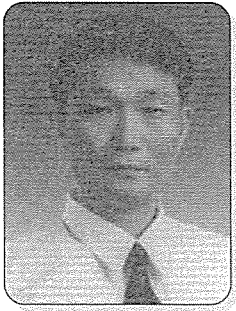


열병합발전의 일반 실무(1)



(주)태협엔지니어링
발송배전, 전기응용, 건축전기
설비 기술사
이사 김미승
Tel: (02)2613-8183

제1장 열병합 발전이란?

1. 개요

에너지를 효율적으로 이용하기 위해 동일 연료원 으로부터 열과 전기를 동시에 사용하여 공급하는 시스템을 열병합발전(CHP: Combined Heated and Power)이라 한다. 한편 열병합발전의 또 다른 공학적 정의는 열을 효율적으로 이용하기 위하여 높은 에너지를 가능한 한 낮은 열 에너지로 방출하고자 고안된 시스템이라고 할 수 있다.

이러한 열병합 발전은 생성된 에너지를 어떻게 이용하는가에 따라 톱핑(topping cycle)사이클과 버터밍(bottoming cycle)사이클로 구분되는데,

톱핑사이클은 일반적으로 국내에서 많이 이용하는 사이클로서 연료를 연소시켜 고온, 고압의 증기 또는 가스를 생산하여 일차적으로 전기를 생산하는 목적으로 이용한 후, 그 여열 또는 일부의 열을 이용하여 산업체의 생산공정용 열이나 지역난방의 난방 및 급탕용 열 등으로 이용하는 사이클을 말하고,

버터밍사이클은 일반 산업체에서 산업체의 공정과정에서 발생하는 산업여열 또는 폐열을 이용하거나 폐기가스 등을 연료로 하여 생산된 고온, 고압의 증기 또는 가스로 전력을 생산케하는 사이클로서 주로 제철소에서 많이 채택하고 있다.

2. 열병합 발전 특징

열병합발전은 열과 전기가 동시에 생산되는 시스템으로서 높은 엔탈피 차를 전기에너지로 변환시키고 배기(또는 추기)를 이용하여 생산공정에 필요한 열로 이용하기 때문에 에너지 이용효율을 높일 수 있고, 에너지 공급의 경제성을 제고시킨다.

터빈의 입구와 출구의 증기조건(압력, 온도)이 전용 발전방식과 동일하다면 전용발전방식보다 열병합 발전의 열효율이 높다.

그러나 동일한 투입에너지(연료)량에서 열병합 발전이 전용발전보다 반드시 양호하다고 단언 할 수는 없다. 그 이유는

첫째, 열병합의 터빈-발전(복수기 제외)효율은 전용 발전방식에 비하여 매우 낮다. 이는 전용 발전방식보다 터빈 입구의 압력과 온도가 낮으며 터빈출구의 압력이 높고 터빈손실이 터빈출구의 압력이 높고 터빈손실이 크기 때문이다.

둘째, 열병합에서의 터빈 배열의 이용은 가용에너지 관점에서 보면 엔트로피 변화에 의한 비가역성 손실이 내재하고 있기 때문이다.

셋째, 열병합 발전은 열수요와 전기수요가 플랜트 성능과 부합되어야만 비로소 그 효능이 발휘되기 때문에 이론적인 열효율과 실제 운용상의 평균효율과는 수요형태에 따라 상당한 차이가 있기 때문이다.

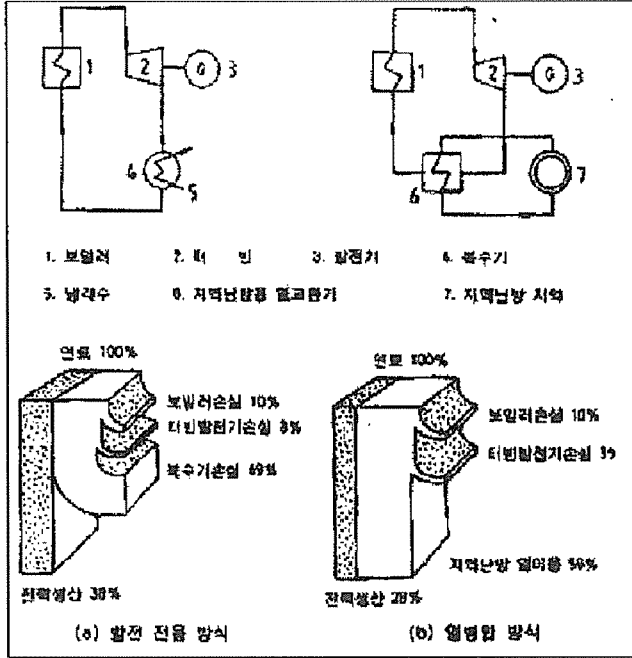
열수요가 없어서 가동을 중지하거나 열수요가 적어서 플랜트의 성능을 충분히 발휘하지 못하다면 설비의 효율저하로 인하여 경제성이 크게 저하된다.

그러므로 열병합발전이 에너지이용 합리화에 기여하려면 그 열수요의 형태를 고려하여 도입되어야 한다.

예를 들어 제지산업이나 석유화학 플랜트와 같이 열수요가 많고 연속적으로 필요한 곳에서는 열병합발전의 에너지이용 합리화 기여는 매우 높다.

그러나 열수요가 없거나 적은 기계조립공장에서 열병합발전을 한다는 것은 비합리적이다.

3. 열병합발전의 특성비교



열병합발전과 발전전용방식 비교

복수식 발전방식은 에너지 열원으로부터 공급되면 보일러에서 10%, 터빈발전기에서 3%, 복수기에서 49%의 손실이 발생하므로 전력에너지를 38%만이 유효하게 이용되어 복수기를 통하여 유실되는 손실이 전체 공급열의 거의 절반을 차지함을 알 수 있다.

열병합발전의 경우는 보일러와 터빈발전기의 손실은 복수식과 거의 같으나 전력생산에 28%를 이용하고 지역난방에 59%의 에너지를 이용하므로 공급된 에너지의 87%를 유효하게 이용할 수 있다.

표 열병합발전방식과 발전전용방식 비교표

구분	전용방식		열병합발전
	발전 전용	열공급 전용	
발전 및 열생산방식	복수터빈방식	저압보일러	배압, 추기배압, 추기복수, 복합 사이클, 가스터빈 방식
발전효율 및 에너지 이용률(평균치)	38%	90%	87%(전기:28% 열이용:59%)
용량	대용량	소용량	소용량
플랜트 운전	급전계획에 따라 운전	열부하에 따라 운전	산업체 또는 지역 난방 열부하에 따라 운전
발전량	전력수요에 의해 결정		열부하에 의하여 결정
시설의 차이	발전소와 열생산 플랜트가 각각 독립된 설비		단일플랜트에서 열과 전기를 동시에 생산

4. 산업체 열병합발전

산업체 열병합발전은 전력과 공정용 증기를 함께 생산하여 에너지 이용을 높일 수 있는 방법으로 기존의 열전용 공급 및 전력공급방식보다 효율적이므로 보급이 점점 확대되어 가고 있다.

그러나 산업체 열병합발전의 도입을 위해서는 열 부하, 열밀도, 소요증기 압력의 종류, 가동율,

배관길이, 건설 및 운용여건, 연료수송, 환경문제 등 도입조건이 구비되어야 하므로 신중한 검토와 시행계획이 수립되어야 하는 것이다.

가. 도입 검토조건

- 열 부하
- 가동율
- 초기 투자비
- 전력공급의 신뢰성
- 에너지 공급원(사용연료)
- 열전비
- 발전소의 위치

나. 적용방식

○ 기술적 형식

열전비	발전 방식	에너지이용 효율(%)	대상 산업	소요열특성
0~4	추기복수터빈, 복수터빈, 가스터빈, 디젤(복합)	33~63	판유리, 철강, 소다, 알미늄, 폴리에틸렌, 시멘트, 염화비닐	전력사용량이 증기사용량보다 클때
4~9	배압터빈, 추기배압터빈, 추기복수터빈	47~87	제지, 펄프, 석유정제, 화학비료, 제염아크릴, 폴리에스테르, 석유화학, 방직등	전력과 증기 사용량이 비교적 균형을 이룰때
9이상	배압터빈, 추기배압터빈	77~87	제당, 식용유, 식품콤비나이트, 타이어, 고무	전력사용량이 증기사용량에 비하여 적을때

○ 설비용량 및 운전형식

열병합발전의 용량 및 운전방식에는 3가지가 있을 수 있다. 그것은 발전용량과 증기수요량을 어떻게 맞추어 조화시키는가에 따라 다르다.

