5. 학사논문 지도교수: 김 민 수

5-1. 축열식 연속운전 히트펌프 시스템 연구

5-2. 히트펌프 시스템 내의 냉매 충전량에 관한 연구

5-3. 히트펌프-보일러 하이브리드 시스템 연구

5-4. 연료전지 가변압 시스템에 대한 수치해석적 연구

5-5. 연료전지 플러딩 해소 방안에 관한 연구

5-6. 물 분사를 이용한 연료전지 자동차 스택의 증발냉각 연구

5-7. 연료전지 내 기체 크로스오버 특성 분석에 대한 연구

5-8. 볼텍스 튜브의 적용을 통한 고분자 전해질 막 연료전지의 Anode Flooding 현상 완화에 관한 연구

교수 연락처 전화: (02) 880-8362, E-mail: minskim@snu.ac.kr
실험실: 1. 냉동시스템 및 콘트롤 실험실 (Refrigeration System & Control Lab.)
2. 연료전지 시스템 연구실 (Fuel Cell System Lab.)
연락처 전화: (02) 880-1648, 담당조교: 최 영 욱, E-mail: ddabuza2@naver.com
연구실 홈페이지: http://reflab.snu.ac.kr

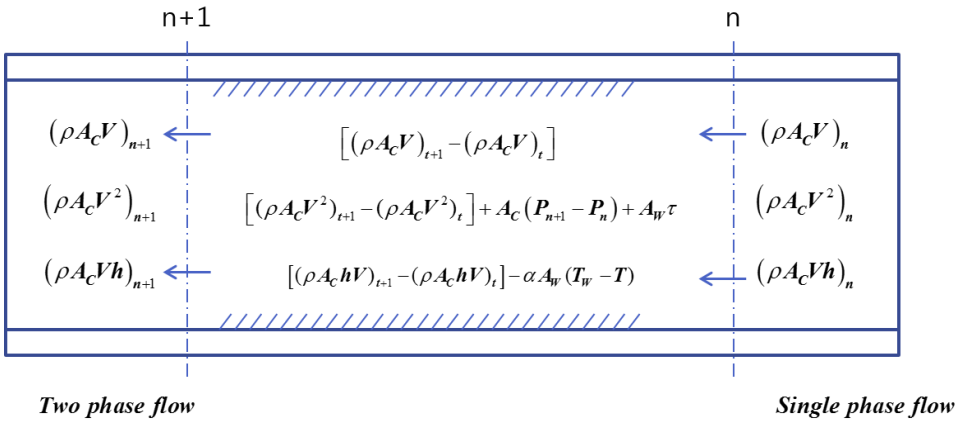
5-1. 축열식 연속운전 히트펌프 시스템 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

최근 전력 수요량이 증가함에 따라 전력 수급의 균형을 유지하는데 어려움을 겪고 있다. 이러한 전력 수요는 냉난방 능력의 수요와 밀접하게 연관되어 여름철과 겨울철에 큰 증가추세를 보이며 전력 수요가 증가함에 따라 전력 피크가 발생한다. 따라서 전력 부족현상은 최대 전력 수요가 발생되는 여름철과 겨울철에 눈에 띄게 증가하며 이러한 문제를 극복하기 위한 냉난방기기의 전력 소비를 제어할 수 있는 새로운 기술이 요구되고 있다.

최근 축열을 이용한 히트펌프 시스템의 연구 동향으로 최대전력부하 감축 효과와 전력수요 이전 효과를 도모하는 기술이 대두되고 있으며 이러한 연구의 일환으로 축열과 동시에 연속 냉난방 운전을 가능하게 하는 새로운 운전 방식의 시스템을 개발하고 성능을 확인하는 것이 이번 연구의 목표이다.

기존 축열 운전 방식과 다르게 연속 운전 히트펌프 시스템은 축열과 동시에 냉난방 운전이 가능하며 축열된 열량을 보조 열원으로 직접 이용함으로써 최대전력 발생 구간에서 전력 소비를 감소시키고 히트펌프 시스템의 효율을 향상 시킬 수 있는 시스템으로 기대되고 있다. 이번 연구에서는 축열조 및 시스템의 구성요소들을 동특성 시뮬레이션을 통하여 계산하고 성능을 분석하여 기존 시스템 대비 효율 향상을 비교하고 전력 피크 감축 효과 및 이전효과를 확인하도록 한다.



