

가스엔진의 열회수장치

이 자료는 일본열병합발전연구회에서 1997년도 실시한 세미나 자료에서 발췌 번역한 것임.

가스엔진의 열회수도 디젤엔진과 같이 배기가스 열, 엔진자켓 냉각수열, 과급 공기냉각열, 윤활유 냉각열 회수장치이다.

가스엔진의 배기가스 온도는 삼원촉매를 이용한 엔진의 경우는 500~600°C 희박연소 엔진의 경우는 350~450°C가 되고 배기가스 열교환기 출구에서는 디젤엔진용 배기가스 열교환기와 비교할때 저온인 150°C 정도에 설정된다.

이들의 열을 회수하여 이용할 수 있는 열원은 7~8Kg/Cm²(170~180°C 포화증기)의 고압증기, 1Kg/Cm²(120°C 포화온도)의 저압증기, 80~95°C의 고온수로 대별할 수 있다.

가스엔진의 배열회수 형태에 따라 구분하면 아래와 같다.

- 온수 회수형(100°C 이하, 100°C 이상)
- 증기 회수형(1계통 저압증기, 2계통 저압증기)
- 증기·온수 회수형

1. 가스엔진에 의한 가스회수형

가스엔진의 배열로부터 온수를 회수할 경우 엔진 자켓 냉각수열과 배기가스열이 일반적으로 이용된다.

온수 회수형의 경우는, 윤활유의 냉각열은 자켓 냉각열과 같이 회수되지만 공기 냉각열은 일반적으로는 32~35°C의 입구온도가 규제되어 저온때문에 이용방법이 적다.

회수열량에 관해서는 자켓 냉각수의 열량은 거의 전량이 회수가 가능하며 배기가스에는 그으름이나 Sox는 포함되어 있지 않고, 청정하며 부하에 의한 온도 변화도 적기 때문에 배기가스열교환기의 출구온도를 낮추어 배기가스열의 회수율은 디젤엔진의 경우보다 높다.

가스엔진의 자켓냉각수는 디젤엔진에 비교하면 고온 순환할 수 있기 때문에 회수 온도는 온수 흡수식 냉동기의 구동에 이용되는 것이 많다.

500KW급의 가스엔진에서 85~90°C의 고온수를 회수하여 냉난방 열원으로 이용하는 일반적인 FLOW를 그림 1에 나타내었다.

이 FLOW에서 이용된 온수 보일러를 그림 2에 나타내었다.

(1) 배기가스 계통

가스엔진과 배기가스열 회수장치의 멧칭은 연료 가스의 물성치와 배기가스의 상태, 량, 온수측 요구치가 중요하다. 엔진의 500~600°C에서 나온 배기가스는 처음에 삼원촉매로 구성된 Nox 컨버터에 들어가고, 발열반응에 의하여 온도가 정격부하근방에서 20~50°C 상승한다. 배기가스열교환기에서 열교환된 후의 가스온도는 150°C 정도까지 낮출수 있다.

(2) 온수 계통

비교적 고온의 엔진 자켓 냉각수를 순환시켜 그 회수열에 의하여 단중효용온수 흡수식 냉동기를 구동하는 시스템 계통으로는 특히 순환수의 온도수준을 지정된 고온에 제어하는 것이 가장 중요하다.

이 FLOW에서는 엔진 자켓 냉각수의 엔진 출구에 설치된 서모스타트에 출구온도를 88~90°C가 되도록 온도를 설정한다. 엔진 발전기가 정격운전할 경우 배기가스 회수열과 온수의 순환량과의 균형은 배기가스 열교환기에 있어서 온수의 출입구 온도차가 2~3°C가 되는 것이 일반적이다. 따라서 발전부하가 높을 경우에는 흡수식 냉동기의 온수입구온도는 90°C가 확보되어진다.

흡수식 냉동기의 온수측에는 유량제어변을 설치하여 되돌아오는 순환수의 엔진 입구온도와 냉각수의 냉동기 출구온도를 유량으로 제어한다.

