

공학석사 학위논문

변압기용 방열기의 열전달 성능해석

지도교수 권 오 봉

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2004년 2월

부경대학교 대학원

기계공학과

하 재 성

하재성의 공학석사 학위논문을 인준함.

2003년 12월

주 심 공학박사 이 도 형



위 원 공학박사 배 대 석



위 원 공학박사 권 오 봉



목 차

Abstract

Nomenclature

1. 서 론	1
2. 변압기의 구성	3
3. 수치 시뮬레이션	6
4. 결과 및 고찰	15
4. 1. 속도 분포	15
4. 2. 온도 분포	24
4. 3. 압력 분포	32
4. 4. 열전달률 비교	38
5. 결 론	39
6. 참고문헌	40

Analysis on the Performance of Radiator for Transformer

Department of Mechanical Engineering, Graduate
School
Pukyong National University

Jac Sung Ha

ABSTRACT

In this paper, fluid flow and heat transfer characteristics of transformer radiator are numerically investigated for open type and closed type. Velocity, temperature, and pressure distributions at the radiator are shown and analyzed for both types. For open type, some amounts of air flow through the slits between the fins making heat transfer performance low, while all the air for closed type flow to near the end of the radiator, contributing to the heat transfer.

Nomenclature

H	:	fin의 높이[m]
κ	:	난류에너지[m ² /s ²]
$\dot{m}$	:	질량유량[kg/s]
Re	:	Reynolds 수, $\frac{UD_h}{\nu}$
D_h	:	수력직경 [m]
U	:	평균속도 [m/s]
μ	:	점도 [kg/m • s]
ρ	:	밀도 [kg/m ³]

1. 서 론

변압기는 전자유도작용에 의해 한 쪽의 권선에 공급된 교류전류를 다른 쪽의 권선에 다른 전압의 교류전기로 변환하는 일종의 유도장치를 말한다.¹⁾ 자기회로를 만드는 철심과 전기회로를 만드는 권선으로 되어 있으며, 그 주위를 전기적 절연과 냉각작용을 목적으로 하는 절연유가 있고, 외부에는 탱크로 둘러싸여 있다. 변압기를 운전할 때 전류가 흐르면 권선의 전기저항 때문에 열이 발생한다, 이와 같은 열 발생에 의한 변압기 내부의 온도상승은 변압기의 안전운전을 위하여 일정한 한도로 억제되어야 하며, 따라서 변압기의 냉각작용은 매우 중요하다.

변압기를 냉각하기 위한 방법으로, 주요 부분인 권선과 철심은 탱크 안에 넣고 절연유를 가득 채워 철심이나 권선에서 발생하는 열을 절연유의 대류나 복사에 의해 방열시킨다. 만약 냉각작용이 불충분하여 변압기의 온도가 상승할 경우에는 변압기의 절연물이 열에 의해서 점차 열화되고, 이상 전압 또는 외부단락 등에 의한 전기적, 기계적 스트레스를 받아서 파괴되고 수명을 다하게 된다. 그러므로 절연유의 냉각작용은 변압기의 성능에 매우 중요한 역할을 한다. 방열이 잘 되게 하기 위하여 탱크의 외부에 절연유를 순환시키는 파이프나 방열기를 설치하고, 대용량의 변압기에서는 방열기에 팬(fan)을 설치하여 강제 냉각하는 방식을 채택하여 냉각효율을 높이고 있다.

본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 변압기 외부에 장착된 방

열기의 성능해석을 하여 기존 모델을 바탕으로 개선된 방열기 모델을 제시하고자 한다. 수치해석 모델로 현재 대용량으로 널리 쓰이는 230kV 용량의 변압기를 택하였으며, 설계도를 바탕으로 하여 환(fin) 사이의 조건이 모두 동일하다고 가정하고 모델링 하였다. 이러한 연구는 변압기 온도의 예측, 절연유의 유량 및 온도와 변압기 용량과의 관계, 환의 성능에 따른 냉각 효과 등의 해석이 중요하며, 변압기 본체보다 크게 제작되는 방열기의 구조 변경을 가능하게 하며, 설치를 용이하게 하여, 변압기의 설계와 수명예측 등에 큰 도움이 되리라 생각한다.

2. 변압기의 구성

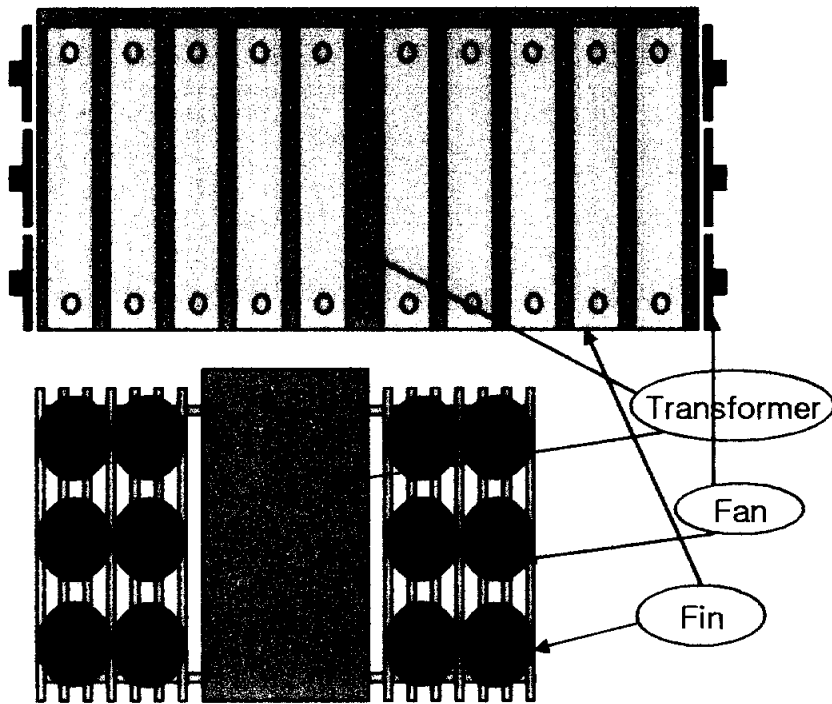
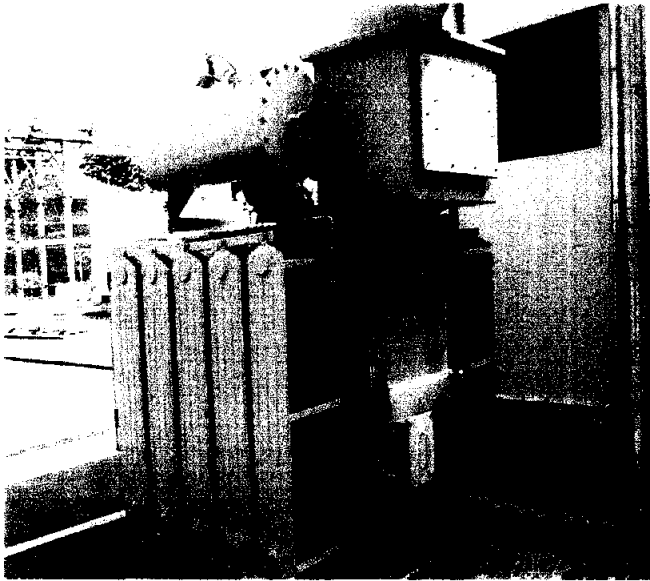


Fig. 1 Schematic diagram of transformer

변압기는 Fig. 1에서 보이는 것처럼 본체와 방열효과를 높이기 위한 방열기의 환과 뿔으로 구성되어 있다. 환의 개수와 뿔의 설치는 변압기의 용량에 따라 달라질 수 있으나 보통 변압기를 기준으로 변압기의 측면을 따라 방열기를 설치하고 환의 가장자리에 마주보는 형태로 뿔을 설치한다.



(a)

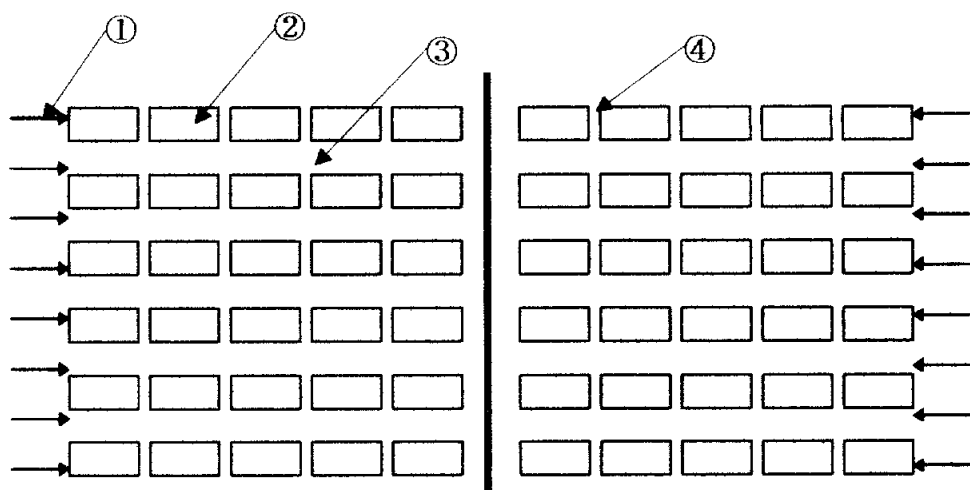


(b)

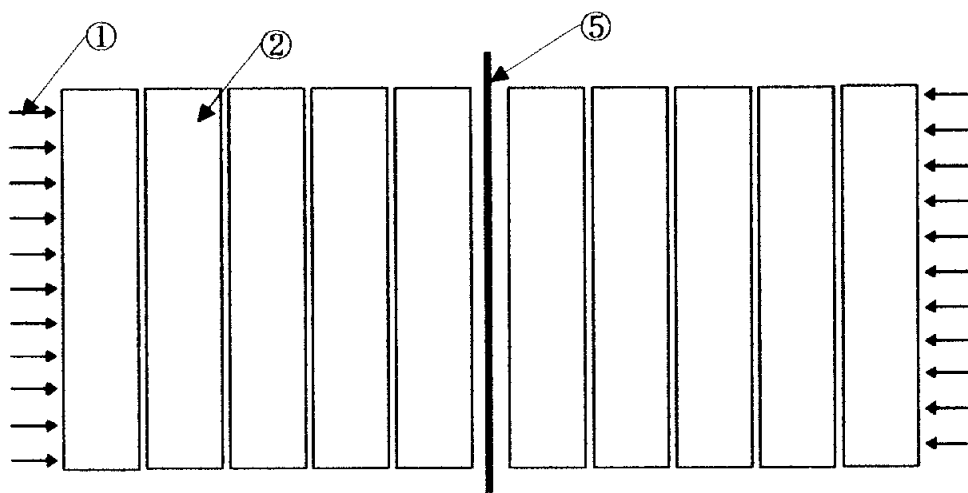
Photo. 1 Photograph of transformer

Photo. 1은 산업에 널리 쓰이는 변압기의 사진이다. Photo. 1(a)는 방열기의 본체 양쪽에 환 만을 설치한 형태이고, Photo. 1(b)는 환의 설치를 최소화하고 뢰를 부착해 냉각효과를 극대화시킨 형태이다. Photo. 1(a)의 경우 뢰 없이 환 만을 설치하여 소음의 측면에서 유리하다고 할 수 있으나, 충분한 냉각효과를 위해서는 환의 수가 많아야 하므로 방열기의 체적이 늘어나는 단점이 있고, Photo. 1(a)의 경우 뢰의 가동으로 소음이 발생하지만 뢰에 의한 냉각효과가 커지고, 상대적으로 환의 설치를 최소화 할 수 있어, 공간적인 이점이 따른다.