<히트펌프 시스템 동특성 해석 과정 개략도>

담당조교: 최 영 욱 (E-mail : ddabuza2@naver.com)

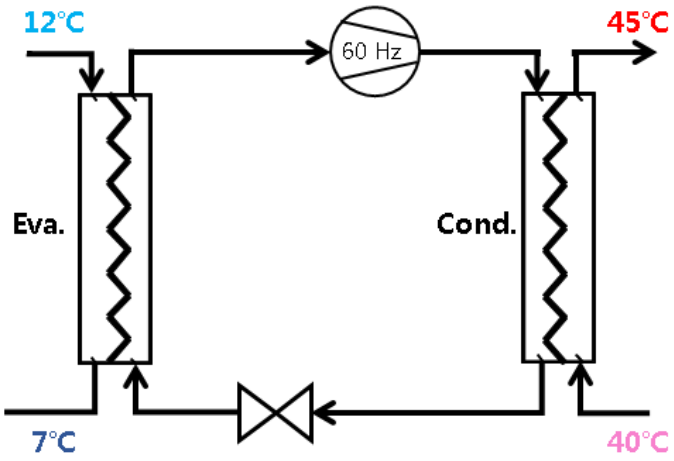
5-2. 히트펌프 시스템 내의 냉매 충전량에 관한 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

히트펌프 시스템을 구동시키기 위해서 내부에 일정량의 냉매를 충전해야 한다. 냉매를 한번 충전한 후에는 내부의 냉매량을 임의로 조절하는 것이 어렵기 때문에 처음 냉매를 충전시킬 때 적정량을 주입하는 것이 중요하다.

적정한 범위의 냉매충전량을 정의하기 위해 히트펌프 시스템의 성능지표 중 몇 가지를 고려 할 수 있다. 먼저 성능계수(Coefficient Of Performance : COP)가 히트펌프시스템의 효율을 나타내는 가장 중요한 지표이다. 성능계수가 최대가 될 때의 충전량을 '최적냉매충전량'이라고 할 수 있다. 두 번째로 고려할 성능지표는 냉난방용량이다. 히트펌프가 설치된 곳은 냉난방 공간, 사용량 등에 따라 요구하는 냉방 및 난방 용량이 있다. 따라서 충전량에 따른 성능계수 및 냉난방용량의 변화를 확인하고 이에 따른 적정냉매충전량을 산정할 필요성이 있다.

본 실험을 수행하기 위해서는 기본적인 열역학(냉동사이클), 열전달 지식이 요구된다. 다양한 조건(2차유체의 온도, 압축기 속도 등)에 따른 히트펌프 시스템의 냉매충전량을 변화시키면서 실험하면 충전량에 따른 시스템성능의 특성을 확인할 수 있다. 실험은 물대물 히트펌프를 이용한다. 시스템 성능계수가 최대가 되는 지점이 있는지 확인하고 실험조건이 바뀌었을 때 성능계수가 최대가 되는 충전량이 달라지는지 확인해볼 수 있다.



<히트펌프 충전량 실험조건 예시>

담당조교: 류 진 우 (E-mail: tomttl@snu.ac.kr)

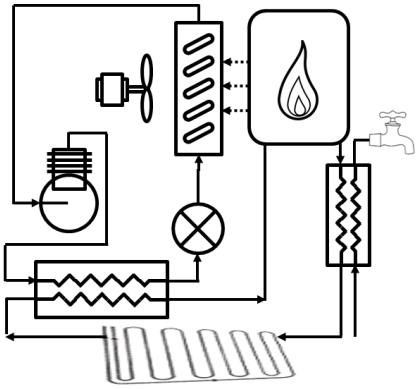
5-3. 히트펌프-보일러 하이브리드 시스템 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

200%에서 300%에 이르는 높은 효율로 열에너지를 이동시킬 수 있는 히트펌프는 현재 대부분의 건물에서 냉방 및 난방을 담당하고 있으며 히트펌프의 성능 및 활용성을 극대화하기 위한 다양한 연구도 계속해서 꾸준히 진행되고 있다. 냉난방 이외에 건물 내에서 에너지를 소비하는 주요 부문으로 급탕을 들 수 있는데 히트펌프 역시 온수를 공급할 수 있는 능력을 갖추고 있기 때문에 히트펌프 냉온수기(Heat pump water heater)에 대한 연구도 최근 활발히 이루어지고 있다.