단독의 흡수식 냉동기를 설치하는 경우, 냉각수 출구온도의 설정은 통상과 같이 두대도 좋으나 2대 이상의 냉동기를 병렬 운전하는 경우는 배열이용의 냉동기를 우선적으로 구동하는 것이 경제적 이점이 크기 때문에 냉각수 출구온도는 병렬로 하여 다른

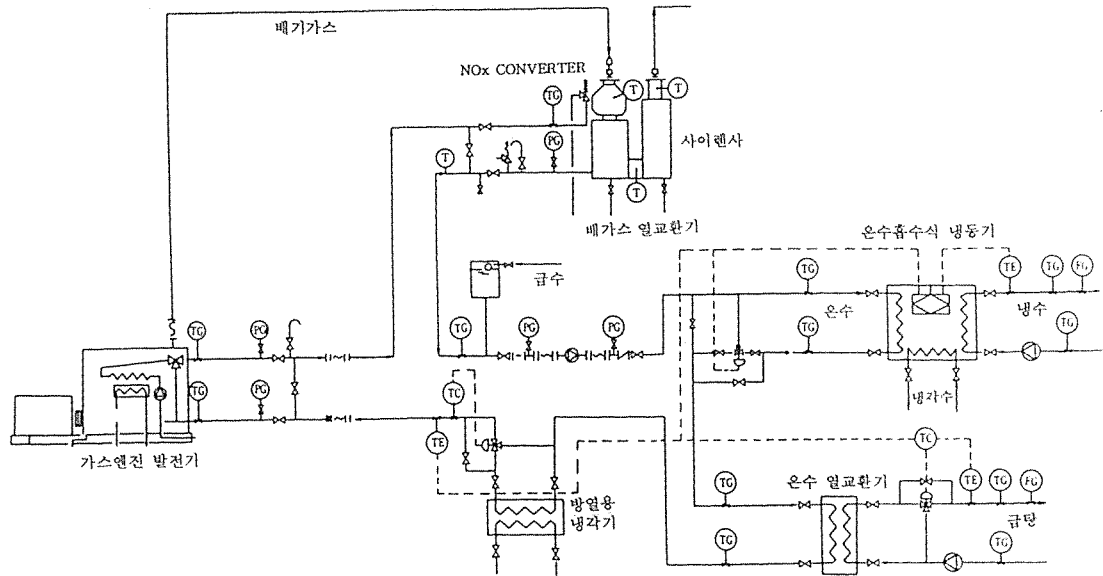


그림1. 가스엔진의 온수회수 FLOW

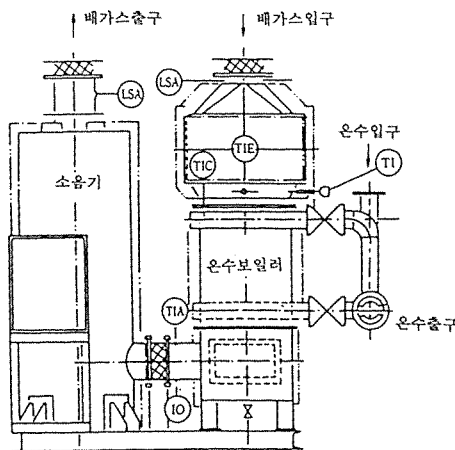


그림2. 가스엔진에 이용되는 온수보일러

냉동기보다 낮게 온도를 설정하거나 또는 직열로 하여 예냉용으로 사용한다.

또한, 돌아오는 순환수의 엔진 입구온도는 80~85℃ 정도의 온도를 유지하도록 냉동기로의 온수 유량을 변동시킨다.

냉동기의 온수측에는 냉동기가 정지간 운전정지할 경우 바이패스를 설치하여 전환시킬 필요가 있다. 이 회로는 온수회로의 후랏싱에도 이용되어진다. 유량제어를 위한 3방면 발브에는 수리나 정비를 위하여 바이패스 회로를 설치하여 두는 경우도 있다.

흡수식 냉동기를 구동한 후의 고온수는 80~85℃

이고 60~65℃ 정도의 급탕용이나 난방의 온도수준이 60℃정도인 경우, 돌아오는 온수가 확보되는 범위내에서 난방용 열원으로기도 이용된다. 온수 온도의 제어를 간단히 하여 제어장치 비용을 낮추는 의미에서도 온수열은 고온에서 저온으로의 다단식으로 이용하는 것이 좋다.