3. 수치 시뮬레이션



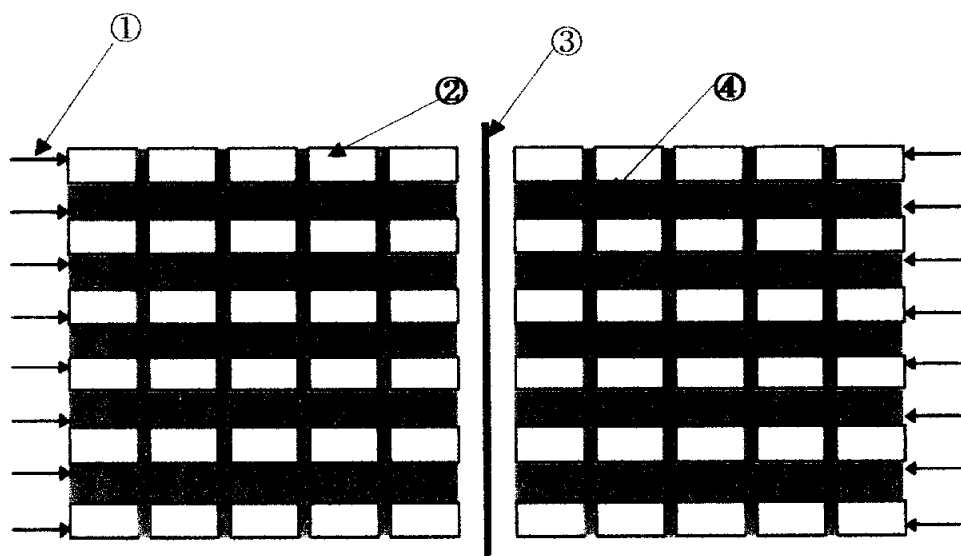
(a) top view



(b) side view

Fig. 2 Schematic diagram of transformer radiator (open type : ① inlet, ②fin, ③upper exit, ④side exit, ⑤center line)

본 수치 시뮬레이션에는 대용량 변압기에서 사용되어지는 대칭 형태의 기존의 개방형과 새로운 밀폐형을 고려하였다. Fig. 2는 대칭형태의 개방형 방열기를 간략하게 나타낸 것인데, ①에서 일정속도로 공기가 유입되고, 흰에서는 일정한 온도가 유지 된다고 가정하였으며, ③의 상부와 하부에서 대기중에 노출되어 있고, 흰 사이의 틈 ④가 존재하는 형태이다. 대칭면 ⑤를 기준으로 방열기가 대칭형태로 놓여있고, 대부분은 공기가 ⑤의 지점을 통하여 배출되지만, 방열기의 흰 사이의 틈과 방열기의 상부, 그리고 하부로 공기의 출입이 자유로워 ①에서 ⑤의 중심부까지 미치는 영향은 감소하는 경향이 있다.



(a) top view

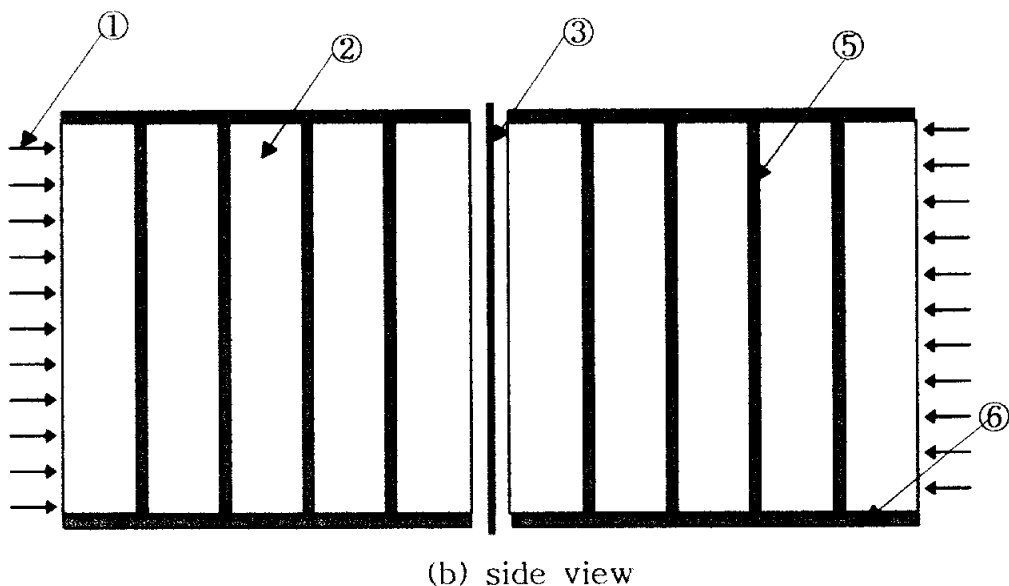
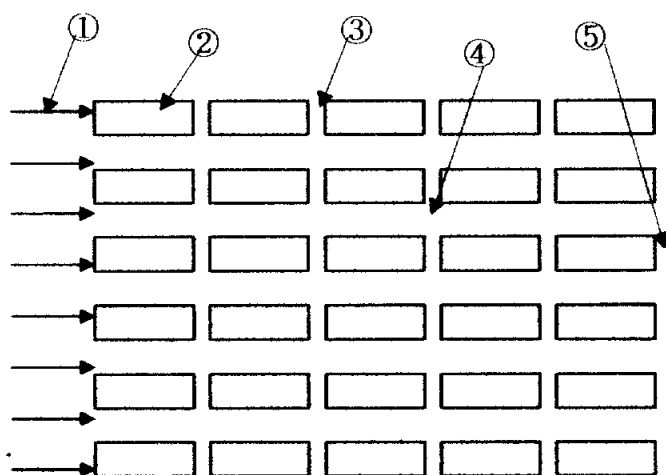
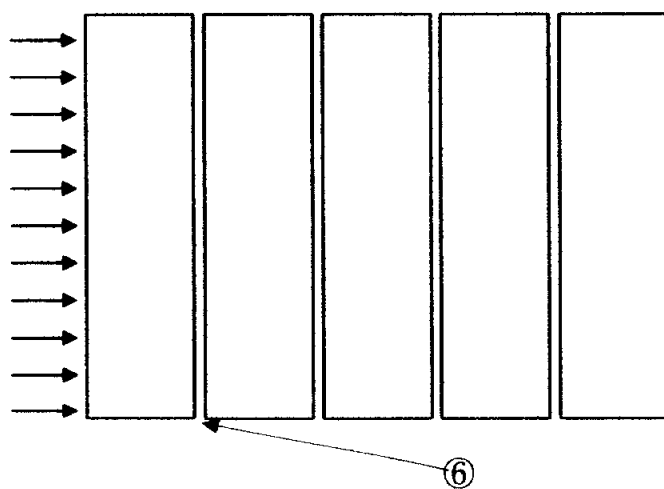


Fig. 3 Schematic diagram of transformer radiator (closed type : ① inlet, ②fin, ③center line, ④upper exit, ⑤side exit, ⑥bottom exit)

Fig. 3에서 보여주는 대칭 밀폐형 방열기는 개방형 방열기에서 크거나 경계조건에서 동일한 조건이지만, Fig. 3(b)의 ①에서 강제적으로 유입되는 공기가 방열기의 흰 사이 ②를 지나서 ③의 중심부로 이동하는 가운데 대기 중에 노출되어 있던 ④의 상부면과 ⑥인 하부면의 공기의 출입이 자유로웠던 공간을 차단하여 입구 측에서 유입되는 공기의 대부분이 ③의 중심부로 빠져나가게 만든 구조이다. ②의 흰 에서는 일정한 온도의 경계조건을 적용하였다.



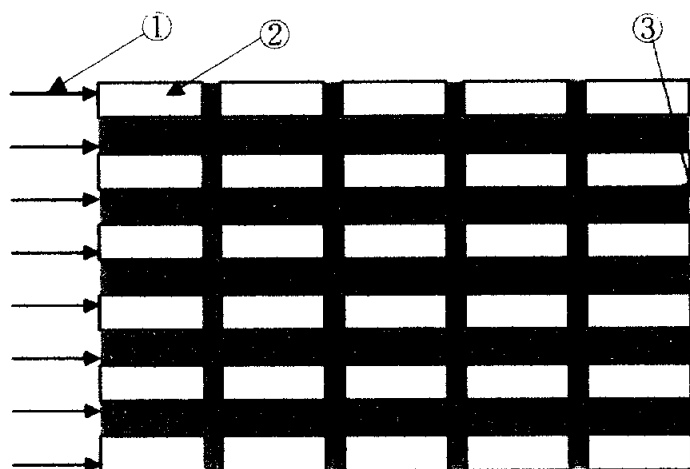
(a) top view



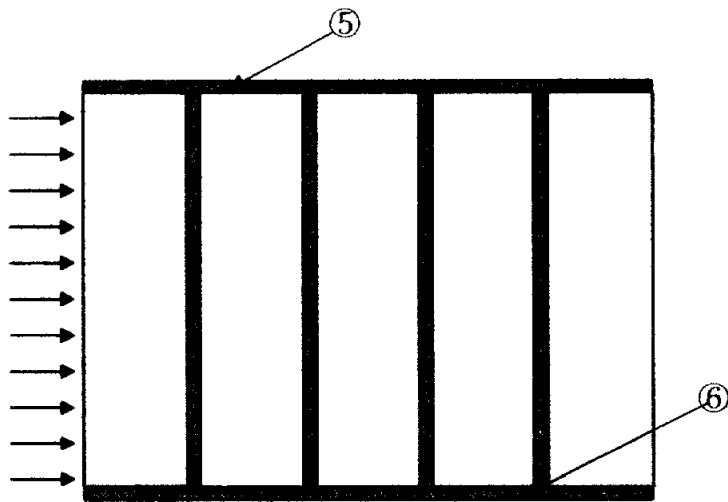
(b) side view

Fig. 4 Schematic diagram of transformer radiator (single & closed type : ①inlet, ②fin, ③side exit, ④upper exit, ⑤center line, ⑥bottom exit)

Fig. 4는 대칭이 아닌 형태의 개방형 방열기 이다. 보통 소용량의 변압기에서 사용되어지는 것이나 여기서는 대용량 방열기에서 사용되어지는 대칭형태와 비교를 하기 위하여 적용하였다. ①의 입력조건과 흰 ②의 온도 조건 등은 모두 동일하지만, ⑤에서 대칭이 아니고 대기에 노출된 상태이다. 대칭개방형 방열기와 마찬가지로 흰 사이의 틈으로 공기가 많이 빠져 나가는 형태이고, 상부와 하부로도 공기가 잘 빠져 나갈 수 있는 구조로 되어있다.



