

HVDC Valve module 및 tower의 냉각수 유동 해석 및 측정에 관한 연구

정택선, 이진희, 백승택

LS산전 Power Conversion 연구단 HVDC Valve 연구팀

Cooling fluid dynamic simulation and measuring of HVDC Valve module and tower

Teagsun Jung, Jinhee Lee, Seungtaek Baek

LSIS P/C)HVDC Valve research team

ABSTRACT

본 연구의 목적은 HVDC Valve module 및 valve tower에 유입되는 냉각 유체의 유동장 동적 해석과 동시에 냉각 유체의 동적 특성을 측정 비교함으로써 유동 해석의 적합성을 판단하고, HVDC valve module과 valve tower의 냉각 유로 및 관련 기구 설계의 기초 자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

1. 서론

HVDC Valve module에서 수냉각을 필요로 하는 구성품은 싸이리스터를 냉각시키기 위한 히트 싱크, 스너버 회로에서 스너버 저항 그리고 포화 래액터이다. 동작 환경에 따라 상기 구성품들은 수 개가 설계에 따라서 직렬, 병렬 혹은 직병렬 구조로 구성되며 냉각수의 유입 및 회수를 위한 유로가 설치가 된다. HVDC Valve module의 안정된 동작을 보증하기 위해서 즉 싸이리스터, 스너버 저항 및 포화 리액터가 적절한 온도르 유지하기 위해서는 각 구성품에 설계치에 따른 유량의 냉각수가 공급되어야만 한다.

HVDC Valve는 하나의 module로만 구성되자 않고 수 개 혹은 수 십개의 Valve module의 조합인 Valve tower로 구성되기 때문에 Valve module 내 냉각을 요하는 구성품에 적절한 유량의 냉각수를 공급 및 회수하는 것이 무엇보다 중요하다.

본 연구에서는 냉각수의 유량, 유속 및 압력 강하와 같은 설계 인자를 도출하는 단계에서 냉각수 유체의 유동장 해석을 통해 모의하는 것 뿐만 아니라 실 시스템에서 냉각수 유체 유동을 측정 비교하고자 한다.

2. 본론

1.1 유동장 모델 설계

이상적으로는 각 valve module로 균일한 유체가 분배가 되어야 하지만, 배관계의 여러 요인으로 인하여 균일한 유량 분포가 이루어지지 않는 것이 현실이다. 따라서 설계 단계에서 각 valve module로 유입되는 유량에 대한 시뮬레이션을 통하여 유량 균형에 대하여 모의를 하였다.

정확한 CFD 해석을 진행하기 위해서는 valve module을 실사 모델링을 적용하여야 하나 이렇게 할 경우 많은 수의 mesh로 인하여 해석 시간이 상당히 요구되면서 고성능의 H/W가 필요로 한다. 본 연구에서는 valve module을 단순화 방법으로

상사모델을 적용하여 유동 해석을 진행하였다.

그림 1은 실 valve module의 유동장 모델이고 그림 2는 valve module 유동장을 단순화한 상사 모델이다.

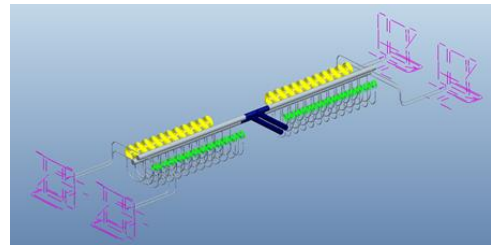


그림 1 Valve module 내부의 유동장 모델
Fig. 1 Dynamic fluid model of valve module

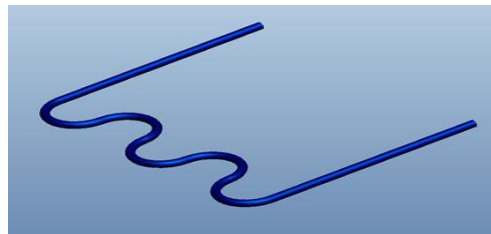


그림 2 Valve module 유동장의 단순화 모델
Fig. 2 Simplify fluid model of valve module

Valve module의 냉각 유로의 상사 모델에 대한 적합성 판단은 냉각수 유입 유량의 변화에 따른 압력 강하 값의 비교로 판정하였다.

표 1은 상사모델에 대한 CFD 해석결과와 실 시스템에서 측정한 결과 값을 비교한 것이다. 표 1에서 보듯이 CFD 해석 결과와 실 측정 값 사이의 편차가 거의 없음을 확인 할 수 있다.

Q(lpm)	CFD	Measuring data	Maker data	
35±2	0.0186	0.018	0.017±0.002	MPa
40±2	0.0238	0.023	0.022±0.002	MPa
45±2	0.0295	0.029	0.027±0.002	MPa

표 1 Valve module의 유입 유량 변화에 따른 압력강하
Table 1 Pressure drop of valve module according to inlet fluid rate

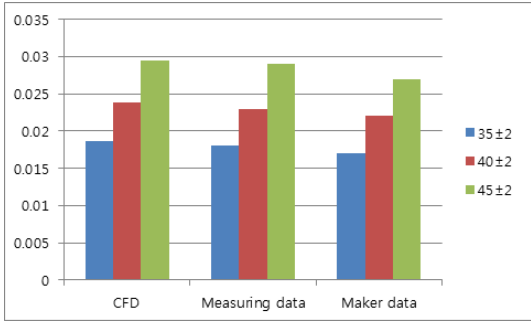


그림 3 Valve module의 유입 유량 변화에 따른 압력강하
Fig. 3 Pressure drop of valve module according to inlet fluid

1.2 Valve tower 유동장 해석 및 측정

Valve module을 단순화한 유동장 모델을 적용하여 valve tower의 냉각수 분포에 대한 해석 및 측정을 하였다. Valve tower는 총 4개의 valve module로 구성되진다.