여기에 대한 FLOW는 급탕용 열원으로 이용한 예이지만 2차측의 급탕수 계통에는 유량제어변을 설치하여 돌아오는 순환수의 엔진 입구온도를 80~85℃ 정도의 설정치 온도이하가 되지 않도록 열이용을 제한하고 있다. 이 온수열 교환기의 온수측에도 급탕이용을 장기간 정지하거나 정비를 위하여

바이패스 회로를 설치한다.

고온수의 순환계통에 있어서 잉여 회수열이 발생하였을 경우, 방열용 열교환기는 돌아오는 온수의 엔진입구측에 설치하여 온수의 엔진 입구온도 제어를 이 열교환기의 온수측에 설치한 3방면 유량제어변으로 하는 예가 많다.

전력의 부하변동이 비교적 적고 온수회수열의 시간에 따른 진폭이 적을 경우 이와 동시에 열수요측의 냉방이나 급탕의 부하변동의 발생빈도가 많을 경우는 방열기의 온수 유량제어변의 온도센서 위치를 이 FLOW와 같이 설치하는 것이 배관용량이나 길이에도 유리하고 일반적으로 순환수의 온도의 변동이나 정정시간은 적다.

순환 온수배관계통은 엔진의 자켓 냉각수 출구구경에 합치시킬 필요는 없고, 배관계통의 열용량을 온수온도 상승비율이나 변동을 적게할 수 있도록 설계하여야 한다.

2. 1계통 증기회수형

가스엔진의 배열을 회수하여 일계통의 증기를 발생시킬 경우, 엔진자켓 냉각수의 열을 회수하여야 하기 때문에 저압의 증기로서 취출하게 되고 자켓 냉각수열을 유효이용하기 위하여 소위 비등 냉각방식의 가스엔진이 사용된다.

비등 냉각방식의 가스엔진은 자켓 냉각수 온도가 물의 비등점을 넘어 높기 때문에 (통상 type에서 120°C 정도), 통상의 가스엔진과는 Heat발란스가 상당히 틀린다는 것에 우선 주의해야 한다.

자켓트 냉각수로 가스측에서의 입열이 적게되기 때문에 배기가스가 가지고 나가는 열이 크게 증가한다. 배기가스 열교환기의 성능계획은 배기가스의 상태량과 자켓 냉각수의 상태 및 량을 설정하여 실시한다.

사	양
배기 가스량	
배기가스 입구온도	
배기가스 성분	
자켓냉각수 입구온도	
자켓냉각수 순환유량	
허용압력 손실	

이 사양에서 배기가스 열교환기의 사양을 결정하면, 그 주변의 FLOW는 그림 3과 같이 나타난다. 이 그림에서는 엔진 자켓냉각수의 순환은 자연대류이고 배기가스계통과 같이 배기가스 열교환기내를 순환한다.

발생된 증기압력은 엔진자켓 냉각수 주위의 내압(耐壓)과 허용온도로 결정되고 현재 120°C, 1Kg/Cm2의 가스엔진이 실용화되어지고 있다.

비등 냉각방식 가스엔진의 배열중 공기 냉각기용 냉각수열은 저온이며 이용 불가능에 가까우나 윤활유 냉각기의 방열은 급탕에 이용이 가능하다. 배기가스 열교환기의 기수분리기에 상당하는 부분은 엔진 자켓 냉각수측의 유로(流路) 압력차를 확보하기 위하여 엔진 냉각수 부분에서 고저차를 설정할 필요가 있다.

엔진 자켓 하부에 유입하는 냉각수는 포하수에 가까운 온도이며 자켓상부로부터는 비등수가 나오기 때문에 자켓입구 관경에 대하여 출구관경은 증발량대비 20배정도의 자켓순환수량을 확보할 수 있도록 크게 하여야 한다. 120°C 순환수에서 현재 단 순히 판단면적 비로 보아도 3~4배가 된다.

보일러 및 순환계통에 스케일 부착, 부식의 발생뿐만 아니라 엔진자켓 부식, 국부가열에 의한 헤드의 파손을 방지하기 위하여 순환수의 PH관리를 철저히 하여야 한다. 엔진자켓 하부로부터 브로우수의 취출이 가능한 구조로 하고 일상관리에 편리한 설계가 요구 된다.