(a) top view

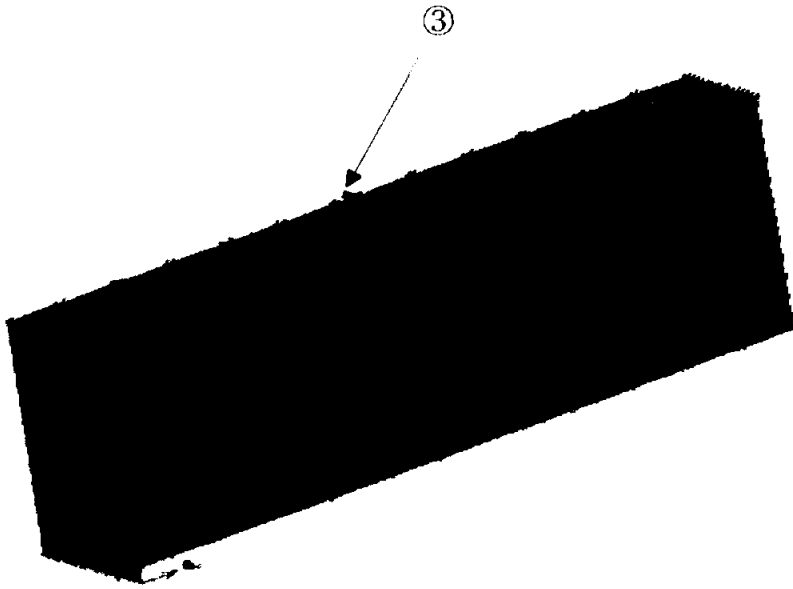


(b) side view

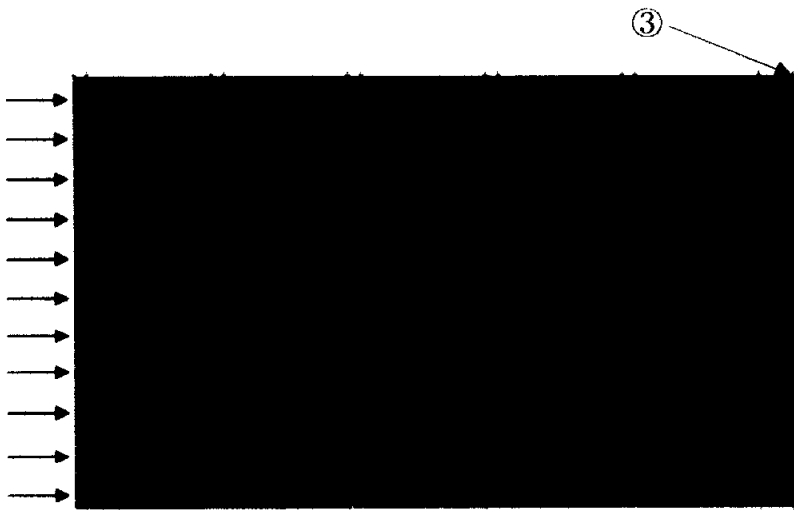
Fig. 5 Schematic diagram of transformer radiator (Single type :

①input, ②fin, ③output, ④upper exit, ⑤side exit)

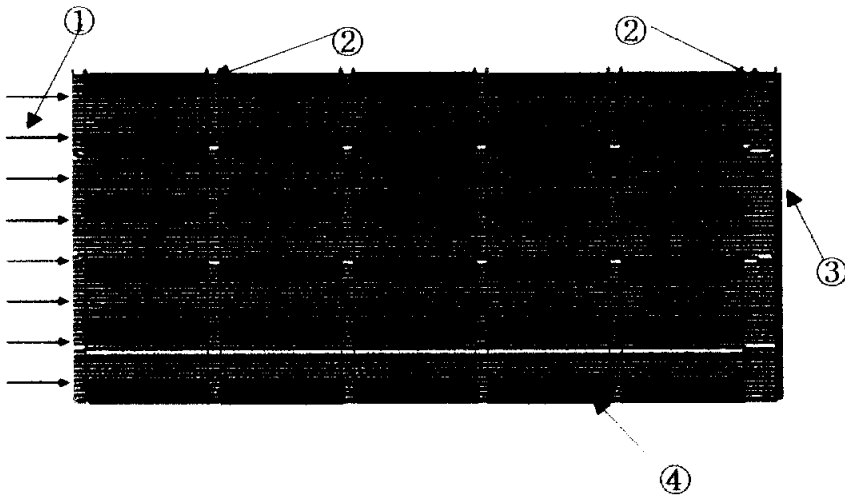
Fig. 5는 보통 소형 변압기에서 주로 이용되는 비대칭 형태의 밀폐형방열기이다. 입구의 입력 조건과 환의 경계조건은 대칭형과 동일하고, ③에서의 출구조건은 대기조건으로 주었다. 대칭 밀폐형과 마찬가지로 방열기의 상부와 하부를 차단하여 방열기의 틈으로 공기가 빠져나가는 것을 방지하여 유입되는 모든 공기가 출구인 ③을 통하여 밖으로 빠져나가게 모델링 하였다.



(a) Grid



(b) side view



(c) top view

Fig. 6 Transformer Grid (①inlet, ②side exit, ③center line ④fin)

Fig. 6은 수치계산을 위하여 대용량 대칭형 방열기의 환을 단순화 하여 모델링 한 것이다. Fig. 6(a)은 전체적인 방열기의 모델링을 보여주고 있으며 Fig. 6(b)은 측면에서의 방열기 모습을 간략하게 보여주고 있는데, Fig. 6에서의 ③을 기준으로 양쪽 면이 대칭형태를 이루고 있으므로 원활한 수치계산을 하기 위하여 대칭부분의 한 영역을 택하여, Fig. 6(b)처럼 계산영역을 선택하고, 방열기의 공기입구인 ①에 일정속도를, ②에는 대기압, 대칭면 ③에는 대칭조건을 주었다. Fluent²⁾를 사용하여 시뮬레이션하였다. 격자와 격자 사이의 경계면에서 풍상차분법(upwind scheme)을 사용하였으며 압력과 속도의 연계문제는 SIMPLE

(Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equation)알고리즘을 사용하고, 난류모델은 표준 k- ϵ 모델을 사용하였다.^{3~6)} 입구의 공기온도는 15℃로 하였다. 환의 벽은 50℃로 일정하다고 가정하였다. 방열기의 크기를 고려해 60만개의 격자를 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

개방형과 밀폐형, 그리고 대칭형과 비대칭형 방열기에 대해 유량을 변경하면서 수치 시뮬레이션하여 속도, 온도, 압력값을 분석하였다. 환의 속도분포나 온도분포, 압력분포를 비교하였다.

4. 1 속도 분포

Fig. 7은 방열기에서 $Re=44500$ 일 때의 속도크기의 분포를 나타낸 것이다. Re 는 다음으로 정의한 것이다.

$$Re = \frac{\rho U D_h}{\mu},$$

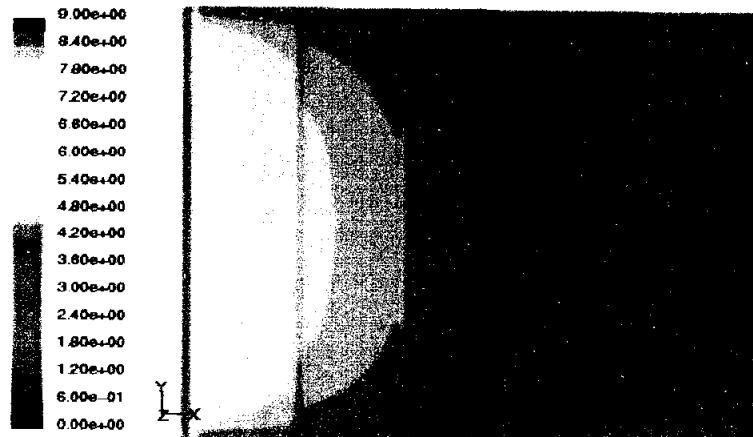
U 는 입구에서의 평균속도를, D_h 는 방열기에서 환과 환사이의 수력직경을, ρ 는 공기의 밀도를, μ 는 공기의 점성계수를 나타낸 것이다.

Fig. 7(a)와 (b)는 대칭형태에서 개방형 및 밀폐형 방열기에 대해, 중앙의 수직 단면에서의 속도크기의 분포를 나타내고 있으며, 동일한 유량, 즉 동일한 Re 에 대해서 개방형의 경우 방열기의 앞부분에서는 비교적 큰 속도를 가지나, 방열기 후반부에서는 속도가 상당히 떨어진다. 또한 방열기의 중앙 통로 부분에서 비교적 큰 속도를 나타내고 가장자리에서 작은 속도 분포를 가지는

것을 볼 수 있다. 개방형의 경우, Fig. 7(a)에서 보인 방열기의 여러 출구단면으로 상당히 많은 유량이 외부로 빠져나가 방열기 후반부에 도착하는 공기가 줄어들기 때문이다.