용량의 결정은 시스템을 침두부하에 맞추어 설비용량을 설정하고 남은 전력을 판매하는 방법, 사용자 의 전력부하 중 최저부하를 기준으로 하는 방법, 전체 시스템을 전력회사와 별도로 독립시켜 운영하는 방법 등이 있을 수 있다. 각각의 방법은 장·단점이 있

으므로 어떤 형식을 정할 것인가는 여러 가지 요인을 감안해야 한다.

5. 지역난방용 열병합발전

열병합 발전을 이용한 지역난방은 집단에너지 공급 지역내의 주거지역, 상업지역, 공공건물의 냉난방 및 급탕용 열에너지를 공급하기 위한 열 생산과 전력생산을 함께하여 에너지 이용율을 높이는 방법으로서 열병합 발전을 지역난방에 이용하기 위하여 사전에 검토하여야 할 도입조건, 열부하 특성에 따른 발전방식의 선정, 열매체의 선정등에 대하여 간단히 기술한다.

가. 도입 조건

- 기후조건:설비용량 결정에 가장 큰 영향을 주는 인자로 년중 난방부하를 말함
- 주택형식:중양집중식 지역난방 방식여부의 문제
- 열부하:생활관습,건물종류등에 따라 난방 및 급탕부하 변화 및 가동을 문제
- 에너지 공급원(사용연료)
- 노동력 및 임금:지역난방방식은 방대한 배관작업을 필요로 하므로 이의 운영상 문제
- 발전소의 위치
- 열밀도:주거지역의 단위면적당 필요한 난방 및 급탕열량의 정도
- 초기투자비
- 전력판매

나. 적용방식

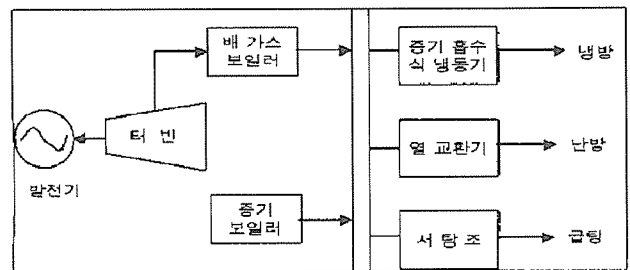
열병합 발전의 규모는 동시 부하율을 고려한 건물 및 주택들의 최대부하에 지역배관의 열 손실을 합한 최종적인 설비용량에 의해 산정되게 되지만 발전방식은 전력부하나 열부하의 변동에 따라 경제성이 다르므로 열부하 특성에 따라 적절한 발전방식을 선정하여야 한다.

다. 열매체의 선정

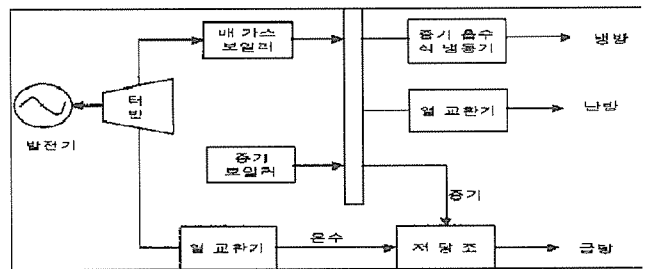
열매체로는 증기와 온수가 있으며 증기가 오래 전부터 사용되어 왔으나 보수나 운전등에 유리한 온수가 현재는 많이 사용된다.(오른쪽상단 표 참조)

열병합발전의 기본시스템으로서는 증기시스템과 온수시스템 및 증기,온수시스템으로 구분 할 수 있다.

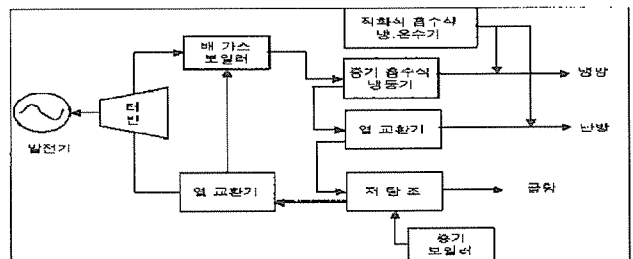
항 목	증 기	온 수	
이용온도	높다	낮다(100 ~200℃)	
보유열량	적다(피크시 불리)	많다(증기의 20~30배 피크시 유리)	
보일러 소요량	최대열부하의 1.5배	최대열부하의 1.05배 (증기의 70~75%)	
방열손실	트랩손실, Flush out손실(약20%), 배관경이 커지므로 방열손실이 크다	배관경이 적으므로 방열손실이 적다	
배 관 구 경	크다	적다	
	종 류	3종류(증기관,복수관,온수공급관)	2종류(양복관뿐)
	제 약	배관구배에 의하여 trap 설비	특별한 제약 없음
	건설비	높다	일반적으로 싸다
수송거리	한계가 있음(약 5km,도중에 가압 불가)	경제거리는 약 20km (도중에 가압가능)	
응축 및 부식	응축방지 안전장치 필요, 응축부식	해당없음	
산업이용	유리	불리	
열공급	특수용도에 유리,소용량에 유리	규모가 적으면 불리x,	



증기 시스템



온수 시스템



증기,온수 시스템

제2장 열병합 발전형태

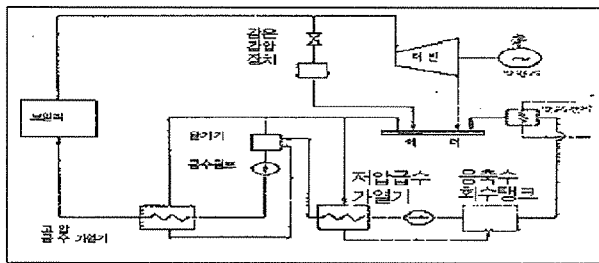
1. 개요

열병합 발전방식은 발전형식에 따라 각각 다음과 같이 분류된다.

- 증기터빈 방식
 - 배압터빈 방식
 - 추기배압터빈 방식
 - 추기복수터빈 방식
- 가스터빈 방식
- 복합 사이클 방식(배열이용방법에 따라)
 - 단순 배열회수식
 - 배기 조연식
 - 배기 재연식
 - 과급보일러식

2. 발전형태별 특징

(1) 배압 터빈방식



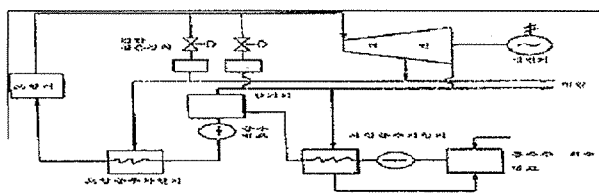
배압터빈방식

보일러에서 발생한 고온, 고압의 증기가 터빈에 공급되어 터빈의 각단에서 팽창하면서 그 열낙차로 전력을 생산하고, 터빈에서 배출되는 저압증기를 공정용 또는 지역난방용 열원으로 사용하기 때문에 종합 열효율을 올릴 수 있다.

열수요의 연중변화가 적고 전력수요와 열수요가 일정하게 변할때나 열수요의 의존도가 보조 보일러나 축열조 등에 의해 보충 될 수 있을 때 사용된다.

배압터빈식은 지역난방용 열병합설비로 이용시는 부하변동을 상쇄할 수 있는 열전용보일러의 설치로 부하율을 높여야하고, 산업용 열병합설비로 이용시에는 공정열이 일정 할 때 가장 경제적인 형태라 할 수 있다.

(2) 추기배압터빈방식



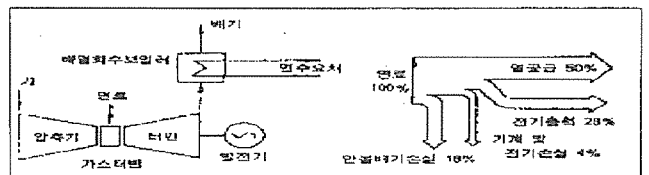
추기배압터빈식 열병합발전 개략도

배압터빈식의 또다른 형태로서 추기 배압터빈식이 있다. 이 방식은 열원으로 사용하는 증기의 압력이 2종 이상일 경우에 터빈에서 팽창되는 증기의 일부를 추기하여 이용하는 방식으로 추기량을 조절할 수 있기 때문에 추기하지 않는 배압터빈식에 비하여 열전비의 조절이 용이하다.