Valve tower를 구성하는 valve module로의 유량은 비접촉식 방식은 초음파 유량센서를 사용하였다.

표 2는 CFD 해석 결과와 실 측정된 결과를 비교한 것이다.

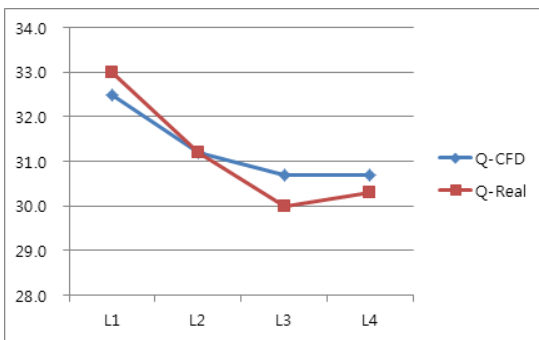


표 2 밸브 타워의 냉각수 유동 분포
Table. 2 Cooling fluid distribution of valve tower

CFD 해석 결과와 실 측정치를 비교하여 CFD 해석 결과의 적합성이 있다고 볼 수 있다.

1.3 Valve module 유동장 해석 및 측정

Valve module은 사이리스터가 수 개가 조합된 모듈로써 사이리스터의 직렬 연결 수에 따라 냉각이 필요로 하는 구성품이 많아지는 구조이다. Valve의 안정된 동작을 위해서는 각 냉각 구성품에 균일한 유량이 분포되어야 하며, 본 장에서는 CFD 해석과 실 측정을 통하여 이를 검증하고 하였다.

그림 4는 valve module 내부 유로의 단순화 모델이다.

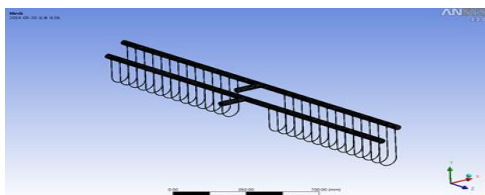


그림 4 Valve module 유동장의 단순화 모델
Fig. 4 Simplify fluid model of valve module

그림 5는 유량 분포에 대한 실 측정 결과이며 그림 6은

valve module 내부 유량 분포에 대한 CFD 해석 결과이다.

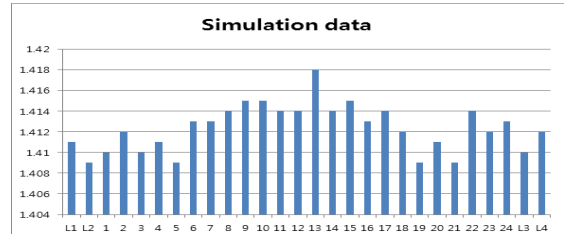
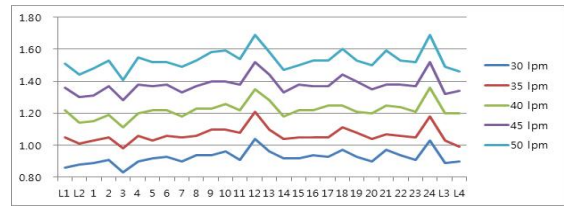


그림 5 Valve module 유동 분포 측정 결과
Fig. 5 Measuring result of valve module

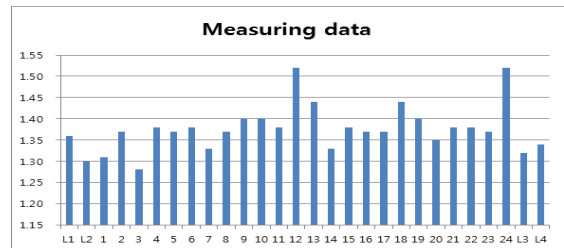


그림 6 Valve module 유동 분포
Fig. 6 CFD result of valve module

본 장에서는 valve module 내부의 유동 분포에 대하여 CFD 해석과 측정을 비교하여 모의를 위한 해석 모델의 적합을 판단하였다. 비교 결과 해석을 위해 적용한 단순화 모델이 적합함을 확인 하였다.

3 결론

본 연구에서는 Valve module 및 Valve tower에 유입되는 냉각수 유량 분포에 대하여 고찰을 하였다. Valve tower 및 module의 냉각수 유로를 단순화한 상사모델을 개발함으로써 해석 시간을 단축 시켰으며, CFD 해석의 결과와 실 측정을 통한 결과를 비교함으로써 해석 결과의 적합성을 판단하였다.

참고 문헌

- [1] 펌프 핸드북 / 박한영, 김경업공저
- [2] 펌프기술 총서 / 월로
- [3] Handbook of hydraulic resistance / I.E. Idel'chik
- [4] Prediction of pressure drop in chilled water piping system using theoretical and CFD analysis / Shirish P. Patil et.a
- [5] Thermal performance modeling and measurements of localized water cooled cold plate / Seaho Song, Kevin P. Moran
- [6] Hydraulic losses in pipes / Henryk Kudela