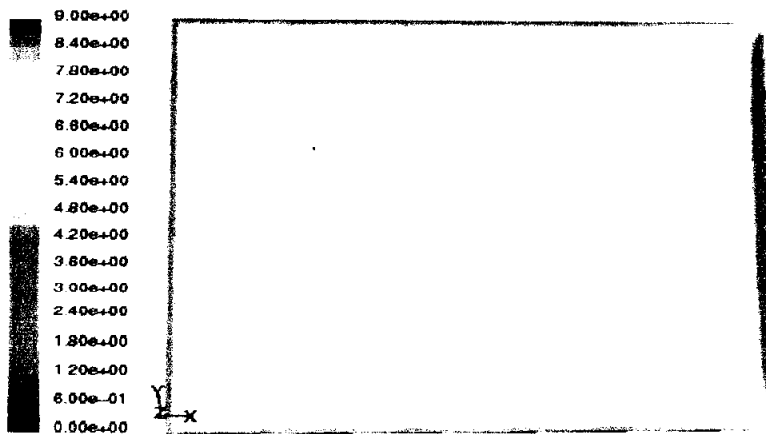
Fig. 7(c)와 7(d)는 개방형 및 밀폐형 방열기에 대해, 중앙의 수평 단면에서의 속도크기의 분포를 나타내고 있으며, 동일한 유량, 즉 동일한 Re 에 대해서, 개방형의 경우 방열기의 앞부분에서는 비교적 큰 속도를 가지지만 방열기 후반부에서는 속도가 상당히 떨어지며, 밀폐형의 경우 속도가 방열기 후반부까지 줄어들지 않음을 또한 볼 수 있다. 이는 실제 방열기에서 절연유에 의해 온도가 상승하면 환과 가까이에 있는 환에 대해서는 효과적으로 냉각될 수 있으나, 환과 거리가 있는 환에 대해서는 강제대류에 의한 영향력이 줄어들어 냉각효과가 감소한다는 것을 말해주는 것이다. 환을 효과적으로 이용하려면 방열기의 바깥부분을 막아서 소실되는 부분을 차단함으로써 방열기 전체에 대한 냉각효과를 증가시킬 수 있다. 속도 분포를 살펴보면 개방형에서는 전체 환에서 중심부에서는 속도가 높게 나타나지만, 공기가 빠져 나가는 상부나 하부에서는 속도가 많이 감소한 모습을 보여주고 있으며, 환의 측면에서도 틈 사이로 빠져 나가는 공기로 인하여 환으로 둘러싸여있는 중심부에는 속도가 높게 나타나지만, 방열기의 가장자리 부분에는 속도가 많이 감소하여 나타난다. 밀폐형의 경우에는 공기가 빠져나가는 틈을 차단한 상태에서 상부에서나 하부에서의 속도 분포의 차이는 거의 보여주지 않고 있으며, 측면으로도 공기의 손실이 없어 공기가 중심부와 가장자리가 일정하

계 나타나고 있다.



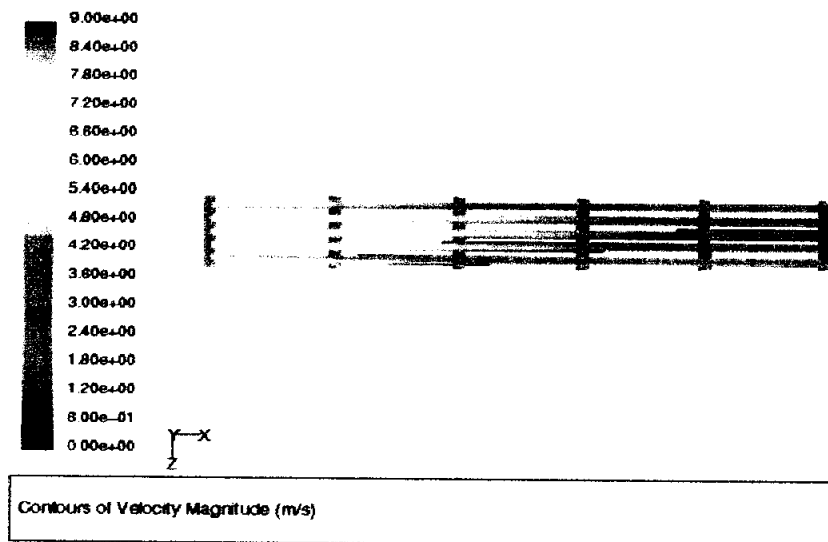
Contours of Velocity Magnitude (m/s)

(a) symmetry & open type, at central vertical section

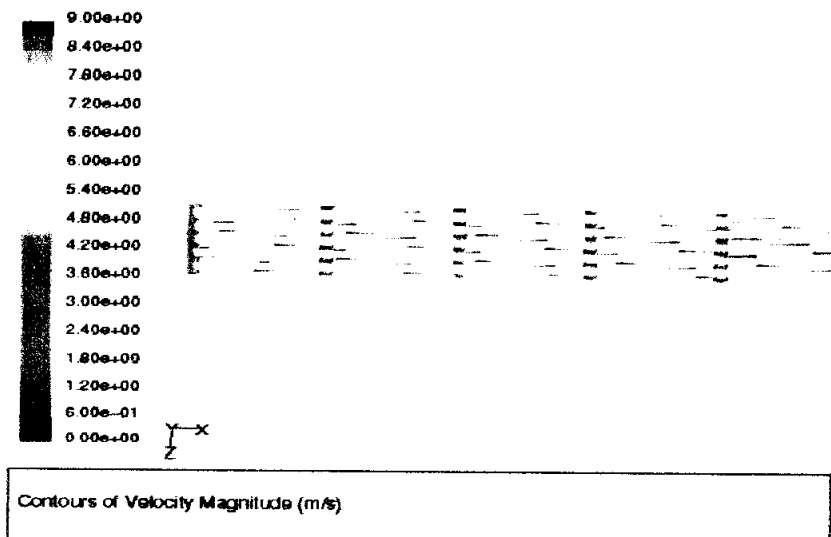


Contours of Velocity Magnitude (m/s)

(b) symmetry & closed type, at central vertical section



(c) symmetry & open type, at central horizontal section



(d) symmetry & closed type, at central horizontal section

Fig. 7 Velocity magnitude ($Re=44500$, $U=4m/s$)

Fig. 8은 방열기의 중앙부에서의 속도 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 개방형의 경우 공기가 유입되는 곳에서 멀어질수록 속도가 감소되는 경향을 보이고 있으나, 밀폐형의 경우 유입되는 곳의 속도가 계속해서 일정하게 유지되고 있다.

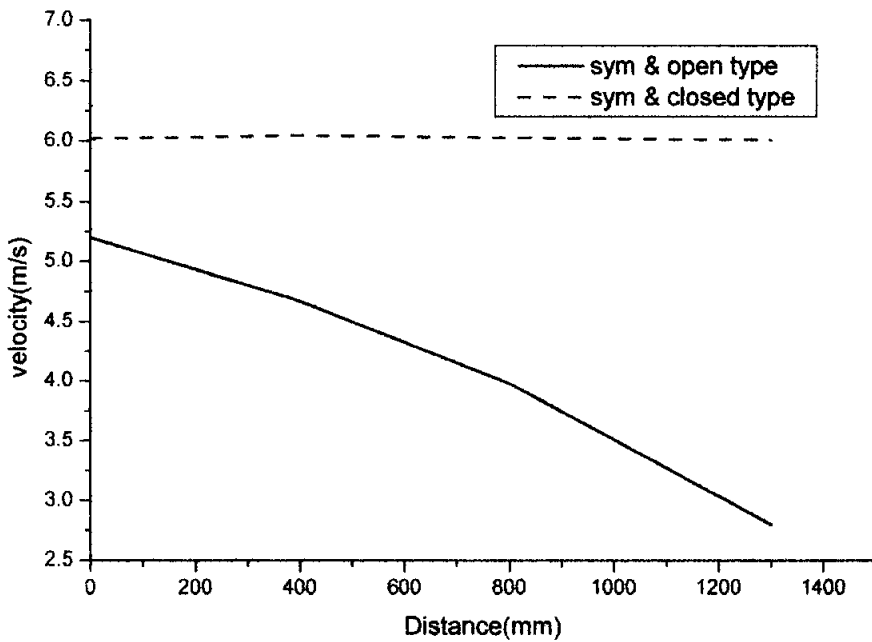
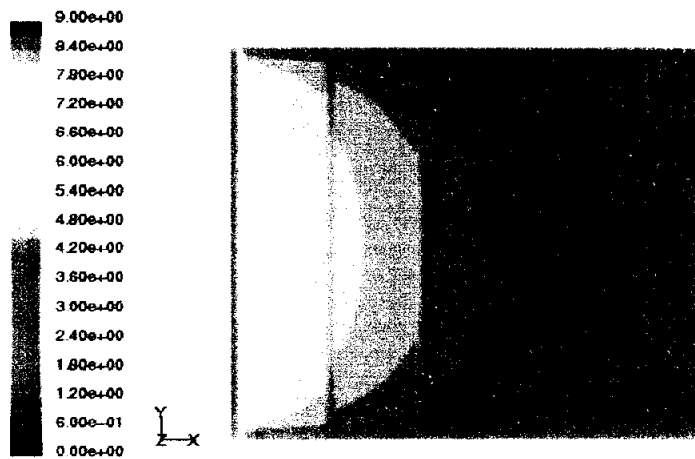


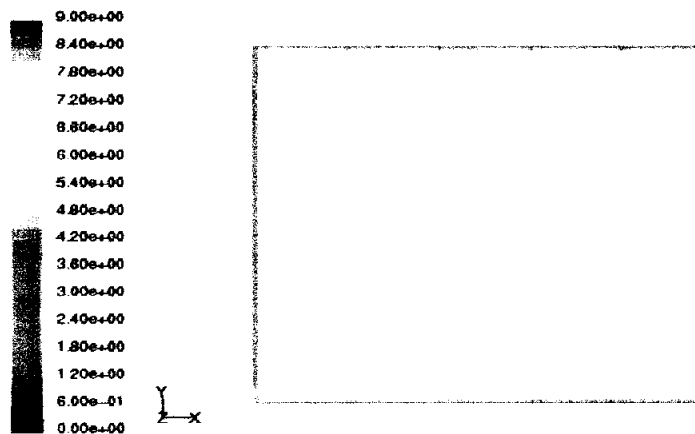
Fig. 8 Velocity distribution at the central line of the radiator
($Re=44500$, $U=4m/s$)

Fig. 9는 대칭형이 아닌 형태의 방열기에 관한 계산 결과를 나타낸 온도 분포이다. 대기압을 출구조건으로 사용하여 계산하였다. Fig. 9(a)는 Fig. 7(a)와 유사한 형태를 보여주는데, 방열기의 중앙 통로 부분에서 비교적 큰 속도를 가지며 가장자리로 갈수록 속도가 떨어진다. 이것은 Fig. 7(a)와 마찬가지로 방열기의 여러 출구 면으로 상당히 많은 공기가 외부로 빠져나가 방열기 후반부에 도착하는 공기가 줄어들기 때문이다. Fig. 9(b)는 Fig. 7(b)와 유사하게 나타나는데, 방열기의 외부를 차단한 밀폐형 방열기이므로, 속도는 방열기 후반부 까지 일정하게 나타나고, 흰의 후반부의 출구로 모두 유출된다. Fig. 9(c)와 Fig. 9(d)는 개방형 및 밀폐형 방열기에 대하여, 중앙의 수평단면에서의 속도크기의 분포를 나타내고 있으며, 개방형의 경우 방열기의 출구부분으로 공기가 진행할수록 속도가 상당히 떨어지며, 밀폐형의 경우에는 속도가 방열기의 후반부까지 거의 줄어들고 있지 않는 것을 볼 수 있다.