이 방식은 추기단수에 따라 1단추기, 2단추기 등으로 구분되어 추기를 많이하면 할수록 전력생산은 감소되고 운전이 복잡해진다.

경제성은 양호하나 부하율이 문제가 되며 산업체의 공정열 공급에 경제적이다.

(3) 추기복수 터빈방식



추기 복수터빈식 열병합발전 개략도

복수터빈식은 전력생산 목적의 일반 발전방식과 동일한 방식으로 터빈에서 팽창된 증기를 응축시킬 때 냉각수에 전달되는 열 즉 폐열을 이용하여 지역난방 또는 생산공정용 열원으로 사용하는 방식이다.

그러나 이방식은 열병합 발전방식으로 거의 사용하지 않고 터빈에서 팽창하는 증기의 일부를 추기하여 증기의 일부를 추기하여 열원으로 사용하는 추기복수터빈식을 채택하고 있다.

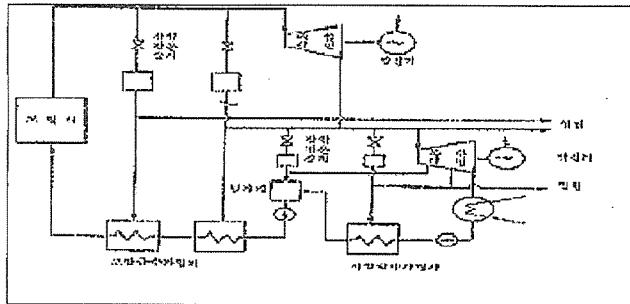
추기복수터빈식은 추기량과 복수량을 조절 할 수가 있으므로 전력과 열부하의 제어에 있어 매우 넓은 범위에 걸쳐 조절할 수 있는 이점이 있으나 배압터빈식에 비하여 효율이 낮으며 추기단수로 1,2,3단 등으로 하여 여러압력의 증기를 추출 할 수 있어 각기 다른압력의 열원을 필요로 하는 여러 생산공정에 적합하다.

그러나 이방식은 열효율이 높지않아 열전용 플랜트와 일반전기를 사용하는 경우와 비교하여 뚜렷하게 경제성이 있지않아 도입에 신중을 기하여야 하며 산업체 폐열이나 각종 폐기물을 이용하기 위한 목적으로는 사용가능한 방식이다.

(4) 배압터빈식과 복수터빈식의 조합

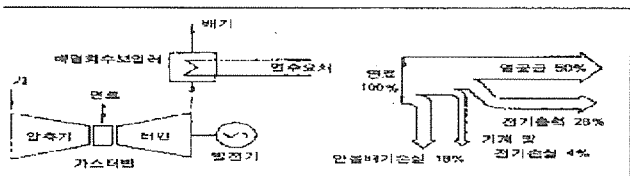
배압터빈과 복수터빈을 조합한 형태로서 배압터빈에서 일차적으로 전기를 생산하고 나온 증기의 일부

를 열원으로 사용하고, 일부는 복수터빈으로 들어가서 전기를 생산하며 추기를 이용하여 또 다른 열원으로 이용하는 방식이다.



배압터빈식과 복수터빈식과의 조합방식

(5) 가스터빈 방식



가스터빈방식

가스터빈은 근래에 와서 고온, 대형화되고 있으며 냉각수가 거의 필요치않아 열병합 발전으로서의 채택이 늘고 있는 추세이다.

가스터빈방식에는 개방사이클 계통방식과 밀폐사이클 계통방식이 있으나 일반적으로 장치가 간편하고 고온,고압의 가스로 만들어 터빈을 돌린 다음 고온의 배기는 대기에 배출하게 되는데 이때의 65 - 75%정도가 되는 다량의 배기손실을 회수하여 증기 또는 온수를 생산하고 지역난방 또는 생산공정의 열원으로 이용하는 방식이다.

○ 개회로 방식

열부하가 적고 전력부하가 최대인 경우에 전력생산만 할 수 있으며 열부하가 최대인 경우 폐열보일러 및 보조버너를 이용하여 열생산을 많아 할 수 있다.

○ 폐회로 방식

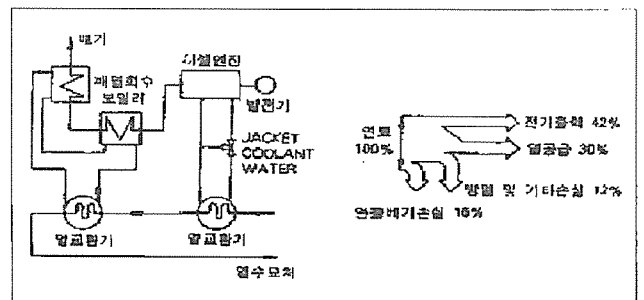
어떤 연료를 사용해도 좋으며 원자력발전에 이용하도록 실용화 연구가 추진중이다.

(6) 디젤엔진방식

디젤엔진은 전기/증기 비가 높기 때문에 전기수요가 열수요보다 상당치 많은 곳에서의 사용이 이상적이다.

최초의 디젤엔진 열병합발전 시스템은 자동차 엔진이나 추진기관으로부터 변형되어 채택되었다.

이 시스템은 디젤엔진, 열교환기, 열회수 증기발생기와 열펌프로 구성되어있다. 디젤엔진 열병합발전시스템은 속도에 따라 현저하게 다르다. 현재 저속, 중속, 고속 디젤엔진이 모두 사용가능하다.



○ 고속 및 중속 디젤기관용

주연료로는 주로 정제유가 사용되며 대체로 900rpm에서 1800rpm사이에서 운전되되며 75kw에서 4mw사이의 발전용량을 갖는 4 행정기관이고 중속 디젤엔진은 600rpm에서 1200rpm의 속도와 0.5mw에서 10mw의 발전용량을 가진다.

○ 저속 디젤기관용

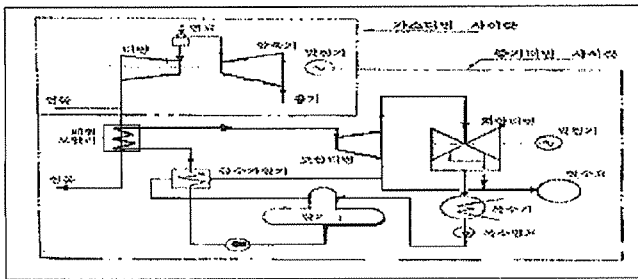
주연료로는 중유가 쓰인다. 저속디젤엔진은 대략 120rpm에서 180rpm사이에서 작동하는 2 행정기관이 주종을 이루고 발전용량은 2mw에서30mw정도이다. 저속엔진은 고회력을 발생하므로 저속 디젤기관은 상당한 규모이다.

디젤엔진 열병합 발전시스템에서 열/전력 생산비율은 디젤기관 유탄유나 냉각수용 냉각기로부터의 열을 흡수하는 열펌프로써 조절이 가능하다. 열펌프에 의하여 발생하는 증기는 열회수보일러로부터 발생하는 증기에 추가된다. 열펌프의 추가는 증기생산을 증가하고 또한 전력생산을 감소시킴으로서 열/전력비율을 향상시킨다.

디젤엔진은 항상 일정한 속도로 운전된다. 열펌프가 열과 전력생산량을 결정하고 열펌프용량은 엔진 자켓의 열 추출율에 의해 한정된다.

부분부하 적응성이 좋으나 연료가 제한되어있다. 소형설비로 블록난방설비에 적합하며 짧은 배관망이므로 80°C정도의 낮은 온도로 난방 열공급이 가능하다. 또한 중소 열소비지역의 임시용. 첨두부하용 열플랜트로 사용 할 수 있다.

(7) 복합발전방식



복합 발전방식

복합발전방식은 토픽사이클과 버터밍사이클로 구분되고, 가스·증기복합방식에 대해서는 가스터빈과 증기터빈의 조합방식에 따라 가스터빈이 주체가 되는 배열회수사이클과 배기조연사이클이 있고 증기터빈이 주체가 되는 배기재열사이클과 과급보일러, 급수가열사이클이 있다.