연료의 연소 및 전기를 이용하여 직접 온수를 만들었던 기존의 급탕 시설과 비교하면 히트펌프 냉온수기는 기본적으로 100% 이상의 높은 효율로 작동할 수 있으며 신재생에너지와의 연계가 가능하는 등 환경적인 측면에서도 장점을 가진다. 그러나 요구되는 온수의 높은 온도로 인하여 기존의 히트펌프에 비해 높은 압축비를 가지게 되며, 이로 인해 추운 날씨에서는 성능 및 효율이 급격하게 감소하는 단점을 가지게 된다. 특히 추운 겨울철에 충분한 양의 온수를 빠르게 생산해야 하는 온수기의 특성상 이러한 히트펌프 냉온수기의 단점은 실제로 사용되기 위하여 필수적으로 해결되어야 하는 문제점 중 하나이다.

따라서 본 연구에서는 히트펌프 냉온수기와 가스 연소식 보일러를 혼합한 하이브리드 시스템을 제안하여 서로의 장점은 극대화하는 동시에 단점은 상호 보완하려 한다. 특히 기초적으로 설계된 하이브리드 시스템 성능 결과를 바탕으로 과연 이 시스템이 실제 생활에서도 사용될 수 있는지, 만약 그렇다면 기존에 비하여 어느 정도 향상된 결과를 만들 수 있는지 경제성 분석을 통하여 알아보고자 한다.



<보일러-히트펌프 하이브리드 시스템의 개략도>[1)]

담당조교: 박 한 샘 (E-mail : archer18@snu.ac.kr)

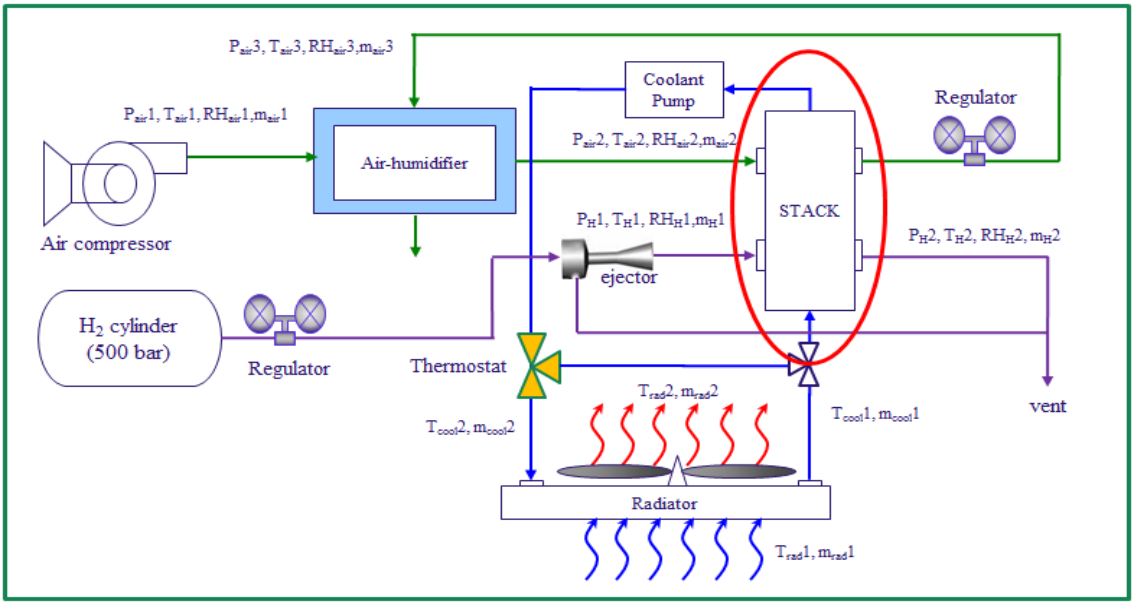
5-4. 연료전지 가변압 시스템에 대한 수치해석적 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

인류의 편리함을 가져온 오일 시대는 환경오염이라는 부작용을 가져왔다. 자원고갈과 지구 온난화는 이제 새로운 에너지원을 요구하고 있다. 그에 대한 대안으로 마련된 수소를 이용한 연료전지는 이미 산업 전반에서 적용되고 있고, 특히나 자동차의 차세대 동력원으로 각광받고 있다. 연료전지 시스템의 운영은 작동 압력에 따라 크게 상압형 시스템과 가압형 시스템으로 나눌 수 있는데, 높은 효율을 얻기 위해서 현재 가변압 시스템에 대한 연구가 진행중이다.