(1) 급 수 계

급수계통은 통상의 보일러와 같다. 이 FLOW에서는 냉각기에서 복수되는 고온수가 온수탱크에 회수되어 펌프로 배기가스 열교환기의 기수측에 공급된다. 이 FLOW와 같이 브로우량이 많고 연속브로우장치를 필요로 할 경우 간단한 열교환기에 의한 열 회수를 하는 경우도 있으나 급수계통의 펌프와 배기가스 열교환기 사이에 이 열교환기를 설치하는 것은 급수펌프가 기수탱크의 레벨에 의한 간헐운전을 하는 경우는 이용할 수 없다. 일반적으로 브로우수의 열회수는 하지 않는다.

증기라인에서 특히 주의하여야 하는 것은 증기압력의 제어이다. 순환계통의 온도제어는 증기압력에

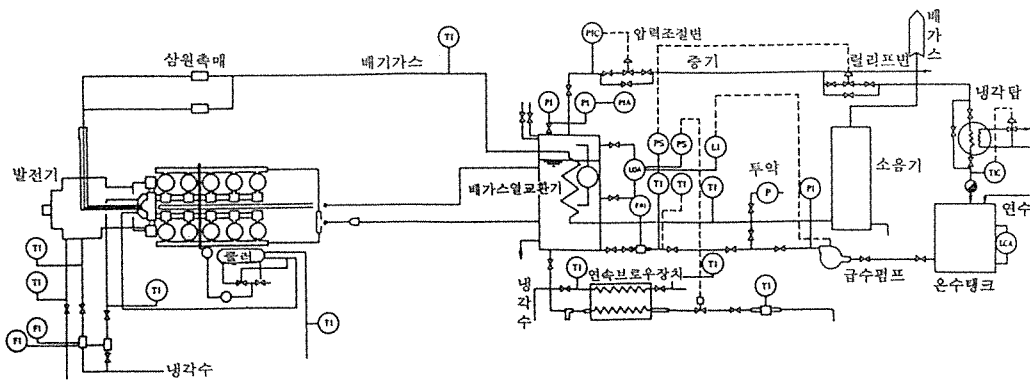


그림3. 가스엔진의 1계통 증기회수 FLOW

의하므로 기수분리기의 출구에는 고정밀도의 압력 조절변을 설치할 필요가 있다. 이 FLOW에서는 증기의 이용측에 잉여분이 발생하였을 경우를 대비하여 복수회로를 설치하지만 이 회로는 배관설계에 주의하지 않으면 증기가 간헐적으로 흐르게 된다.

FLOW에 표시된 것과 같이 압력조절변의 뒤에 릴리프변을 압력에 따라 제어하거나 이용기측의 증기개폐변과 연동시키던가한다. 릴리프변의 압력제어는 압력조절변의 압력조정범위보다 높은 취출(吹出) 압력이 요구되기 때문에 압력설정의 정밀한 맵칭을 필요로 한다. 기수분리기내의 압력상승변동을 최소로 하기 위하여 릴리프변은 증기개폐변과 연동하여 작동시키는 편이 좋다.

이들 밸브에는 초기의 조정운전을 위하여 바이패스회로를 설치하여 두는 것이 좋으며 복수용 냉각기 취급에서 복수의 열손실을 적게하기 위하여 냉각수는 복수출구온도로 제어하지만 실질적으로는 복수가 간헐적으로 흐르면 곤란하게 된다. 냉각기에는 최소유량이 항상 흘러야 하고 복수량이 정상적으로 많게되는 경우는 냉각수가 증가하도록 온도제어를 할 필요가 있다.

이 회로에서는 운수탱크의 온수온도를 가능한 한 높게 유지하고 급수펌프는 고온용을 사용하는 것이 열손실을 적게하는 방법이 된다.

