)

Fig. 7. Hottest spot temperatures as a function of ambient air temperature (without ventilation hole)

외부 온도의 영향에 대한 몰드 변압기의 온도를 본 결과 외부 온도 증가에 따라 최고 온도는 거의 일정하게 증가하는 결과를 얻었다.

- 풍속 변화에 따른 최고점 온도 변화

공기의 온도가 20[°C]으로 일정한 바람의 속도에 대한 변압기의 최고 온도 값의 변화를 보았다. 태풍이나 지리적으로 바람이 많이 부는 곳에 변압기를 설치하였을 때의 온도 특징을 보기 위한 것이다.

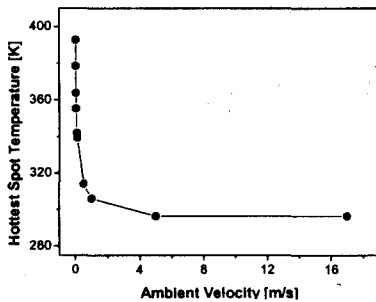


그림 8. 풍속에 따른 최고 온도 변화 (통풍구가 없는 경우)

Fig. 8. Hottest spot temperatures as a function of ambient air velocity (without ventilation hole)

그림 8을 보면, 바람의 증가에 의한 몰드 변압기의 냉각 폭은 컸다. 온도의 영향을 봤을 때는 바람의 속도를 일반 공기의 대류 속도인 0.005[m/s]로 일정하게 유지 시켰기 때문에 열 지체성이 컸다. 그러나 풍속이 빨라짐에 따라 열이 지체가 사라진다. 즉, 몰드 변압기 온도 보다 낮은 공기가 열을 계속적으로 운반하기 때문에 훨씬 큰 폭으로 온도가 하강한 것

으로 판단된다. 바람이 강할 때는 온도가 거의 공기 온도와 비슷하게 나왔는데 이는 가정 1에서 정한 안정적인 최종 온도 결과를 봤기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다. 시간에 따른 바람의 속도에 의한 온도 하강의 차는 클 것으로 판단된다.

3.2.2 Hole이 있을 경우

1차 코일과 2차 코일 사이에 5[mm]갭을 두었을 때의 최고 온도 및 유동 해석이다. 풍속은 공기의 대류 속도인 0.005[m/s]로 하였고 주변 온도는 20[°C]로 하여 시뮬레이션 하였다. 결과는 그림 9에 나타내었다.

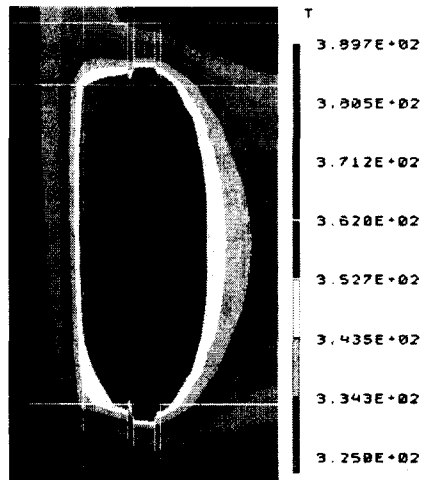


그림 9. Hole이 있는 경우 해석결과
Fig. 9. Simulation Result in case with Hole

최고 온도는 116.7[°C]이다. 최고 온도가 나타난 곳은 그림 9에서 보듯이 2차측 권선이다. 공기의 흐름을 본 결과 5[mm] Hole 내에서 공기의 유동은 거의 없었다. 바람의 속도를 0.005[m/s] 하였기 때문에 Hole 내부에는 거의 영향이 없었던 것으로 보인다. 여기서 Hole은 단지 발열체를 돌로 나눈 역할을 할 뿐이다. 발열체를 돌로 나눈 역할 때문에 한쪽에서 열이 전달되어 다른 한쪽에 쌓이는 것을 차단하였다. Hole 없을 때와 비교한다면 최고 온도를 가진 지점이 크게 줄어들었다. 최고 온도 또한 5[°C] 정도 내려간 116.7[°C]가 나왔다. 결과적으로 Hole의 냉각 효과는 미비하였다. 그러나 주위 공기 속도가 강해진다면 홀의 냉각 효과는 커질 것으로 판단된다. 이를 알아보기 위해 주변 공기 온도와 공기 속도를 변화

시켜 시뮬레이션 해 보았다. 이에 대한 결과를 그림 10과 그림 11에 각각 나타내었다.