연료전지 작동을 위한 주변 장치 중, 공기극 입구에 압축기를 설치해 작동압력을 조절하는 가변압 시스템은 저전류 밀도영역에서는 효율을 높일 수 있고, 고전류 밀도 영역에서는 물제거와 열방출을 용이하게 한다. 결국, 가변압 시스템을 통해 운전 전 구간에서 높은 효율을 달성할 수 있다.

본 연구에서는 가변압 연료전지 시스템에 대한 정적, 동적 모델링을 통해 가변압 시스템의 각 영역별 특성을 분석하고, 주변기기들 간의 영향을 분석한다. 이를 통해 각 부품에 대한 분석과 전체 시스템이 높은 효율을 유지하기 위한 최적의 운전 조건에 대한 연구를 진행한다.



<연료전지 가변압 시스템의개략도>[1)]

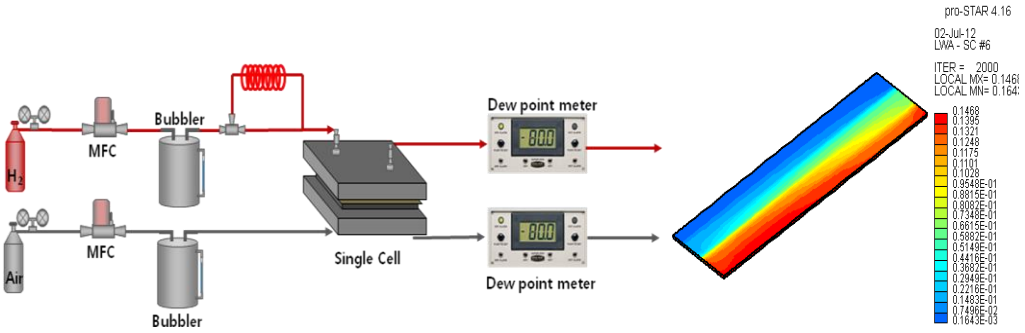
담당조교: 김 동 규 (E-mail : zero0403@snu.ac.kr)

5-5. 연료전지 플러딩 해소 방안에 관한 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 생성되는 전기를 이용하여 발전하는 시스템이다. 화학반응을 통해 전기 외에도 물과 열이 발생되며 연료전지를 원활하게 작동시키기 위해서는 작동 환경에 따른 연료전지 내의 물과 열의 관리를 적절히 해주어야 한다. 특히 연료전지 내에 물이 너무 적으면 산소와 반응을 해야 할 수소가 충분히 전달되지 않아 반응이 충분히 일어나지 않으며 물이 너무 많으면 화학반응이 일어나는 촉매층까지 산소와 수소가 충분히 공급되지 않아 반응이 적게 일어나서 성능이 떨어지기에 물 관리는 연료전지 구동에 있어서 매우 중요하다 할 수 있다.

연료전지 내에 물이 너무 많아 기체공급이 막히는 현상을 '플러딩'이라 한다. 플러딩 상황에서는 연료전지의 성능이 크게 저하되기 때문에 이를 해결하기 위한 방안들이 다양하게 연구되고 있다. 기존의 연구들은 물이 생성되는 공기극쪽으로 물을 제거하는 것에 초점을 맞추고 있는 면에 반해 본 연구실에서는 반대 방향인 수소극쪽으로 확산 효과를 극대화하여 물을 제거하는 방안을 연구중에 있다. 또한 연구 결과를 활용하여 연료전지 내의 물의 이동현상을 시뮬레이션하고 이를 통해 연료전지의 최적 물 관리 방안을 도출하는 것을 최종 목표로 하고 있다.