3. 2계통 증기회수형

이 시스템의 FLOW는 그림 4에 나타내었다. 이 배열회수방식은 엔진의 배기가스계통에 배가스보일러를 설치하고 7~8Kg/Cm² 정도의 고압증기를 발생

시킴과 동시에 엔진자켓 냉각수 계통의 기수분리기 역할을 하는 엔진자켓 탱크로부터 1Kg/Cm²의 저압증기를 발생시키는 방식이 있다. 저압증기 1계통 시스템보다는 응용범위가 넓다.

엔진자켓 냉각수의 순환은 강제순환방식

과 자연순환방식이 있으며 저압의 양질의 증기를 얻기 위해서는 자연대류형이 좋다.

이 경우 엔진자켓탱크는 엔진과 필요한 고저차를 유지하는 것이 필요할 뿐만 아니라 기수분리, 압력 조절기능, 시동시의 증기발생시간을 고려하여 총량 계획을 하여야 한다. 저압증기의 압력은 현재 엔진 부품의 내구성에서 1Kg/Cm², 120°C가 실용한계이다. 그러나 그계통 증기방식에서는 이 저압의 증기는 이용방법이 적다는 것이 시스템 설계상의 난점이다.

(1) 급수계통

급수펌프의 운전은 기수탱크나 자켓탱크 레벨에 따라 제어되기 때문에 배가스 보일러측, 엔진자켓 탱크측의 각각에 대하여 급수펌프를 설치하여야 한다.

한대의 펌프로 연수탱크로의 Return pipe를 설치하여 밸브개폐에 따라 급수를 하는 방법은 급수펌프의 토출 압력을 항상 고압측에 맞추어야 한다는 것과 신뢰성 면에서 볼때 피하는 것이 좋다.

투약 펌프도 2계통을 유지하게 되어 불리하지만 자켓탱크측의 수질관리와 배가스 보일러측의 수질관리를 별도로 할 경우, 배가스 보일러의 보일러수 PH를 자켓탱크측의 불리한 조건에 맞추지 않아도 된다.

(2) 증기계통

엔진자켓 냉각수계통(배기마니홀다 주위의 냉각수를 포함하는 경우도 있다.)의 열에 의하여 발생하는 저압증기는 자켓탱크에서 기수분리된 후 압력조절변

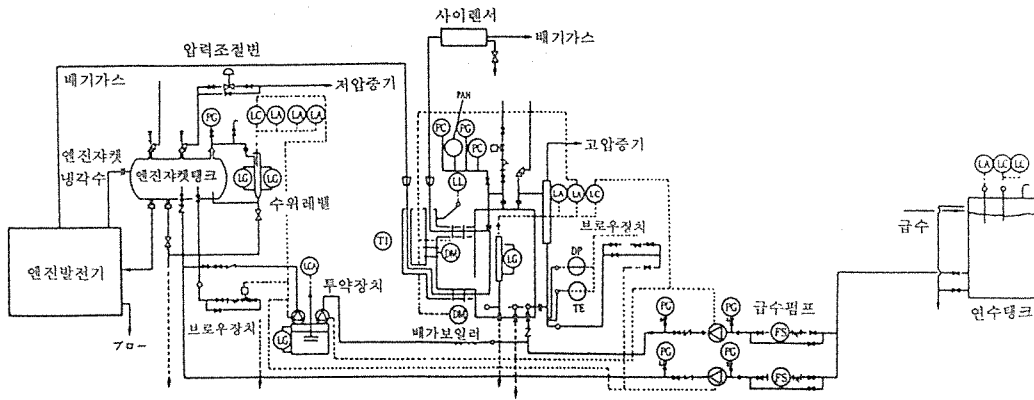


그림3. 가스엔진의 1계통 증기회수 FLOW

우는 바란스탱크는 필요없지만 병설(parallel)로 다수의 이용기기측 회로가 설치되어 있을 경우는 수량의 바란스가 잡혀 비용이 증가하지 않을 정도의 간단한 탱크를 설치하는 것이 좋다.

을 경유하여 이용측에 공급된다. 엔진자켓 냉각수의 연화, 투약처리한 보일러수를 일반적으로는 자켓탱크에 급수하는데 이에따른 냉각수의 온도저하 및 압력변동이 적지 않지만 급격한 보충급수는 피하는 것이 좋다. 저압증기, 고압증기와 더불어 시스템에서는 잉여증기의 처리회로를 설치하는 것이 중요하다.