연료에서 본 복합발전은 천연가스를 이용한 복합발전, 석탄을 이용한 복합발전, 연료전지발전방식 등이 있다.

복합발전의 특징은

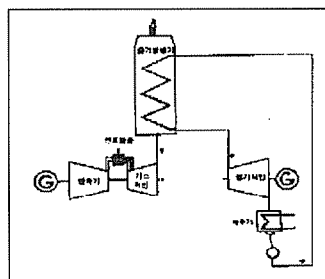
- 일반 화력에 비해 초기투자비가 낮고 열효율이 높아 열병합설비로 널리 이용된다.
- 증기터빈은 필요에 따라 배압터빈, 추기배압터빈, 추기복수터빈 및 배압터빈과 복수터빈의 조합방식 중 하나를 선택 할 수 있다.
- 설비는 복잡하나 다양한 운전방식 선택이 가능하다.
- 지역난방용 열병합 설비나 수도권에 위치한 산업체의 경우 청정연료 사용으로 연료단가가 비싸진다.

(가) 배열회수사이클

이사이클은 가스터빈의 배기가스를 배열회수열교환기를 도입하여 그 열회수에 의하여 증기를 발생시켜 증기터빈을 구동하는 방식이고 복합발전사이클중 가장 간단한 시스템이다.

그 특징은

- 가스터빈의 출력비가 크다.
- 가스터빈이 고온화될수록 열효율 상승비율이 크다.
- 기동시간이 짧다.



배열회수사이클

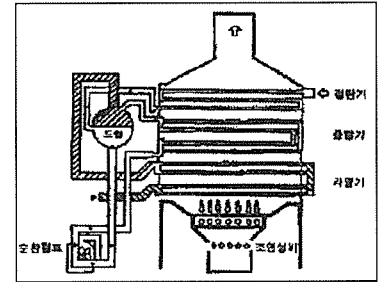
- 증기터빈의 단독운전은 불가능하다.
- 플랜트출력에 비해 온배수량이 적다.
- 기설플랜트에 대체에 적당하다.

(나) 배기조연식 사이클

이 사이클에서는 가스터빈 배가스를 배열회수 열교환기에 도입하여 연도내에서 조연을 행함으로써 증기조건을 향상시켜 증기터빈의 출력을 증가시키는 방식으로 플랜트 구성은 약간 복잡하게 된다.

이 방식의 특징은 다음과 같다.

- 조연량이 많아질수록 증기터빈 출력비가 증대한다.
- 가스터빈 배기가스 온도에 의해 최적 조연량이 있고 가스터빈이 고온화될수록 최적조연량이 적어진다.
- 기동시간은 비조연형에 비하여 약간 길어진다.
- 증기터빈의 단독운전은 불가능하다.



배기조연식

(다) 배기재연식 사이클

이 사이클에서는 가스터빈 배가스를 보일러 연소공기로 하여 dlyd하여 배열에너지의 회수를 행하는 것과 더불어 가스중의 잔존산소로 재연소시키는 방식이다.

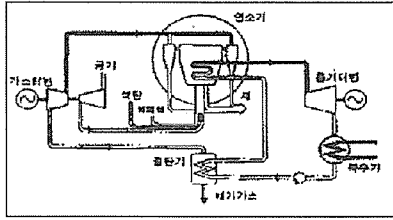
이 방식의 특징은 다음과 같다.

- 운전제어계가 복잡하다.
- 증기터빈의 출력비가 크다.
- 보일러에 사용하는 연료는 가스터빈과 무관하게 선정된다.
- 열효율은 가스터빈 배가스를 최대한 이용하는 증기터빈용량으로 할경우에 최고로 된다. 그러나 가스터빈의 고온화에 따라 배가스의 잔존산소량이 적어지므로 팔입 통풍기로서 보일러 연소공기를 보충할 필요가 있다.

(라) 과급보일러 사이클

이 사이클에서는 가스터빈 compressor를 이용하여 보일러에서 가압연소하고 그 배가스를 가스터빈에 도입하여 일을 시킨 후에 또다시 배가스의 열회수를 가

스 쿨러의 급수가 열에 의해 행하는 방식이고, 加壓보일러이므로 열전달율이 양호하고 전열면적이 감소하여 소형화되지만 내압구조가 필요하게 되어 운전제어계가 복잡하게 된다.



과압보일러방식 (가압유동층보일러-고온터빈)

이 방식의 특징은 다음과 같다.

- 증기터빈 출력비가 약간 크다.
- 보일러 사용연료는 가스터빈에 의하여 제약을 받는다.
- 증기터빈의 단독운전은 불가능하다.

(마). 천연가스(LNG)를 이용한 복합발전

발전용 화석연료는 석탄, 석유, 가스유 등 여러 가지가 사용되나, 복합발전설비는 에너지의 효율적인 이용 및 경제성 관점에서 계획, 설계하게 된다. 천연가스 및 경유 등과 같은 청정연료는 가스터빈에서 직접연소가 가능하다.

그러나 석탄 및 중유 및 경유 등과같이 저질연료의 경우는 연료를 가스화하여 사용하여야 한다. 그래서 천연가스를 발전용 연료로 사용하는 경우 복합발전 방식으로 채용하는 경향이 있는데

그 이유로는 천연가스와 같이 양질의 연료의 경우 복합발전으로 하는 것이 열효율이 높고 환경 보전성, 경제성이 우수하기 때문이다. 실제로 복합발전의 경우 1,100°C급 가스터빈을 사용할 경우 열효율은 42% - 44%로 되어 열효율 향상이 이루어진다.

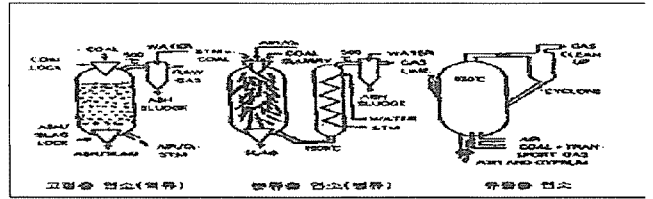
(바). 석탄을 이용한 복합발전

가스터빈에 있어서는 석탄을 직접 연소시키는 것이 곤란하므로 석탄을 가스화하여 탈황, 정제한 후 가스터빈의 연료로 사용하며, 가스터빈 배열을 회수하여 증기터빈을 구동하는 발전방식을 석탄가스화 복합발전(CGCC)이라 한다.

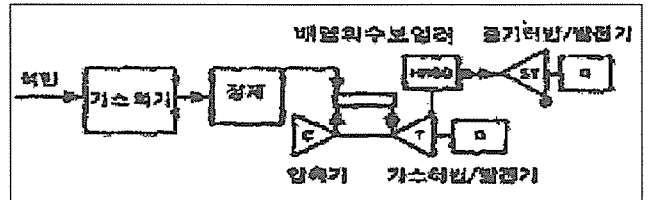
석탄 가스화 기술은 석탄을 공기 및 산소(일중 산화제)와 함께 고온, 고압의 가스화조에 투입하여 석탄가스로 전환하는 기술로 가스화제에 따라 산소 및 공기송입방식, 압력에 따라 가압 및 상압방식, 석탄공급방식에 따라 건식 및 습식, 가스 정제시스템에 따라 건식 및 습식으로 분류된다.

석탄 가스화 공정은 석탄과 산화제가 접촉하는 방

법에 따라 기본적으로 고정층, 유동층, 분류층으로 나누어진다.



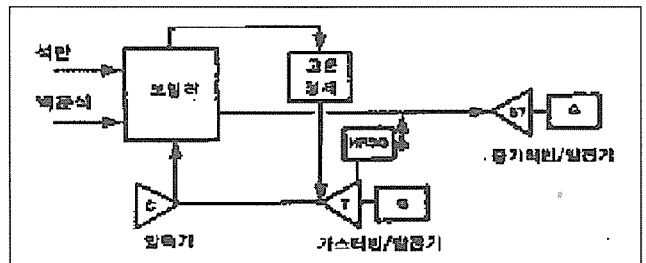
석탄가스화 공정에 따른 종류



석탄가스화 복합사이클 개념도

(사). 가압유동층 연소 복합사이클(PFBC-CC)

유동층연소는 노내에 석탄 및 열전달 매체를 넣고, 노하부에서 연소용 공기를 주입, 노내의 고체입자를 유동화시켜 연소시키는 방식으로 노내에서 석탄석으로 탈황하므로 별도의 탈황설비가 필요없으며 연소온도가 통상 850°C로 낮아 NOX 발생이 적어 환경보전성이 우수한 연소방식이다. 유동층 연소방식은 유동화 속도에 따라 기포식, 순환식이 있으며 조업압력에 따라 상압식과 가압식(PFBC)으로 분류된다.