<연료전지 플러딩 해소 시스템 및 시뮬레이션>

담당조교: 김 영 상 (E-mail : hongchuney@hotmail.com)

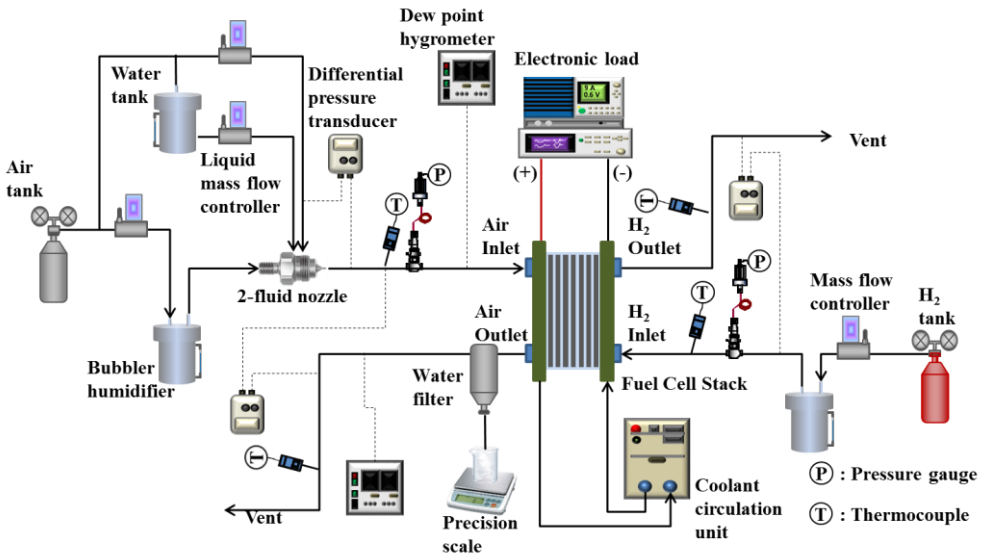
5-6. 물 분사를 이용한 연료전지 자동차 스택의 증발냉각 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

최근 급격한 유가 상승과 지구 온난화로 인한 자연 재해 등의 이유로 친환경 무공해 자동차 개발을 위한 연구가 세계 각국에서 진행되고 있다. 그 중, 연료전지 자동차는 친환경, 경제성이라는 요구조건을 모두 만족시키는 차세대 교통수단으로서 우리나라가 높은 경쟁력을 바탕으로 세계 시장을 주도하고 있는 분야이다.

연료전지 자동차에 들어가는 각종 부품들(연료전지스택, 인버터, 모터, LDC, 기타 제어모듈 등)은 제한된 차량 내부 공간을 최대한 활용하여 성능과 효율을 높이기 위해서 갈수록 고출력, 고밀도화 되고 있다. 이에 따라 필연적으로 단위 부피당 발열량이 많아지는데 이 열을 충분히 방출해 주지 못할 경우 각 부품의 허용 운전 온도를 초과해 차량의 수명과 안정성, 신뢰성에 큰 타격을 미친다.

본 연구는 연료전지 차량의 스택에서 발생되는 열을 방출하는 보조적인 방법으로 물 분사 증발냉각을 제안하고 있다. 물을 미립화 분사하여, 미립화된 물 입자가 스택 내부 유로에서 증발하며 냉각효과를 발휘하는 것이 이 연구의 기본 개념이다. 더불어 물 분사로 인한 가습효과에 대한 분석도 이 주제의 또 다른 목표가 될 것이다. 이 연구에 참여함으로써 차세대 동력원인 연료전지를 이용한 차량의 열방출 관련 지식을 습득할 수 있고, 나아가 연료전지 시스템 전반에 관한 이해도를 높일 수 있을 것이다.



<물 분사 증발냉각 실험 장치 개략도>

담당조교: 황 성 훈 (E-mail : 1185bs@hanmail.net)

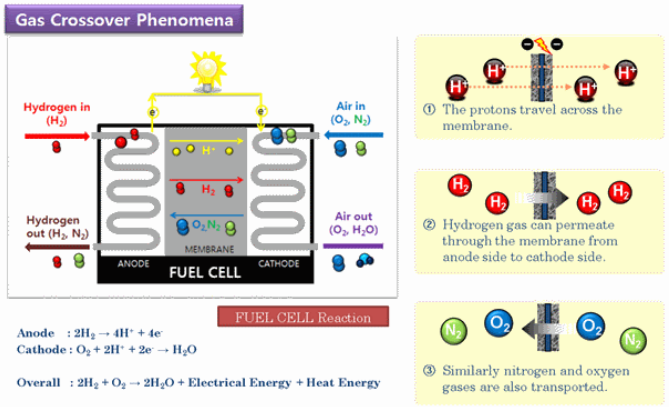
5-7. 연료전지 내 기체 크로스오버 특성 분석에 대한 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

고분자 전해질 연료전지에 사용되는 전해질 막은 촉매층에서 분리된 수소이온을 통과시키고, 반응 기체의 혼합을 방지해준다는 특성을 갖는다. 이러한 막의 다공성 성질로 인하여, 기체들이 막을 통과하여 넘어가는 현상이 발생하는데 이와 같은 현상을 기체 크로스오버라고 한다.