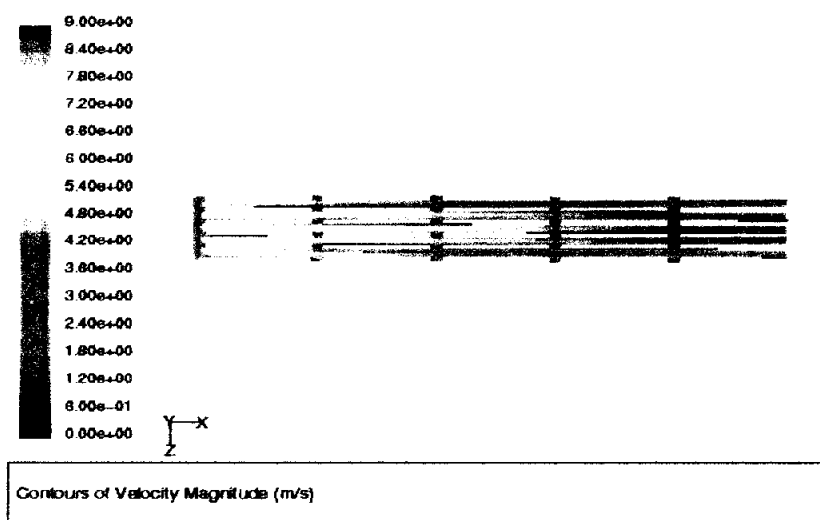
Contours of Velocity Magnitude (m/s)

(a) single & open type, at central vertical section

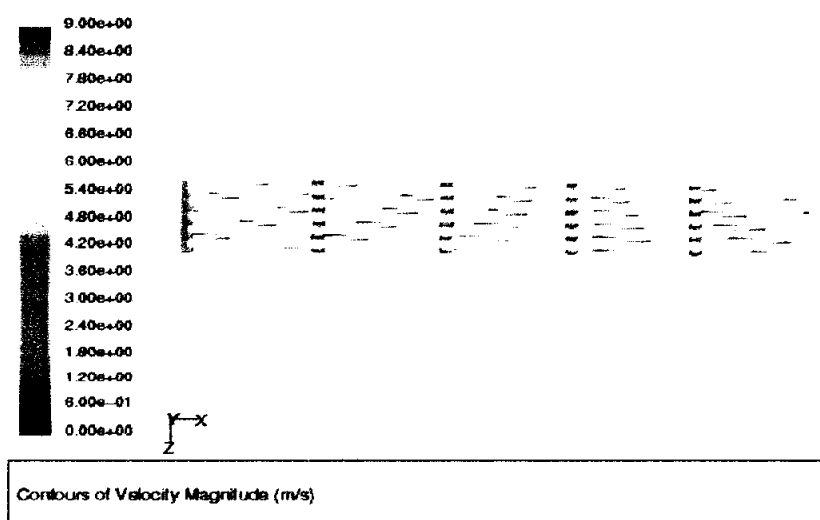


Contours of Velocity Magnitude (m/s)

(b) single & closed type, at central vertical section



(c) single & open type, at central horizontal section



(d) single & closed type, at central horizontal section

Fig. 9 Single type radiator ($Re=44500$, $U=4m/s$)

Fig. 10은 방열기의 중앙부에서의 속도 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 대칭형태와 마찬가지로 개방형의 경우 공기가 유입되는 곳에서 멀어질수록 속도가 감소되는 경향을 보이고 있으나, 밀폐형의 경우 유입되는 곳의 속도가 계속해서 일정하게 유지되고 있다.

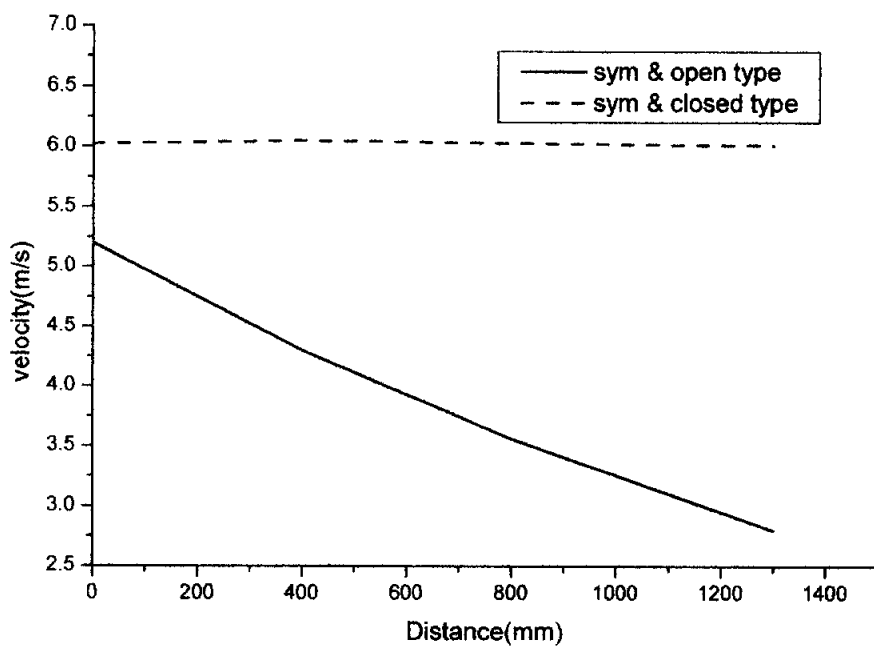
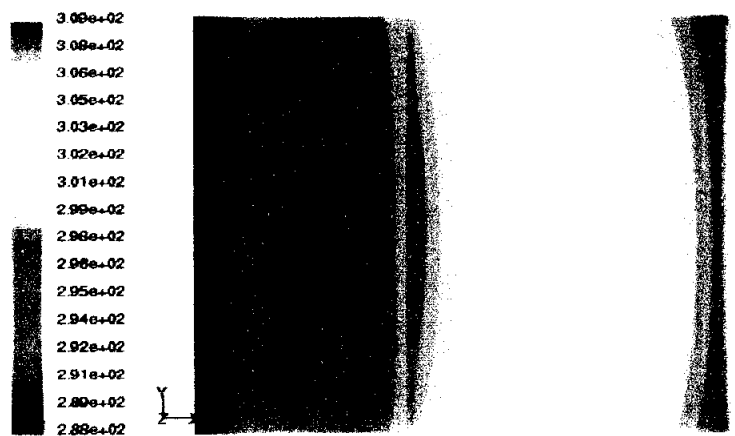


Fig. 10. Velocity distribution ($Re=44500$, $U=4m/s$)

4. 2 온도 분포

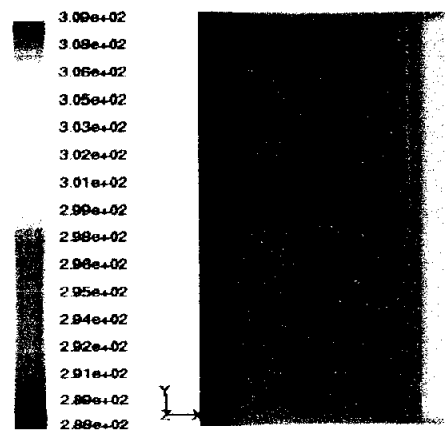
Fig. 11은 Re 가 44500일 때, 대칭형태의 개방형과 밀폐형의 방열기에서의 중앙의 수직 단면에서의 공기의 온도 분포를 나타내고 있다. 두 형태 모두 환이 설치되어 있는 환 부분에서는 저온이고 출구 쪽으로 진행 할수록 고온으로 나타난다. 개방형과 밀폐형 방열기의 온도분포는 큰 차이를 보이지 않고 있다. Fig. 9(a)를 살펴보면 개방형의 경우 방열기의 중심에서 위의 Fig. 7(a)에서 보듯이 중심부분의 속도가 방열기의 상·하보다 빠르므로 온도가 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그에 비해 대칭 밀폐형은 환에서 발생하는 강제대류의 유량손실이 없고 일정한 속도는 유지되므로 상·하부분이 모두 균일한 온도 분포를 보여주고 있다.

온도 분포에서 미묘하나마 개방형과 밀폐형의 온도 차이를 보여 주고 있으며, 밀폐 형에서 온도가 약간 높게 나타난다. 개방형 방열기의 중심부에서의 온도 분포는 전체적으로 일정하지만 환의 가장자리인 상부와 하부가 낮게 나타나고 방열기 중심부의 측면에서도 환으로 둘러싸인 방열기의 중심부보다 대기와 접하고 있는 가장자리에서 온도 분포가 낮게 나타나고 있다. 이에 반해 밀폐형의 방열기에서는 방열기의 중심부와 측면이 모두 일정한 온도를 나타내는데 틈새로 나가는 공기의 손실 부분이 없어서 온도의 감소가 없으므로 보여 지는 것이라 할 수 있다.