가압유동층 보일러방식

(아). 연료전지 복합발전

연료전기는 용융탄산염형 연료전지와 고온고체 전해질형등이 있다.

연료전지로 발전되는 것은 직류전력이므로 인버터로서 교류전력으로 환산 할 필요가 있다.

- 연료와 전해질의 전기화학적 작용을 이용하여 전기 생산
- 전해질의 높은 작동온도에 의해 발생하는 증기로 증기터빈 운전

(자). 칼륨터빈 복합발전

- 금속칼륨을 작동유체로 사용하여 칼륨터빈 운전
- 칼륨증기의 배출열을 이용, 증기를 발생시켜 증기터빈 운전

(카). MHD-기력 복합발전

전자유체역학발전으로 원리는 사용되고 있는 발전기와같이 자계중을 절단하도록 도전체를 운동시키면 전자유도법칙에 따라 기전력을 발생하는 것으로 외부 부하에 전력을 취출 할 수 있는 것으로 현행 화력과같이 화석연료가 가지고 있는 열에너지를 보일러와 터빈을 거쳐 일단 기계에너지로 변환하여서 발전을 하는 것이 아니고 고온고압의 도전성 작동유체를 고자계중에 흘려서 직접전력을 취출하는 점이 큰 특징이다.

(8) 각 방식별 비교

	전기출력 (%)	열공급 (%)	기계 및 전기손실(%)	연돌 배기 손실(%)	기 타 손 실 (%)
배압터빈방식	28	57	3	12	-
추기배압 터빈방식	28	57	3	12	-
추기복수 터빈방식	30	20	3	12	복수기 35
배압터빈과 복수터빈 조합	38		3	12	냉각수 (열공급제외시)
가스터빈방식	28	50	4	18	-
복합사이클방식	38	40	4	18	-
디젤엔진방식	42	30	방열 및 기타손실 12	16	-

3. 열병합발전 운전방식

한국전력의 경우 열병합 발전방식은 복합사이클 방식과 증기터빈방식이 있다. 복합 사이클 방식과 증기터빈 방식을 사용하고 있다.

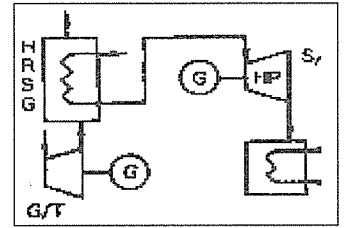
운전방식은 다음 두가지 특성으로 나누어 운용된다.

- 열부하 추종운전(Heat Load Follows Operation)
 - 전기생산과 열 공급을 동시에 실시하는 것으로 열부하에 맞추어 설비운전이 제어된다.
 - 주로 겨울철에 운전된다.
 - 전기부하 추종운전(Electrical Load Follows Operation)
 - 열공급이 중단되고 전기만 생산하는 운전방식이다.
 - 주로 여름철에 운전된다.
- 운전방식별 세부내용은 다음과 같다.

가. 열부하 추종방식

모드 I (normal operation mode)

- 배열회수보일러에서 발생된 증기로 배압터빈을 구동하여 전기를 생산하고 배기증기로 지역 난방 열 공급을 담당한다.

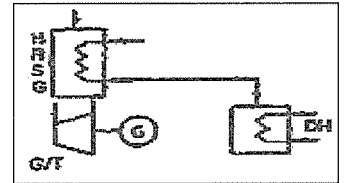


열부하 추종운전(모드 I)

- 복수터빈은 동기클러치로 분리시켜 운전하지 않는다
- 열병합 발전의 주종을 이루는 운전방법으로 연간 약 5,000 - 6,000시간정도 운전이 예상된다.

모드 IV (steam turbine by-pass operation mode)

- 배열회수 보일러에서 발생한 증기를 전량 지역난방용 열로 공급한다.
- 증기터빈은 운전되지 않는다.



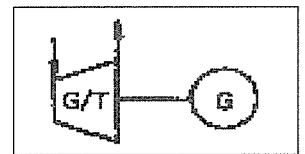
최대열부하 추종방식(모드IV)

- 겨울철 혹한기에 열부하가 최대로 요구되어 배압터빈 추기 및 보조열원에 의한 열 공급으로 감당 할 수 없을 때 실시한다.

나. 전기부하 추종운전방식

모드 II (simple cycle operation mode)

- 가스터빈 단독운전방식 즉 전기만 생산하는 방식이다.

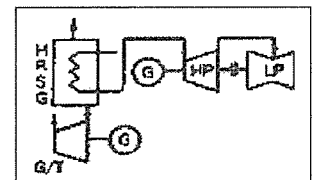


가스터빈 단독운전 (모드 II)

- 열부하가 없는 하절기에 증기터빈 고장시 또는 가스터빈 기동시의 운전이 이에 해당한다.

모드 III (condensing mode)

- 배압터빈과 복수터빈을 모두 운전하는 방식
- 주로 열부하가 없는 하절기에 적용되며 전기생산이 최대가 된다.
- 연간 약 2,000 - 3,000시간 정도 운전이 예상된다.



전기부하 추종운전(모드 III)

제3장 발전기

1. 개요

증기 터빈이나 가스터빈은 열 에너지 즉 고온·고압의 증기 또는 가스를 이용하여 운동에너지로 전환한다면, 발전기는 증기터빈과 가스터빈에서 발생된 운동에너지를 받아 전기에너지로 변환하는 기기를 말한다.

일반적으로 발전기 분류는 구동에너지 또는 엔진 형태에 따라 터빈(증기·가스)발전, 가스엔진, 디젤엔진 등으로 분류하나 발전기 자체로는 전력회사의 전력을 사용하는 유도발전기와 엔진으로 기계적에너지를 사용하는 동기발전기로 분류된다.

유도발전기는 전력회사의 공급신뢰도에 따라 좌우가 되고, 효율이 동기발전기에 비하여 낮기 때문에 특수한 용도외에는 사용하지 않고 발전기는 거의 동기발전기를 사용한다.

더불어 발전기와 전동기는 동일한 method로 출발한다. 발전기는 운동(회전)에너지를 이용하여 발전을 하여 전력을 발생하고, 전동기는 전력을 이용하여 이를 다시 운동에너지로 변환하여 요구기기에 맞춰 사용하고 있다.

실제로 전기철도에서 전동기와 발전기를 비유하면, 전동차가 서울에서 강릉으로 운행될 경우에 서울에서 대관령까지는 대관령까지 오르기 위하여는 운동에너지가 필요하므로 전력을 공급받아 운동에너지를 발생시키는 전동기를 사용하고, 대관령 정상에서 강릉까지는 대관령 정상에서 강릉까지의 위치에너지를 이용하여 발전을 하여 전력을 공급하는 발전기로 전환되는 회생발전을 이용한다. 즉 이와같이 전동기와 발전기는 요구목적에 따라 전환이 될 수 있다.

그리고 변압기도 자계(磁界)를 이용하는 면에서는 같고, 다만 회전기기가 아닌 정기기인 점에서만 다르다. 여기서는 동기 발전기에 대해서만 간략하게 설명한다.

2. 동기 발전기의 분류

동기발전기는 자극의 개수와 회전자와 계자에 의해서와 발전기 냉각방식에 따라 분류된다.

가. 상수에 의한 분류

(가) 단상기(single phase winding)

한 쌍의 자극에 한 개의 권선 균을 가진 구조로 되

어 있으며 단상 교류전력을 발생하는 기기이다.

(나) 다상기(poly phase winding)

한 쌍의 자극에 대해 2개 이상의 권선 균을 가진 구조로 되어 있으며, 2상 이상의 교류 전력을 발생하는 발전기로 일반적으로 3상 발전기가 사용된다.