기체 크로스오버 중 수소 크로스오버의 경우, 연료의 손실과 과산화수소 같은 화학물질의 발생으로 인해 막의 내구성이 저하되는 문제를 야기한다. 산소 크로스오버 역시 연료의 손실과 더불어 내구성 저하의 원인이 된다. 이와는 다르게 질소 크로스오버 역시 발생하는데, 이는 사용되는 연료 기체가 아니기 때문에 연료 손실에는 영향을 미치지 않는다. 하지만 수소 재순환 시스템에서 질소 누적의 문제를 발생시키기 때문에 질소 크로스오버 역시 전체적으로는 연료전지 성능 저하의 원인이 된다.

이와 같이 연료전지 내구성과 성능에 밀접하게 연관되는 기체 크로스오버는 중요하게 연구되어 왔다. 본 연구에서는 기존 연구들에서 수행되지 않았던 기체 크로스오버에 영향을 미치는 다른 인자들에 대해 연구하고, 최종적으로 기체 크로스오버를 줄일 수 있는 절감 기술 확보에 목적이 있다.



<기체 크로스오버의 개략도>

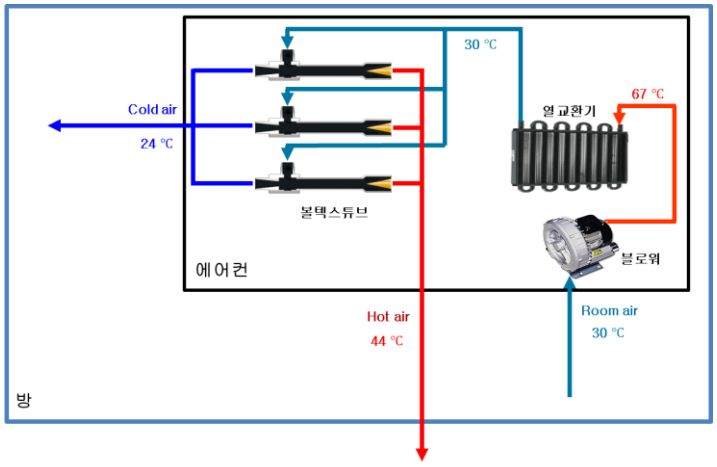
담당조교: 정 애 리 (E-mail : eri0927@snu.ac.kr)

5-8. 볼텍스 튜브를 이용한 차세대 에어컨 성능 및 효과에 대한 시뮬레이션 연구

학사논문 지도교수: 김 민 수

현재 에어컨의 경우 전력을 많이 소모하는 것이 큰 문제점으로 인식되고 있어 현재는 주로 시스템의 효율 향상에 대한 연구에 그 초점이 맞추어져 있다. 하지만 에어컨의 전력소비량 못지 않게 중요한 것이 환경파괴 문제로, 오존층 파괴와 지구온난화와 같은 현재의 심각한 환경 문제는 국제적인 이슈로 논의되고 있다. 냉매를 사용하는 기존의 에어컨 또한 환경파괴에서 자유로울 수 없다. 세계적으로 합의된 여러 의정서들에서 규제되고 있는 냉매들이 점차 많아지고 그 기준이 지속적으로 엄격해지고 있는 추세이다.

본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 볼텍스 튜브를 이용한 차세대 에어컨을 제안하고 그 성능 및 효과를 시뮬레이션을 통해 분석한다. 볼텍스 튜브는 고압의 기체를 저압으로 낮추며 고온, 저온으로 분리하는 장치로, 그 부피가 상대적으로 작고 구조가 간단하여 에어컨 전체의 제작이 용이하며 소형화가 가능할 것으로 예상된다. 무엇보다 기계적 구동부가 존재하지 않으며 냉매가 없이 공기만을 이용함으로써 계속해서 심화되고 있는 세계적인 환경규제에 영향을 받지 않는 새로운 형태의 냉방기가 될 것으로 예상된다.



<볼텍스 튜브를 이용한 냉방기의 시스템 개략도>

담당조교: 신 동 규 (E-mail : sdk89@snu.ac.kr)