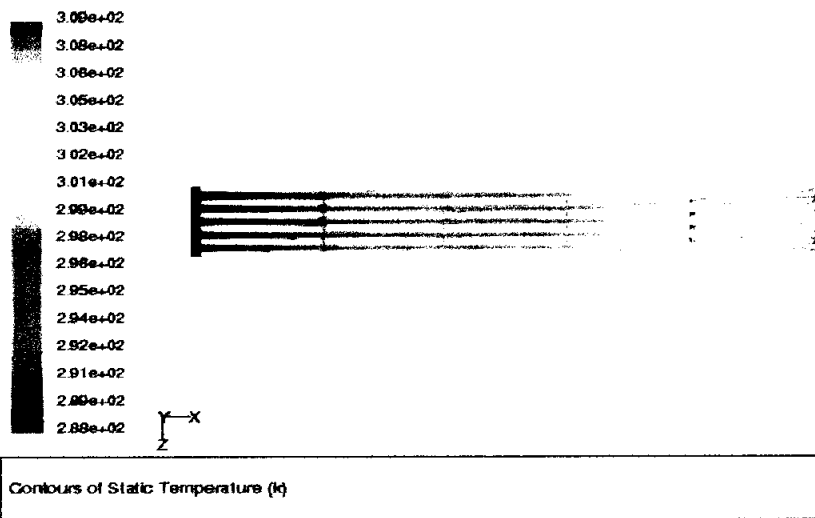
Contours of Static Temperature (K)

(a) symmetry & open type, at central vertical section

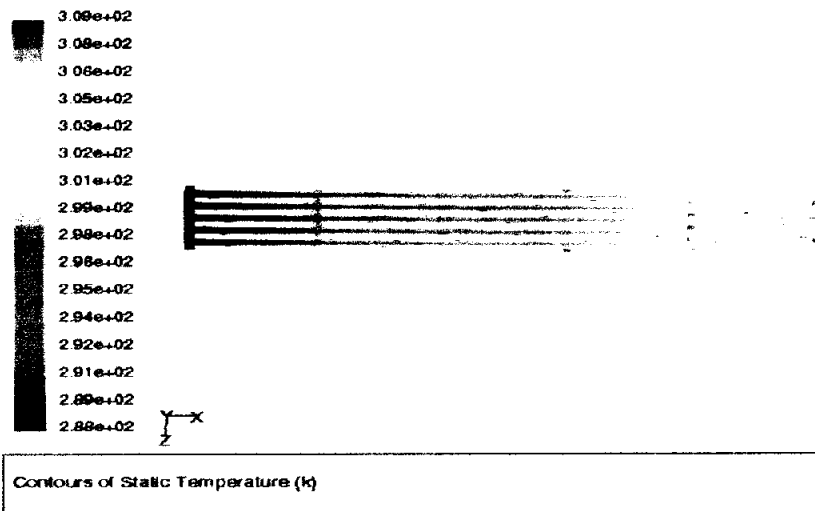


Contours of Static Temperature (K)

(b) symmetry & closed type, at central vertical section



(c) symmetry & open type, at central horizontal section



(d) symmetry & closed type, at central horizontal section

Fig. 11 Temperature distribution ($Re=44500$, $U=4m/s$)

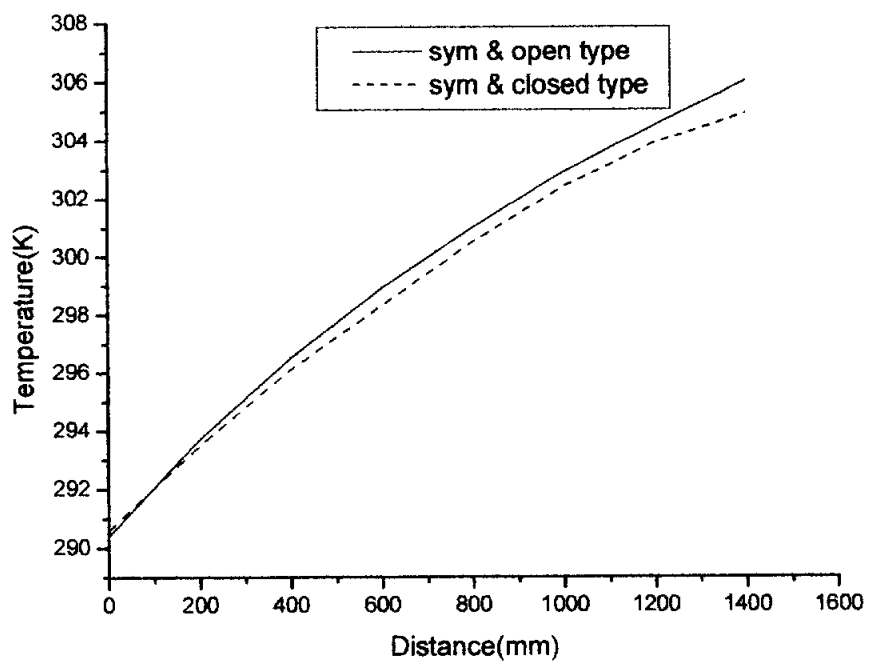
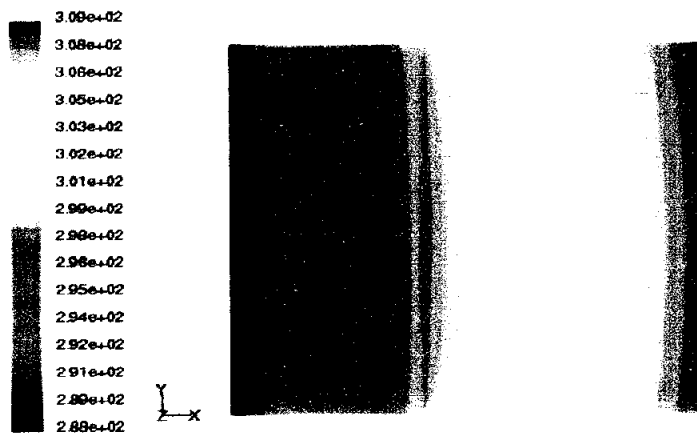


Fig. 12 Temperature distribution ($Re=44500$, $U=4m/s$)

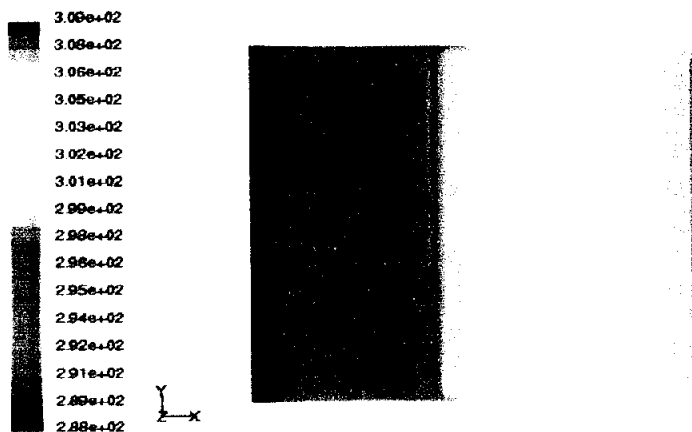
Fig. 13은 Re 가 44500일 때, 대칭이 아닌 상태에서 개방형과 밀폐형의 공기의 온도 분포를 나타내고 있다. 두 가지 모두 환이 설치되어 있는 입구에서는 온도가 낮게 나타나고, 출구 쪽으로 진행 할수록 온도가 높아지는 것을 볼 수 있다. Fig. 9에서와 마찬가지로 개방형과 밀폐형의 온도 분포 형태는 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 개방형에서는 상부에서 그리고 하부에서 대기에 노출되어 손실되는 부분이 있어, 중심부 보다 온도가 낮게 나타나고, 측면을 살펴보면 환의 틈새로 공기가 빠져나가서 중심부 보다 온도가 감소하는 것이 나타난다.

단일 형태의 밀폐형에서는 환의 상부와 하부 그리고 중앙에서의 온도 분포가 균일하다. 개방형에서 나타나는 환의 상부와 하부의 틈으로 새어나가는 공기가 없이 모두 환의 출구로 향하여 온도가 일정하게 나타난다. 대칭형 방열기에 비해 전체적으로 온도가 약간 높게 나타나고, 밀폐형의 경우에는 방열기 온도 분포가 일정하므로, 전체적으로 일정하게 냉각효과를 볼 수 있다.



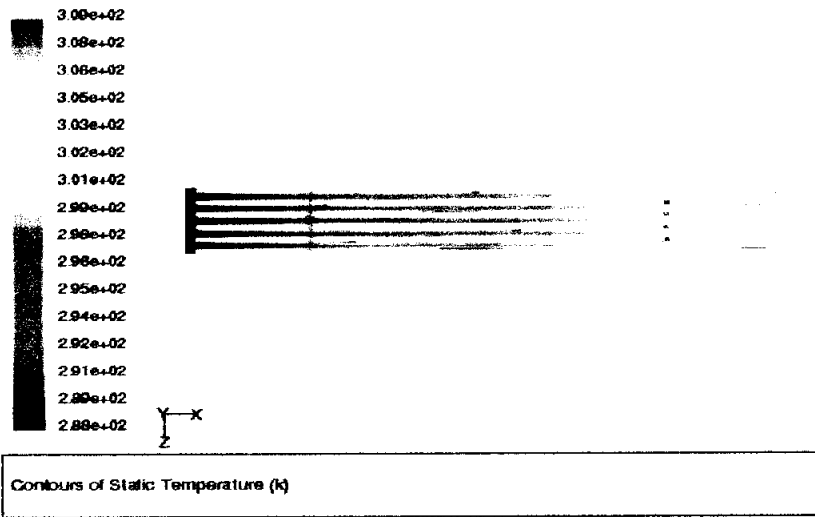
Contours of Static Temperature (K)

(a) single & open type, at central vertical section

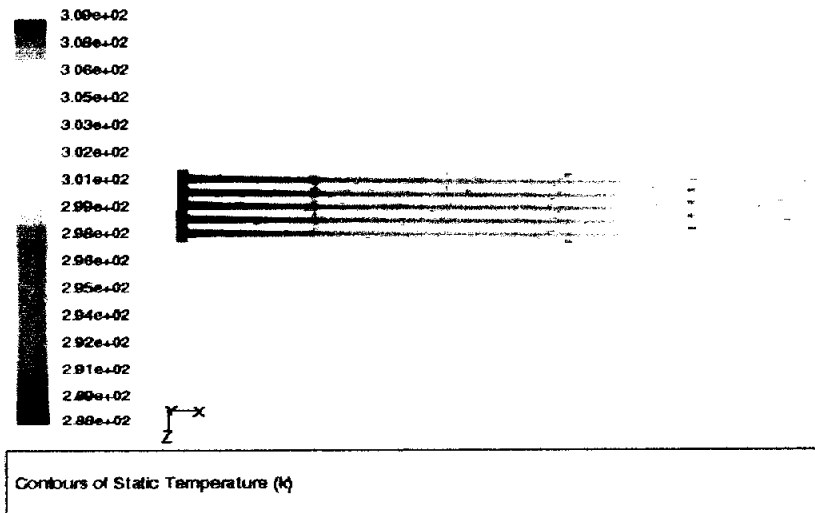


Contours of Static Temperature (K)

(b) single & closed type, at central vertical section



(c) single & closed type, at central horizontal section



(d) single & closed type, at central horizontal section

Fig. 13 Temperature distribution ($Re=44500$, $U=4m/s$)