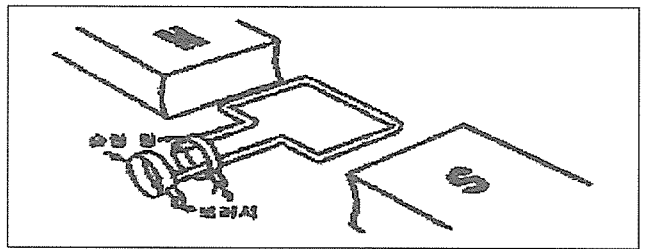
3상 발전기는 1쌍의 자극에 3개의 권선 균이 각각 120° 간격으로 배치되어 있는 것으로 매끄러운 파형을 얻을 수 있고 또 단상기와 같은 크기의 고정자에 많은 권선을 감을 수 있어 경제적인 발전기를 만들 수 있다.

3상 발전기에서 상간 접속을 Y-Δ 어느 것으로나 할 수 있으나 Y결선은 중성점을 접지 할 수 있으며, Δ결선에 비해 높은 선간전압을 얻을 수 있는 장점이 있다.

나. 회전자에 의한 분류

(1) 회전 전기자형(revolving armature type)

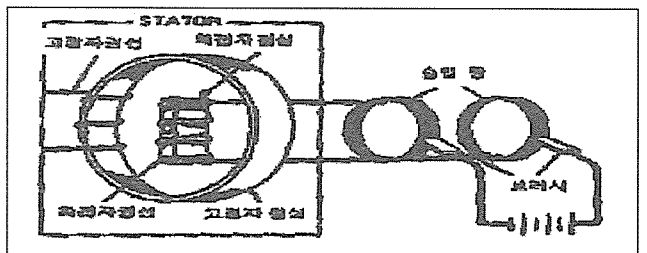
자극이 고정되어 있고 전기자가 회전하는 구조로 되어 있으며 소용량 저전압 발전기에 한정된다.



회전전기자형

(2) 회전 계자형(revolving field type)

전기자가 고정되어 있고 계자가 회전하는 구조로 되어 있으며 대용량 발전기에 채택된다.



회전계자형

다. 냉각 방식에 의한 분류

(1) 공기 냉각형

공기를 냉각매체로 이용(소형기, 중형기, 대형 저속기에 사용됨)

(2) 수소 냉각형

수소를 냉각매체로 이용(대형 고속기에 사용됨)

(3) 수 냉각형

물을 냉각 매체로 이용(대형 고속기에 사용 됨)

3. 발전기 구조

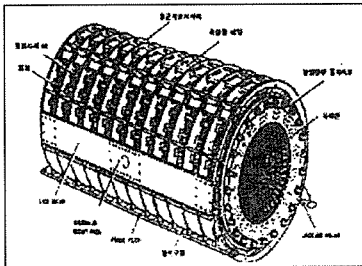
일반적으로 대형 발전기는 회전 계자형을 채택하며, 고정자 및 회전자로 구성되어 있다. 고정자는 틀, 고정자 철심 및 고정자 권선으로 되어있고, 회전자는 축, 회전자 권선 및 권선단부 호환으로 구성되어 있다. 그 외 수소냉각기, 베어링, 밀봉장치, 단자 부상, 냉각가스 통풍구조물, 계자전류 공급장치, 온도 검출소자 등으로 구성되어 있다.

가. 고정자

(1) 고정자 틀

고정자 후레임은 고정자 철심 지지물, 그랜드 밀봉, 베어링 지지대, 단자함, 수소 냉각기 함등을 지지하며 수소가스를 수용하는 원통형 격납 용기의 기능이 있다.

후레임 내부는 회전자축 원주방향으로 여러개의 원형 링(ring)과 스프링 바(bar), 버팀대(brace)로 보강되어 갑작스런 부하변동이나 3상 단락 및 수소가스의 폭발에도 견딜 수 있도록 견고하게 제작되어 있다.

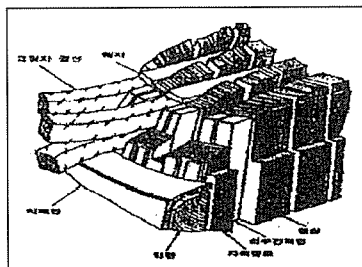


고정자 후레임 내부

고정자 후레임의 주요기능은 진동절연, 기밀유지, 냉각을 위한 통풍로 구성 및 부속장치 이다 .

(2) 고정자 철심(stator core)

고정자 철심은 주 자속의 통로가 되며 또 고정자권선을 지지하는 역할을 한다. 고정자 철심의 제작은 와전류손과 히스테리시스손을 줄이기 위해 얇은 규소강판을 부체포로 만들고 슬롯(slot)을 파고 절연바니스를 칠해 건조시킨다.



고정자 철심 입체단면도

발전기는 철심 수

십만 장을 고정자 후레임 내측에 부착되어 있는 key bar에 적층하며 50 - 60 mm 적층시마다 10 - 13 mm 의 간격편을 삽입시켜 통풍 홈을 만들어 냉각매체가 지나갈 수 있도록 한다.

고정자 철심단부는 누설자속에 의한 표류 부하손을 줄이기 위해 적층상태에서의 에폭시 수지로 접착하는 기술, 비자성 내측간격편 채택, 철심단부 조임판(압판)의 도전성 차폐판 처리 등으로 손실을 경감하는 구조로 되어 있다.

또 축방향 누설자속을 감소시키기 위하여 고정자 철심단부를 계단식으로 가공하여 공극을 크게 함으로써 주 자계에 의한 자속밀도를 감소시킨다.

고정자 단부의 누설자속에 의한 과열을 방지하기 위해 일반적으로 누설자속에 대한 자기 저항을 크게 하는 방법, 와전류에 대해 전기저항을 높게하거나 고정자 단부 측에 더 많은 냉각매체가 통과하도록 하는 방법등이 있다.

(3) 고정자 권선

고정자 권선은 half turn coil로 제작하여 고정자 철심 슬롯에 넣은 후 단부를 용접으로 접속하여 one turn coil를 구성하며 한 슬롯에는 상,하 2개의 도체가 들어가는 2층권이다.

(가) 소선

고정자 권선은 표피효과와 와전류에 의한 손실을 위해 소선 분할되어 있고 소선 상호기간에는 절연이 되어 있으며, 소선의 배열은 종 2열권선과 4열권선이 주종을 이루고 있다.

고정자 수냉식의 경우 중공소선을 사용한다. 대형기에는 상,하부 도체간의 내부 순환전류를 위하여 transposition을 실시한다.

(나) 고정자 권선의 절연

고정자권선의 절연에 필요한 사항은 열 열화, 전기적 열화외에 기동정지시의 전자력, 운전 중의 진동, 열 사이클에 의한 응력 등 기계적 열화에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

절연은 마이카를 유리섬유에 접착제로 붙인 마이카 테이프를 성형한 도체에 감은 다음 레진을 주입한 절연층을 만든다.

(다) 권선의 슬롯내 고정

슬롯 내 권선의 상,하면과 상부권선의 하면에는 압착판을 넣고, 권선측면에는 반도체성의 스프링 판을

삽입하여 도체의 움직임을 방지한다.

상부권선과 하부권선사이에는 권선온도를 감지하는 RTD를 삽입한다.

나. 회 전 자

회전자는 자극의 형태에 따라 돌극형과 원통형으로 구분되며, 일반적으로 수차발전기나 엔진발전기, 여자기 등 저속기에는 돌극형이 사용되며, 터빈발전기와 같은 고속기에는 원통형이 사용된다.

(1) SHAFT

SHAFT는 전자석의 철심에 해당되는 부분으로 고자기(高磁氣)특성이 요구되며 또 고속회전을 하기 때문에 고 인장력이 요구된다.

원통형은 기계적 강도를 고려하여 하나의 덩어리로 단조된 니켈-몰리브덴-바나듐 합금강으로 축 몸체에 슬롯을 만들고 회전자 권선을 넣은 방식으로 고속기에 적용된다.

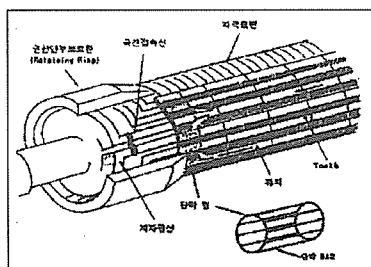
(2) 회전자 권선(계자권선)

회전자 권선은 회전자축을 계자로 만들기 위해 직류전류를 흘려주는 구리로 된 도체이며, 내열효과를 높이기 위해 구리에 은을 소량 혼입한 은 합금 구리 도체를 사용한다.