4. 증기·온수회로형

이 방식은 표준형 가스엔진을 이용하여 엔진자켓 냉각수에서 100°C 이하의 온수를 회수하고 배기가스에서 7~8Kg/Cm² 정도의 증기를 회수하는 방식이다. FLOW를 그림 5에 나타내었다. 배기가스 계통에 관하여는 다른 가스엔진에서의 증기회수형과 같고 관류식의 수관 보일러가 일반적으로 이용된다.

엔진자켓 냉각수계통에서는 서모스타트를 설치한 그대로 사용하던가 서모스타트를 분리하여 사용하던가 한다. 자켓 냉각수의 엔진출구온도는 통상 엔진에서 가열되어 90°C 정도를 유지하고 FLOW 그림과 같이 자켓냉각수 출구측에 에어벤트 라인을 설치하는 경우도 있다. 이 FLOW와 같이 고온측과 저온측이 하나의 펌프로 시리즈 회로내에 조입되어 있는 경

본격적인 축열 탱크에 관하여는 열의 연간 수요패턴과 비용을 검토하여 경제성이 보이면 설치해야 한다. 회수열의 잉여분은 저온조의 온수에 따라 3방면 제어변을 통하여 냉각탑용 냉각기에서 냉각된다. FLOW에 표시된 바와 같이 냉각기와 냉각탑을 조합시키는데 대하여 이 부분을 밀폐식 냉각탑으로 치환된 시스템도 있다.

이 경우, 현 상태로는 온수측의 온도는 80°C 정도가 한도이지만 시스템 배관의 간소화, 냉각탑 그 자체가 콤팩트화 되고, 밀폐식의 정비의 간이성을 고려하면 시스템 설계시 검토할 충분한 가치가 있다.

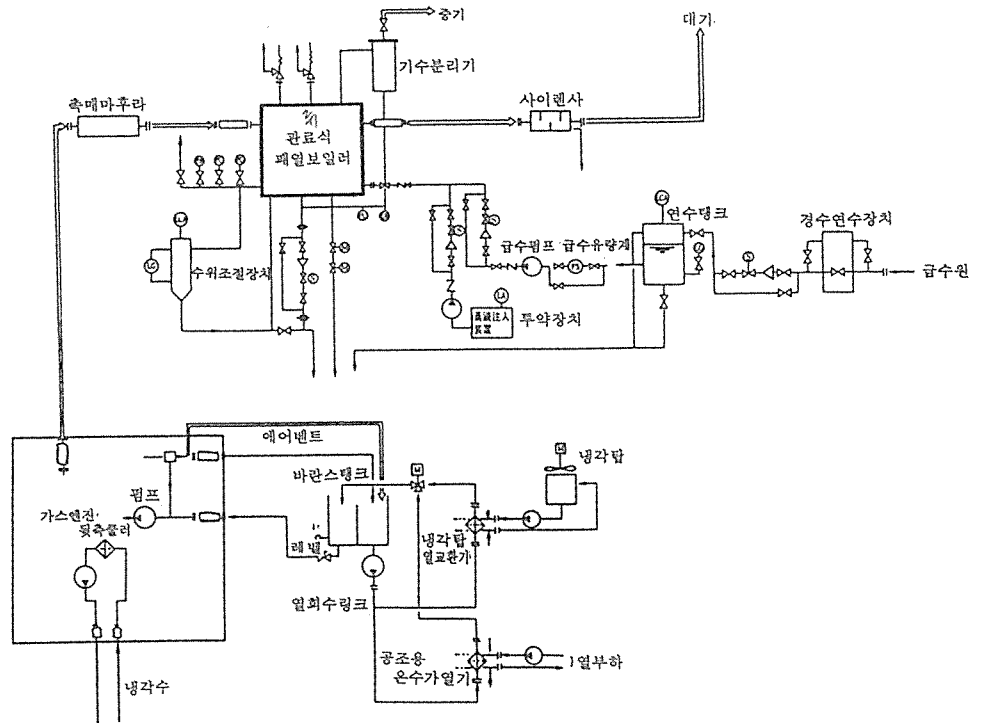


그림 5. 가스엔진의 증기·온수회로 FLOW