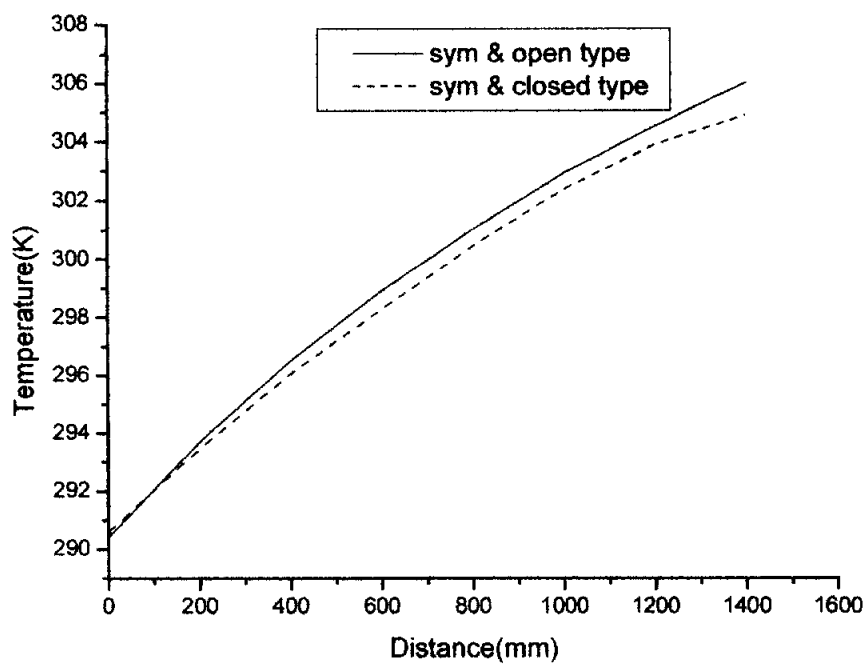
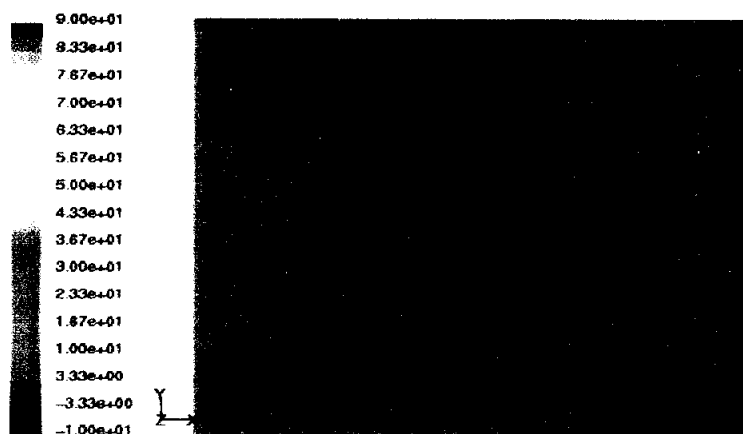


Fig. 14 Temperature distribution ($Re=44500$, $U=4m/s$)

4. 3 압력 분포

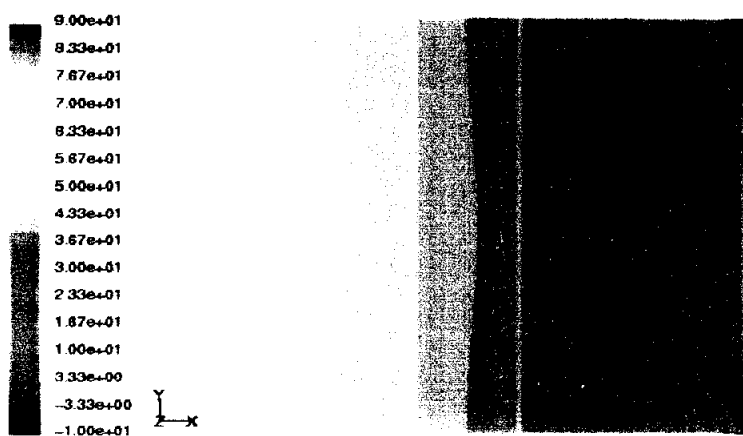
방열기에서 Re 가 55400일 때의 압력 분포를 Fig. 15에 나타내고 있다. 동일한 유량, 즉 동일한 Re 에 대해서 개방형의 경우 방열기 입구와 출구의 압력차이는 그렇게 크지 않으나, 밀폐형의 경우 압력차이는 비교적 큰 것으로 나타났다. 밀폐형의 경우, 공기가 방열기의 곳곳에 있는 외부 틈으로 공기가 많이 빠져나가 입구에서 높은 압력이 필요하지 않지만, 밀폐형의 경우 모든 공기가 방열기 후부의 출구로만 빠져 나가기 때문에 동일한 유량의 공기를 공급하기 위해서는 입구에서 보다 높은 압력을 필요하다.

대칭 개방형 방열기 에서는 입구에서는 뢰의 영향으로 비교적 높은 압력을 형성하고 뢰를 지날수록 압력이 감소하는 경향을 보인다. 그리고 뢰의 중심부분에서 압력이 높고 공기가 빠져나가는 상부와 하부 영역에는 압력이 낮게 나타난다. 대칭 밀폐형은 개방형보다 압력이 높고 역시 뢰의 영향으로 입구의 압력이 높고 출구에서의 압력이 많이 감소한다.



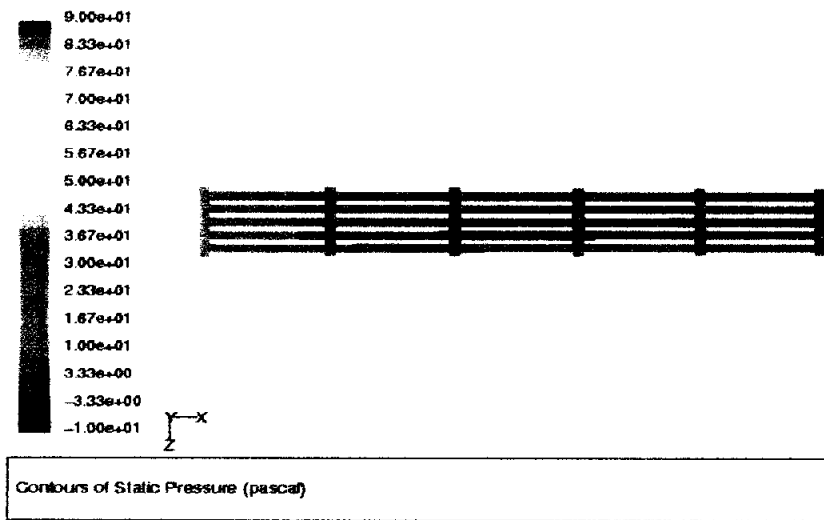
Contours of Static Pressure (pascal)

(a) symmetry & open type, at central vertical section

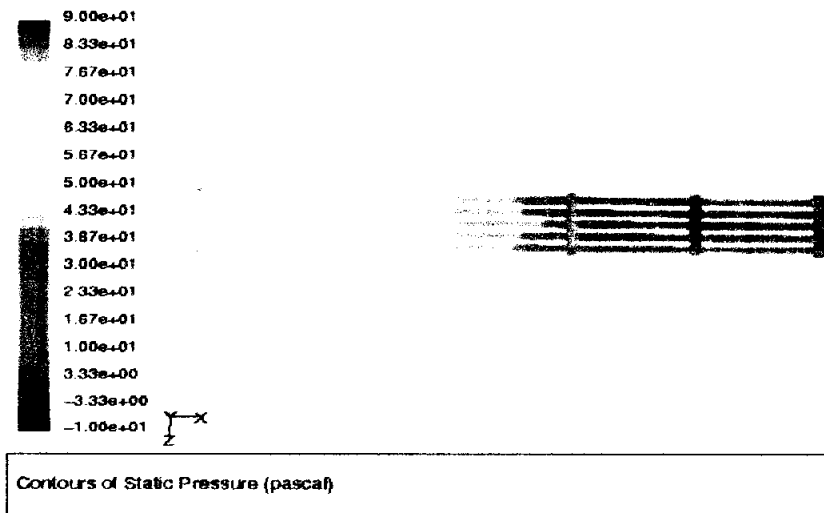


Contours of Static Pressure (pascal)

(b) symmetry & closed type, at central vertical section



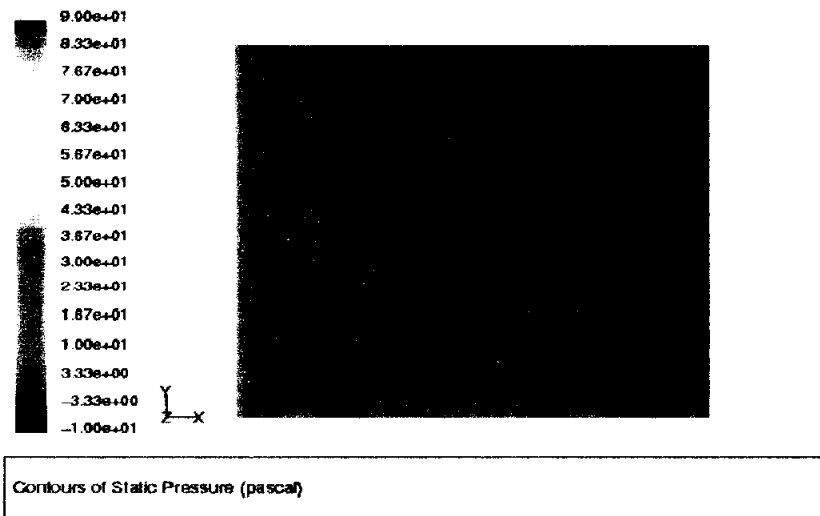
(c) symmetry & open type, at central horizontal section



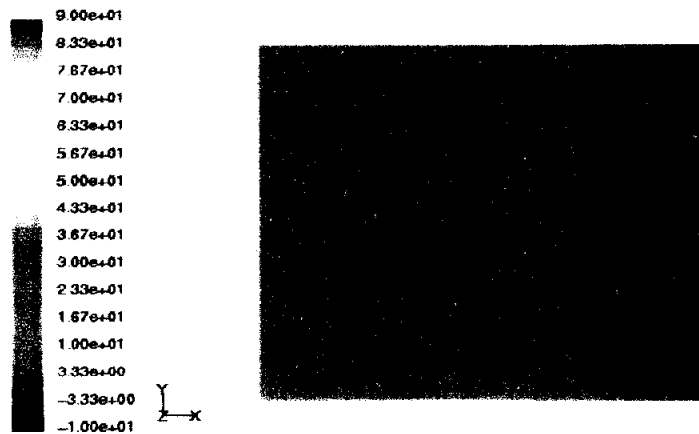
(d) symmetry & closed type, at central horizontal section

Fig. 15 Pressure magnitude ($Re=44500$, $U=4m/s$)

Fig. 16은 비대칭형 방열기에서 Re 가 55420일 때의 압력분포를 나타낸다. 개방형인 Fig. 16(a)가 압력이 동일한 유량에서는 밀폐형보다 낮게 나타난다. 개방형의 경우, 공기가 곳곳의 외부 틈으로 빠져 나가 입구에서는 높은 압력이 필요하지 않으나, 밀폐형의 경우에는 모든 공기가 출구로 빠져 나가므로 동일한 유량을 공급하기 위해서는 높은 압력이 필요하다. 팬이 설치된 부분에서는 압력이 높게 형성되지만, 팬이 지날수록 압력이 감소하는데 전체적으로 개방형이 밀폐형보다 낮은 압력을 형성하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 개방형에서는 곳곳이 출구가 되어 방열기의 상부와 하부 그리고 측면의 틈사이로 공기가 빠져 나가 상대적으로 유량이 줄어서 나타나는 현상으로 보여 지고 있으며, 중심부에 있는 출구 부분도 밀폐형에서 대칭조건이 아니므로 상대적으로 출구의 면적이 커져서 압력이 많이 감소하는 것으로 보인다.