회전자 권선은 통풍홈 또는 통풍구멍이 있는 평각동대로 구성된다.

(3) 권선 단부 보호환(retaining ring)

권선 단부 보호환은 운전 중에 받은 강한 원심력으로부터 코일의 이탈을 방지하기 위해 회전자 단부양단에 열박음으로 설치한다. 권선 단부 보호환은 원통형으로 되어있으며 재질은 전기적,기계적 특성이 좋은 18Mn-5Cr의 합금강을 많이 사용되며, 특성은 응력, 부식, 균열에 강하고 온도 및 강도특성을 요구한다.



권선 단부 보호환

4. 주요 부속기기

대형발전기에 채용되는 회전계자형중 저속발전기에 적용되는 돌극형 계자와 고속발전기에 채용되는 원통형 계자권선에, 자계를 형성 할 수 있도록 직류를 공

급하여 발전기 전압이나 무효전력을 조정하는 여자기와 부하변동에 따라 발전기 출력변화가 있을 때 발전기 전압을 일정하게 유지하기위해 여자기 여자전류를 자동으로 조정하는 장치인 자동전압조정기(AVR), 발전기 고정자 권선에서 만들어진 전력을 인출하기 위해 발전기 케이싱과 절연시키면서 고정자 권선과 상분리 모선을 연결시키는 단자부싱, 회전자 권선 및 고정자 철심에서 발생하는 열을 효과적으로 냉각하기 위한 냉각시스템, 축밀봉장치 등이 있는데 여기서는 여자기와 자동전압조정기에 대하여 설명한다.

가. 여 자 기

동기발전기 전압이나 무효전력을 조정하기 위하여 필요한 여자전류를 조정하는 장치를 말하며 자동전압조정기이 자동인 상태에서 전기적 발전기 출력이 증가하면 전압이 떨어지고, 증가된 전기자 반작용을 극복하기 위하여 여자전류를 자동으로 증가된다.

이와같이 여자장치의 출력이 발전기 전압을 일정하게 제어하도록 자동적으로 조정되어 발전기 전압이 자동조정이 된다.

따라서 넓은 의미에서는 발전기에 여자를 부여하는 장치전체가 자동전압 조정장치라고 할 수 있다. 그러나 일반적으로 이 여자장치의 일부분, 발전기의 전압을 일정하게 조정하기 위한 제어신호를 만들어 내는 회로정도까지를 AVR이라하고 그 이외부분은 여자기라 하는데 실제의 전압조정 특성은 여자장치 전체의 구성으로 크게 좌우된다.

(1) 여자방식의 종류

(가) 직류 여자방식

주 발전기 축이나 별도의 전동기로부터 구동된다. 대용량 발전기에서는 주 발전기 축과 여자기 축사이에 감속기어가 사용된다. 1960년대에 설치된 설비는 직류 여자기 방식을 채택하였으나 최근에는 거의 채택되지 않는다.

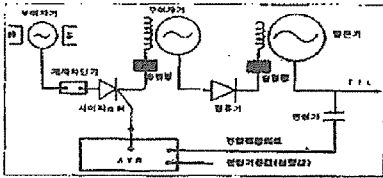
- 직류여자기방식중 분권여자방식 및 타여여자방식

(나) 교류 여자방식

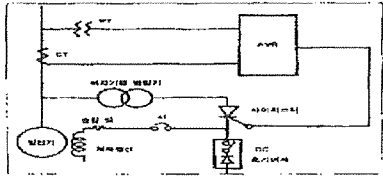
교류 여자방식에는 별치 정류기방식(무 정류자 방식)과 회전정류기 방식이 있으나 두 방식 모두 AVR 구성은 같고 여자기의 정류회로만 다르다.

- 분권교류여자기에 의한 무정류자방식
- PMG가 있는 브러스레스방식
- 자동복권여자방식(SCPT방식)

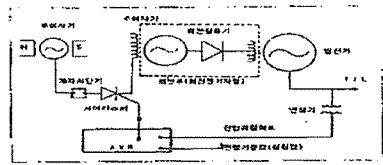
- 전원변압기가 있는 사이리스터 직접여자방식(하이브리드 방식)
- 교류여자가 있는 사이리스터 직접여자방식



무정류자 여자방식



정지형 여자방식



회전정류자 방식

(2) 속도도

자동전압조정기는 여자기 전압을 가감하는 것의 의해 발전기 전압을 규정치로 유지하기 때문에 여자기 전압의 증감비율을 알 필요가 있는데 이것을 속도도로 표시한다.

나. 자동전압조정기

자동전압조정기는 부하계통에 따라 발전기 출력변화가 있을 때 발전기 전압을 일정하게 유지하기위해 여자기 여자전류를 자동으로 조정하는 장치로서 그 원리는 발전기 출력전압을 일정하기 위하여 미리 정해진 기준전압과 실제 검출한 발전기 단자전압을 비교하여 전압편차가 있으면 그 편차를 구하여 증폭기에서 증폭된 조작량으로 발전기의 계자전류를 조정하여 기준전압과 발전기 단자전압이 같아지도록 한다.

자동전압조정장치의 실제회로로는

- 언프리다인식 AVR
- 자기증폭기식 AVR
- 사이리스터 직접여자방식에 사용되는 AVR

5. 발전기 운전

가. 병렬 운전

2대 이상의 발전기를 같은 모선에 연결하여 운전하는 것을 병렬운전이라 하며 병렬운전을 하기 위하여는 필히 병입하기전에

- 주파수가 같고

- 전압의 크기가 같아야 하며,
- 위상이 같음을 확인하여야 한다.

발전기 병렬운전을 위하여 제작 구매시에는 2대 이상의 발전기의 파형이 같도록 하여야 하고, 시운전시에는 상회전 방향을 같도록 하여야 한다.

(1) 병입조건이 다를 때 문제점

(가) 주파수가 다를 경우

주파수가 서로 다르면 발전기 단자 전압은 시간적으로 심하게 진동하고, 이 전압의 최대 값은 발전기 전압의 거의 2배까지 이르게 된다. 따라서 주파수가 같지 않은 상태에서 병렬운전을 하면 발전기의 출력이 주기적으로 요동하고 권선은 비정상적으로 가열된다. 진동전압을 감소하기 위하여 각 발전기의 속도를 조정하여 주파수를 조정한다.

(나) 전압의 크기가 다를 경우

전압의 크기가 다르면 전압의 차이로 발전기에 내부 순환전류가 흐른다. 이 순환전류는 역율이 거의 0인 무효전류이므로 출력에는 관계가 없고 단지 두 발전기의 내부를 순환하여 발전기 전기자 권선에 저항손을 생기게 한다. 이 순환전류를 무효 회류라 하며, 이것을 없애기 위해 발전기 계자전류를 조정하여 전압을 같게 한다.

(다) 전압의 위상이 다를 경우

전압의 위상이 다르면 위상차에 해당하는 순환전류가 흐르며 이 순환전류를 유효회류라 한다. 위상이 일치하지 않는 상태에서 병렬운전을 하면 위상이 앞선 발전기는 부하분담이 더 많아져 회전속도가 감소하게 되고, 위상이 뒤진 발전기는 부하분담이 줄어들어 발전기의 회전속도가 상승한다.

나. 부하조정

병렬운전하고 발전기의 유효전력 배분은 터빈에 공급되는 증기량에 비례하여 배분되며, 무효전력은 발전기의 계자전류에 비례하여 배분된다. 조속기는 병렬운전중 부하가 변화하였을 경우 부하증가시 속도가 감소하고, 부하 감소시 속도가 증가하는 수하특성을 가져야 한다.

(1) 유효전력의 조정

2대의 발전기 A,B 가 병렬운전하고 있는 경우 발전기 B의 터빈 조속기를 조정하여 B 발전기 출력을 증가시키면 B발전기의 위상은 A 발전기 위상보다 앞

서게 되므로 각 발전기 사이에 동기화 전류가 흘러 B 발전기 담당부하는 증가하고 발전기 A 담당부하는 감소하여 부하배분이 이루어진다. 이 경우 발전기 모선의 주파수 및 전압을 일정하게 유지 하기위하여는 B 발전기의 출력이 증가된 만큼 A 발전기의 출력이 감소되어야 한다.