- 주변온도변화에 따른 최고점 온도 변화

계절에 따른 변압기의 온도 특징을 알아보기 위한 시뮬레이션이다. 옥외용 변압기인 경우 계절에 따른 외부 기온이 직접적으로 몰드변압기에 영향을 준다. 이 영향을 알아 보기 위해 시뮬레이션을 하였다. 바람의 속도는 0.005[m/s]로 일정하게 하였다. 이에 대한 결과를 그림 10에 나타내었다.

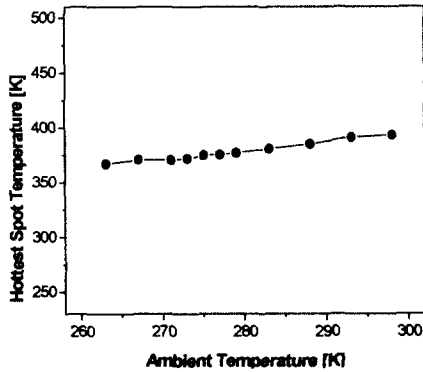


그림 10. 주변 온도에 따른 최고 온도 변화 (통풍구가 있는 경우)

Fig. 10. Hottest spot temperatures as a function of ambient air temperature (without ventilation hole)

Hole이 있을 때가 Hole이 없을 때에 비해 주변 온도에 대한 온도 상승 기울기가 줄어들었다. 두 기울기의 차가 작아 보이지만 이는 공기의 속도가 거의 없는 0.005[m/s]로 정해져 있기 때문이다. 시간에 따른 냉각 정도가 서로 크게 다르므로 공기의 속도가 커지게 된다면 두 기울기의 차는 더욱 커질 것으로 보인다.

- 풍속 변화에 따른 최고점 온도 변화

온도 특성 다음으로 바람의 속도에 대한 변압기의 최고 온도 값의 변화를 보았다. 태풍이나 지리적으로 바람이 많이 부는 곳에 변압기를 설치하였을 때의 온도 특징을 보기 위한 것이다. 공기의 온도는 20[°C]로 일정하게 하였다.

Hole이 없을 때의 바람의 영향을 보았을 때와 비슷한 그래프가 나왔다. 풍속이 빨라짐에 따라 열이 쌓이는 것이 제거되므로 최고 온도가 바람의 속도에 따라 급격히 내려가는 것을 볼 수 있다.

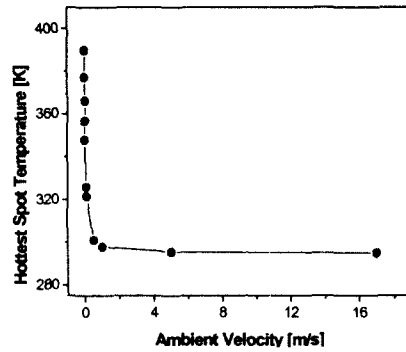


그림 11. 풍속에 따른 최고 온도 변화 (통풍구가 있는 경우)

Fig. 11. Hottest spot temperatures as a function of ambient air velocity (with ventilation hole)

2.3 변압기 실측치와 시뮬레이션 결과치 비교

위에서 결정한 열적 상수를 가지고 시뮬레이션한 결과와 실측으로 측정된 값을 비교하여 표 4에 나타내었다.

표 4. 시작품 & 시뮬레이션 결과
Table 4. Prototype transformer vs. Simulation results

구 분	시작품[K]	시뮬레이션[K]
최고 온도	388.46	389.7

시작품의 주변조건은 다음과 같았다. 주변 온도는 20[°C]였고 풍속은 일반 공기의 대류 속도인 0.005[m/s] 이었을 때이다. 위에서 결정한 열전도도와 발열량을 가지고 시뮬레이션 한 결과를 표 4에 나타낸 바와 같이 최고 온도 값과 거의 일치한 값을 얻을 수 있었다.

4. 결 론

시작품을 제작하여 얻은 물리적 값을 시뮬레이션 조건에 적용하고서 진행한 시뮬레이션에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 최고 온도 분포 지점을 살펴본 결과 몰드변압기의 철심과 에폭시 권선계면에서 가장 높은 온도 분포가 나타났다. 이는 철심과 권선부가 서로 떨어져 있기 때문에 2차측 코일에 열이 쌓인 결과라 할 수

있다. 이 온도가 너무 높기 때문에 이를 해소하기 위해서 Hole을 1차 권선과 2차 권선 사이에 만들어 열이 쌓이는 정도를 어느 정도 해소할 수 있는지를 알아보기 위해 위에서 사용된 시뮬레이션 방법을 가지고 Hole을 포함한 몰드변압기의 온도 분포결과를 분석하였다.