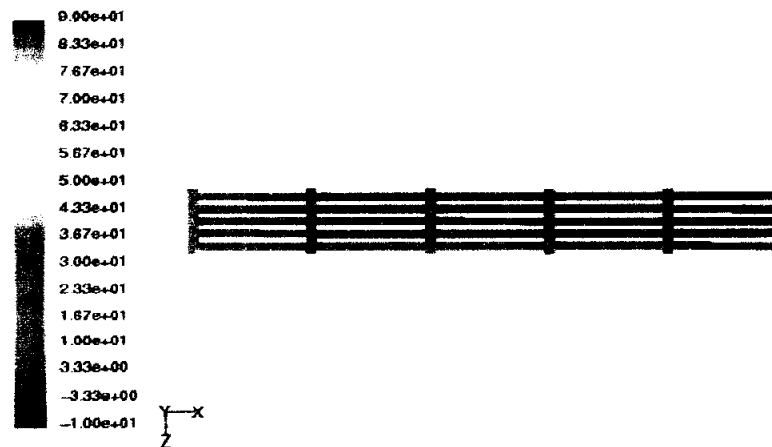


(a) single & open type, at central vertical section



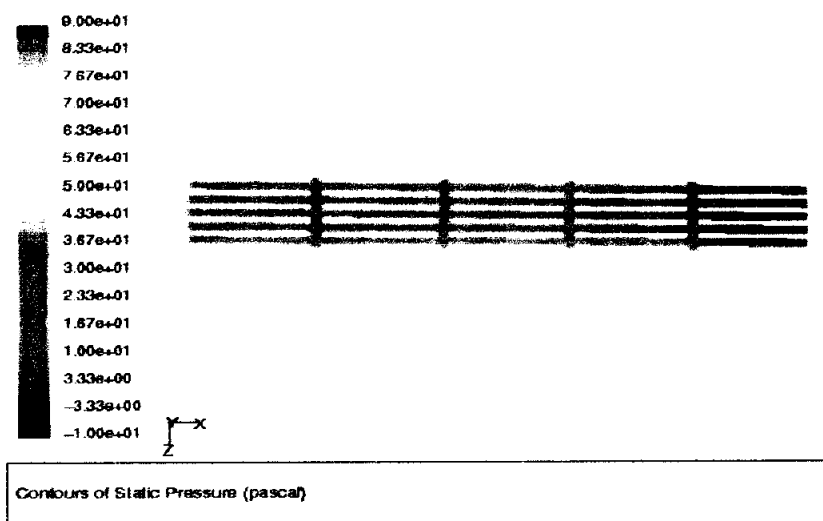
Contours of Static Pressure (pascal)

(b) single & open type, at central vertical section



Contours of Static Pressure (pascal)

(c) single & open type, at central horizontal section



(d) single & open type, at central horizontal section

Fig. 16 Pressure magnitude ($Re=44500$, $U=4m/s$)

4. 4 형태별 열전달률 비교

Fig. 17은 동일한 공기 유량에 대해, 흰으로부터 공기로 전달된 열전달률, 즉 공기의 에너지 증가율을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 밀폐형의 경우가 개방형에 비해 보다 많은 열을 냉각시키는 것을 볼 수 있다. 또 대용량 방열기가 대칭인 경우와 그렇지 않은 경우를 비교해 보면, 서로에 대해 영향을 미쳐서 대칭형의 열전달률이 작은 것으로 나타났다.

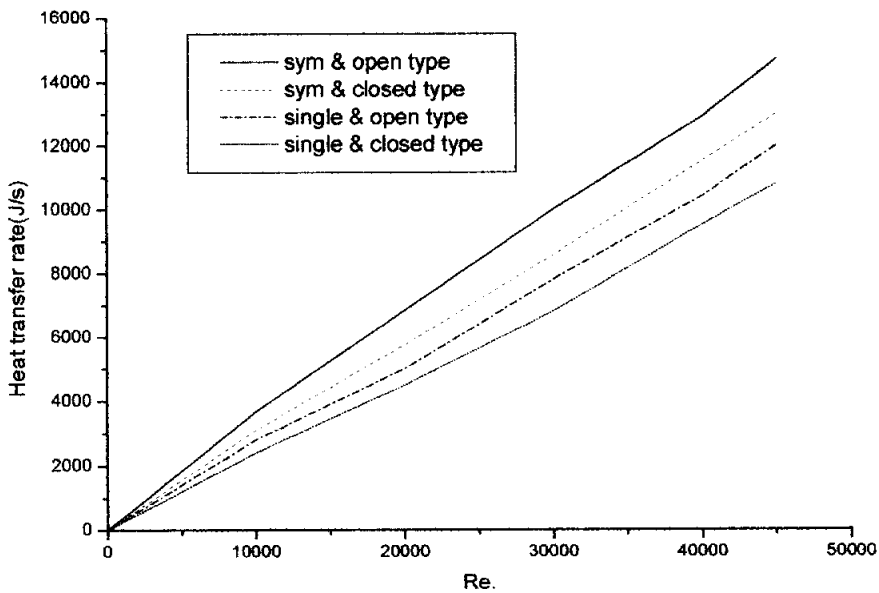


Fig. 17 Heat transfer rate for four types

5. 결론

변압기의 냉각에 기존에 널리 사용되는 개방형 방열기와 밀폐형 방열기에 대하여 수치적으로 유체유동 및 열전달 성능을 시뮬레이션 하였다. 개방형의 경우 환 사이의 간격으로 다량의 공기가 빠져 나가 냉각효과가 상당히 줄어드는 것으로 나타났으며, 밀폐형의 경우, 공급된 모든 공기가 방열기 후부의 출구로 빠져나가 환의 냉각에 모두 기여하게 되므로 냉각효과가 우수하였다. 그리고 속도 분포와 온도 분포가 전체적으로 일정하게 나타나 방열기의 냉각이 보다 더 효율적인 것으로 나타났다.

대칭형태의 경우 대칭이 아닌 경우보다 열전달률이 작게 나타나는데, 이것은 향후 중심부에 대한 거리에 따른 조건을 부가하면서 연구해볼 가치가 있을 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

1. Oh, K. J., 1992, "Numerical Analysis on Natural Convection Heat Transfer in an Enclosure of the Transformer Model" 공조화냉동공학논문집, vol. 4, No. 2, pp. 106-115.
2. Fluent version 6.02, User's Manual, Fluent Inc.
3. Patankar, S.V, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", Hemishpere Publishing Corporation, New York, 1980.
4. H. K. Hong, 1998, " $k-\epsilon$ 난류모델에 의한 L-형 리브렛 주위 난류운동 예측" 대한기계학회논문집 B, vol. 22, No. 1, pp. 93-103.
5. 강희찬, 김무환, 윤점열, 김현영, 1995, "공조기용 열교환기의 공기측 유동 및 열전달 특성을 고찰하기 위한 확대 모형 실험," 공조화·냉동공학회 동계 학술발표 논문집, pp. 42-47.
6. 배진호, 이재현, 1997, "2열 절개형 핀-관 열교환기의 공기측 유동 및 열전달 특성",

7. Webb, R. L., 1994, Principles of Enhanced Heat Transfer, John Wiley & Sons. Inc.
8. Schmidt, F. W. and Willmott, A. J., 1981, Thermal Energy Storage and Regeneration, Mcgraw-Hill.

감사의 글

졸업논문을 어렵사리 끝내게 되었습니다. 처음 해보는 일이라 시행착오를 여러 번 겪으면서 많이 배운 것 같습니다. 무엇보다도 여태껏 저를 키워주시고 뒤에서 말없이 지켜보시는 부모님께 한없는 사랑을 느끼며 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

지난 두해 동안 저에게 많은 경험과 지식을 나누어주시고 사석에서는 재밌는 말씀으로 청중을 사로 잡으시고, 깔끔한 주례사의 일인자이신 권오봉 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 학부과정 및 대학원과정을 통해 많은 관심과 도움을 주신 이도형 교수님, 배대석 교수님, 이연원 교수님께도 진심으로 감사를 드립니다.

논문이 완성되기까지 시행착오를 겪을 때마다 많은 도움을 주신 명관이 형, 진로에 대해 걱정해 주시고 이것저것 충고를 아끼지 않으시는 현출이형, 오래 지내지는 않았지만 늘 친하게 그리고 장난스럽게 대해주시는 천근이형, 굶은 일도 마다하지 않고 도와준 순원이, 안해줄 것처럼 하다가 도와주는 준호, 늘 자기일처럼 걱정해주는 진홍이, 늦게 알았지만 정이 많이 가는 상준이, 항상 티격태격 하는 오마이러브 세원이, 맨날 갈굼으로 정든 옥동자 병윤이, 남자들 틈에 고생한 우리 이쁜 은정이, 농구를 했으면 잘 맞았을 것 같은, 이것저것 물어봐도 잘 가르쳐주는 준홍이, 썰렁하지만 따뜻한 사람 병두형, Fluent 넘 많이 물어봐서 미안한 그런데 많이 갈굼당해서 미운 진석선배, 볼 때마다 갈굼을 당했지만 농담도 잘 받아주신 용후선배, 친구인지 후배인지 헷갈리도록 개기지만 잔잔함이 묻어있는 등치 산만한 주형이, 차 한번 얻어타면 한쪽으로 기운다고 구박하는, 그렇지만 고마운 경태, 사람 좋고 사람 좋아하는 일룡씨, 그리고 리리씨, 늦게 알아서 서운한 종훈씨, 모두들 감사합니다.

감사하단 말이 가득차서 감사의 글인지 모르겠습니다. 시간이 너무 빨리 흘러가버려 이제 잡을 수조차 없지만, 앞으로 훌륭해지는 못해서 성실한 모습으로 여러분에게 보답하겠습니다. 그동안 즐거웠습니다.

하 재 성