(2) 무효전력의 조정

발전기 A,B가 병렬운전하고 있는 경우 발전기A의 계자전류를 더욱 증가시키면 두 발전기의 유기전압 사이에 불평형이 생기므로 A,B사이에는 무효순환전류가 흐르는데 이 전류는 A 발전기에 대하여는 지상전류가 되어 A 발전기의 단자전압을 내리게 하고 B 발전기에 대해서는 진상전류가 되어 단자전압을 상승시킨다.

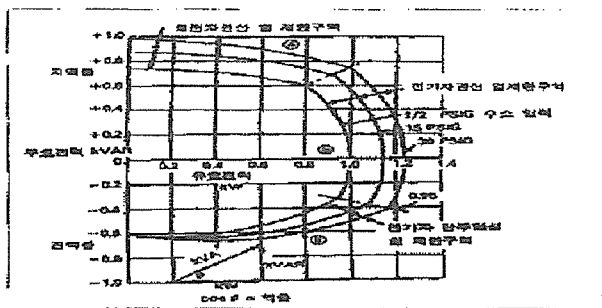
(3) 역율의 조정

병렬운전 중인 발전기의 역율은 계자전류로 조정한다. 계자전류를 증가시키면 지상무효전력이 증가하여 역율은 지상역율로 감소하며, 계자전류를 정격이하로 감소시키면 진상무효전력이 증가하며 진상역율로 감소한다.

다. 가능출력 곡선(Capability Curve)

발전기가 부하가 요구하는 출력과 역율로 운전 할 경우 발전기 각 부에 허용온도상승한도를 초과하지 않고 연속적으로 낼 수 있는 출력범위를 나타내는 곡선을 말한다.

발전기의 가능출력을 제한하는 요소로서는 회전자 권선온도 상승한도, 고정자 권선온도상승 한도, 고정자 단부 온도상승한도에 의한 제한이 있다.



발전기 가능출력곡선

라. 비 동기 운전(계자 상실)

병렬운전중인 동기 발전기가 계자를 상실하면 동기속도 이상으로 되며, 유도발전기로 운전된다. 유도발전기로의 운전은 회전자에 슬립주파수의 전류가 흐

르며 동기발전기는 유도기로 설계되지 않았기 때문에 회전자 과열 또는 고정자 권선에 과부하가 발생된다.

발전기 기전력이 감소하면 출력도 감소하지만 계자회로는 인덕턴스 성분이기 때문에 역자가 상실되어도 계자전압(전류)는 즉시 무전압(무전류)가 되지않고 시정수에 따라 감쇄한다.

따라서 발전기 전압은 순시 감쇄되지않으며 이로 인하여 발전기 출력이 감쇄하면 회전자는 가속되어 회전자의 위상각이 앞서게 된다. 또 위상이 빠르게 되면 동기화력의 작용으로 출력 증.감을 반복하다가 출력이 영에 가까워진다.

이러한 상태가 되면 모선에 무효전력이 지속적으로 유입되어 전력계통이 불안정하고 지속적인 무효전력의 유입으로 고정자 권선에 과다한 전류가 흘러 계자권선, 회전자 본체, 슬롯 웨지, 회전자 단부권선, 보호판 등에 과전류가 유입되어 과열되므로 발전기를 즉시 비상정지 하여야 한다.

마. 동기발전기의 동기전동기화 운전

동기발전기가 기계적인 입력이 부족하여 무부하 회전을 시키는데 필요한 값 이하가 되면 발전기가 연결된 한전선로에서 전력을 받아 같은 방향으로 회전하는 동기전동기가 된다.

이 경우 발전기 자체는 별 문제가 없지만, 발전기에 직결된 터빈날개가 풍손으로 과열되어 손상을 줄 염려가 있다. 그래서 발전기로 전력이 유입되면 역전력 계전기에 의해 발전기가 비상정지하도록 해야 한다.

바. 이상전압시 운전

(1) 정격전압 95%이하에서 운전시

운전상 95%전압이라도 출력에 따라 진상 또는 지상이 될 수 있으므로

지상(과여자)인 경우는 출력은 전기자 전류가 정격치가 되도록 전압저하분에 따라 감소시킨다.

진상(부족여자)인 경우는 고정자 철심의 단부과열을 방지하기 위하여 더욱 엄격히 제한하여 출력은 전압 강하분의 2승에 비례하여 감소시킨다. 즉 90%전압에서 출력은 81%까지 감발시킨다.

(2) 정격전압 105%이상에서 운전

정격전압의 105%이상 과전압 운전에 있어서는 자기회로의 과포화를 피하기 위해 제한치를 설정하고 있다. 과여자 운전의 경우 고정자 철심 내에서 철손

이 증가하여 과열의 원인이 된다.

사. 비정상 주파수 운전

정격 주파수 이외의 주파수에서의 운전은 발전기 측 보다 터빈측에서 엄격히 제한되어야 한다. 터빈발전기의 변동주파수 운전중에서 저주파 운전이 가장 문제가 된다. 저주파 운전시 저압 터빈 최종날개 단에 진동 증가, 회전수 강하에 의한 냉각성능 저하, 자기회로 과포화(V/Hz) 및 계자전류 증가에 의한 회전자권선 온도상승 등이 문제가 된다.

그러나 주파수(회전수)저하시 출력을 제한하면 수 시간 정도의 저주파 운전은 허용된다.

아. 불평형 부하운전

발전기를 불평형 부하 또는 단상부하에서 운전하면, 고정자 권선에 역상전류가 흐른다. 이 역상전류에 의한 회전자계는 회전자의 회전방향과 반대로 되기 때문에 2배 주파수의 와전류가 회전자 표면, 회전자갯지에 흘러 회전자가 과열된다.

역상전류에 의한 회전자 과열을 방지하는 방법은 와전류가 국부적으로 흐르지 않도록 하는 것과 와전류 회로가 되는 부분에 접촉저항이 적게 되도록 하는 것이다.

6. 발전기 보호회로

발전기 보호계전방식으로는 그 보호목적에 따라 여러 가지 방식이 확립되어있다. 이들 각개의 보호방식에 대한 설명은 생략하고 다만 소개하는 것으로 하고자 한다.

가. 고정자 권선의 단락·지락보호

- (1) 비율차동 계전방식
- (2) 과전류 계전방식
- (3) 지락과전압 계전방식

나. 고정자 층간단락보호

다. 계자권선의 지락보호

라. 불평형고정자 전류에 의한 회전자의 과열보호

마. 계자상실 보호

바. 발전기의 모우터링 보호

사. 발전기의 과전압보호

아. 기계적인 보호

- (1) 과속도 보호
- (2) 축수과열보호

소화가스를 연료로한 Cogeneration System

본 자료는 일본 열병합발전센터자료에서 발췌·번역한 것임.

1. 서 언

당 공장은 1969년에 맥주공장 조업을 개시하여 환경조화형의

「Eco-Brewery」를 목표로 생산활동을 개시하였다.

맥주제조는 전기와 연료를 다량 사용하는 공정으로 구성되므로서(당공장은 열·전기 공히 제1종에너지관리 지정공장임) 지구온난화 방지 교토회의에서 구체적인 CO2 삭감목표가 제시되었고 품질 제일과 함께 환경개선, 경제성, 생산에 투입되는 자원에너지량의 저감을 위한 노력을 기울이고 있다.

1997년 폐수처리에 혐기성미생물을 이용한 USB (Upflow Anaerobic Slandge Blanket)법을 채용하였다.

이것은 종래의 호기성 미생물을 이용한 활성오니법과 비교하여 전력소비량, 잉여오니발생량이 적을 뿐만 아니라 소화가스(메탄가스가 주성분)가 발생하여 이것을 공장의 연료로 이용가능하기 때문이다.

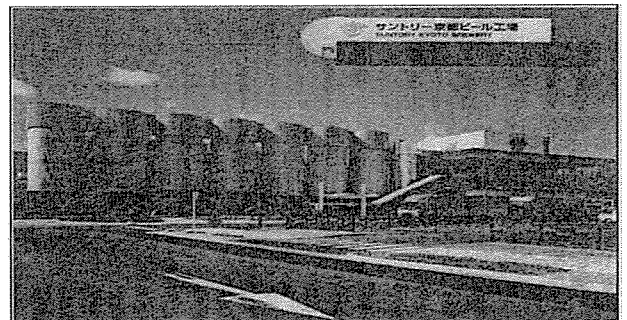


그림-1 京都工場