2. 주변 온도에 따른 최고 온도 변화를 비교했을 때 Hole 있을 때와 없을 때 차이가 나타났다. 이는 Hole이 일차적으로 두권선 사이의 열전달을 차단하는 기능을 하였고 이차적으로 냉각면적 확대를 가져와 최고 온도가 내려갔다. Hole있는 경우는 Hole이 없을 때에 비해 최고 온도가 5[°C] 정도 내려간 결과를 얻을 수 있었다.

3. Hole이 있을때와 없을 때의 최고 온도 분포 영역을 살펴보았다. Hole은 각 권선부에서 발열된 열이 전달되는 것을 차단하는 효과를 가지고 있어 최고 온도를 나타내는 부분면적이 Hole이 없을 때에 비해 크게 줄어들었다.

4. Hole을 가지고 있는 몰드변압기 시뮬레이션 결과, 본 연구에서 목표로 하는 H 중 전식변압기의 특징을 갖춘 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다.

시뮬레이션 결과치 중 하나인 최고 온도 변화와 실제 제작된 몰드변압기의 최고 온도를 비교한 결과 서로 상당히 근접한 값을 알 수 있었다.

에폭시 몰드 변압기의 경우 그 구성요소 각부 즉, 권선과 철심의 발열에 의한 온도 상승을 분석해 내는 것은, 변압기를 설계하고, 제작하여, 장기간 사용하는 데 있어서 중요한 요소로서 중요하다. 변압기 발열부 특히 1차측과 2차측 권선에서의 최고온도는 변압기의 설계와 제조에 있어서 중요한 핵심 사항이 된다. 이러한 값들을 설계할 때 알 수 있다면, 좀 더 효율적인 제조와 운용이 가능해진다.

References

[1] Linden W. Pierce, "Specifying and Loading Cast-Resin Transformers", IEEE Trans. Industry Applications. Vol. 29, no. 3, pp. 590-599, May/June, 1993.
 [2] T. Chao, "Solid cast transformers", IEEEAS Pulp Paper Conf, pp. 140-147, 1991.
 [3] 임달호, "전기계의 유한요소법", 동명사, pp. 1-5, 1992.
 [4] Takashi Hasegawa, "Application Technology of Molded Products in the Field", Takaoka Review, 1996.
 [5] "A Study on the Electrical Material", KERI, pp. 21-24,

1987.
 [6] "고체 물리학 실험", 경희대학교 물리학과.
 [7] 천희영외 1, "전기기계", 청문각, 1995.
 [8] Linden W. Pierce, "An Investigation of the The Temperature Distribution in Cast Resin Transformer Windings", IEEE Trans. Power Delv., Vol.7, No.2, April 1992.
 [9] 오우송외 1, "전기기기설계", 형설출판사, 1996.
 [10] Linden W. Pierce, "Predicting Hottest Spot Temperatures in Ventilated Dry Type Transformer Windings", IEEE Trans. Power Delv., Vol.9, No.2, April 1994.
 [11] A. Remandes-Costa et al, "Prevision of The Thermal Behavior of Dry Type Cast Resin Transformers", Electric Machines and Power Systems, 20:261-272, 1992.
 [12] H.G.Cho, et.al, "The Temperature Distribution and Thermal Stress Analysis of Pole Mold transformer", BKIEEME, No. 4, pp. 297-301, 2001.
 [13] IEC 726, "Dry Type Power Transformers", 1982.
 [14] W.E Featheringill, "Power transformer Loading". IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 1A-19, no. 1, pp. 21-27, Jan./Feb. 1983.

◇ 저자소개 ◇

이 현 진 (李賢珍)

1977년 3월 19일생. 2001년 인하대학교 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사 과정.

정 중 일 (鄭重一)

1973년 1월 28일생. 1996년 인하대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 9월 동 대학원 전기공학과 박사 수료.

허 창 수 (許昌洙)

1955년 1월 27일생. 1981년 인하대학교 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1983~1993년 한국전기연구소 기능재료연구실장. 1997~1998 Uni. of Connecticut 교환교수. 현재 인하대학교 전기공학과 교수.

조 한 구 (趙漢九)

1959년 4월 14일 생. 1984년 성균관대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 졸업(공학박). 1999~2000 동서대학교 전자기계공학부 겸임교수. 현재 한국전기연구원 책임연구원. 전기기기 기술사.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 에너지절약연구 (1999-E-EL02-E-44) 지원으로 수행되었음.