

분산형 전원의 종류 및 개발 현황



에너지자원기술개발지원센터
공학박사 고 요

1. 개요

우리나라는 선진국에 비하여 부하율이 높은 편이나 1990년도에 부하율이 77.7%이던 것에 비하여 1995년 70.6%로 저하하는 등 선진국의 부하율 추세를 닮아가고 있다. 선진국중 부하율의 저하가 심한 나라는 일본으로 1990년 부하율이 70.8%이던 것이 1995년 55.2%로 급격히 하강하였다. 반면에 미국, 프랑스, 대만등은 부하율이 1995년 기준 61.2~67.5%로 우리나라 보다 별로 낮지 않는 현상을 보이고 있다.

그러나 우리나라의 지형이 일본과 비슷한 중형 구조인 것을 고려하면 우리나라도 부하율 문제에 대하여 방심할 수 없으며, 매년 겪는 전력예비율의 저하는 갈수록 심각하리라는 예견이다.

이러한 전력예비율이나 부하율 문제를 공급측관리(SSM : Supply Side Management)로만 해결하는 노력은 이미 구시대의 산물이 되고 말았다. 요즈음에 와서는 이러한 문제를 통합자원계획(IRP : Integrated Resources Plan)이라 하여 수요측관리(DSM : Demand Side Management)와 공급측관리를 통합하여 관리하는 방향으로 나아가

고 있다.

결국 부하율이나 전력예비율의 문제는 이제 수요측관리에 더 초점을 맞추게 되었고, 이의 방안으로는 분산형전원의 도입과 부하관리, 에너지절약 등이 있다.

여기에서는 부하율 개선을 위한 분산형전원에 대하여 기술하고자 한다.

$$\text{부하율} = \frac{\text{평균전력}}{\text{최대전력}} \times 100$$

※ 년 부하율 : 부하율은 주로 년 부하율을 나타내는데, 이는 년 최대전력에 대한 연간 평균전력의 비로 전력설비 투자의 효율성을 나타내는 지표이다.

2. 분산형전원의 종류

가. 분산형전원의 정의

분산형전원(DSG : Dispersed Storage and Generation)이란 영문의 정의대로 대용량의 집중된 전원(Bulk Power)의 수력발전, 화력발전, 원

자력발전, 양수발전이 아닌 소용량의 분산된 전력 저장장치와 발전설비를 의미한다.

분산된 전력저장장치에는 초전도전력저장(SMES : Superconductivity magnet Energy Storage System), 전지전력저장(BESS : Battery Energy Storage System), 압축공기저장(CAES : Compressed Air Energy Storage System), 플라잉휠에너지저장 등이 대표적인 것들이 있다.

아울러 분산된 소용량의 발전장치에는 열병합발전과 신재생에너지에 의한 발전이 있다. 열병합발전의 경우 제철소와 같이 대규모의 부생가스를 이용한 열병합발전은 분산형전원으로 보기 어렵고, 지역열병합, 규모 정도에서 수 kW의 가스터빈열병합발전을 분산형전원으로 간주하며, 신재생에너지에 의한 분산형전원은 태양광발전, 풍력발전, 소수력발전, 연료전지발전 등이 대표적인 것이다.

나. 열병합발전의 종류

열병합발전시스템(Cogeneration System 혹은 CHP : Combined Heat and Power)은 하나의 에너지원으로 부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템으로 발전에 수반하여 발생하는 배열을 회수하여 이용하므로 에너지의 종합 열이용효율을 높이는 것이 가능하기 때문에 산업체, 민생용 건축물등의 전력 및 열원으로서 주목받고 있다.

이러한 열병합발전의 종류에는 가스엔진 열병합시스템, 가스터빈 열병합시스템, 증기터빈 열병합시스템, 가스 및 증기터빈 복합발전시스템 등이 있다.

(1) 가스엔진 열병합시스템

가스엔진 열병합시스템의 특징에는 열효율이 높

다. 신뢰성, 안전성이 뛰어나다. 가스 연료를 사용하므로 엔진 수명이 길고, 메인テナンス가 쉽다. 발전규모는 15kW에서 2,000kW 이상의 대용량 수요에도 대처가 가능하다는 등이 있다. 그리고 가스엔진은 냉각수로 부터 온수를 회수하고, 배가스로 부터는 증기 또는 온수를 회수할 수 있으므로 종합 열효율이 높다.

(가) 온수회수시스템

냉각수계와 연소 배가스계로 부터 약 85℃ 전후의 온수를 회수하여 냉난방, 급탕등의 열수요에 대응하는 것이 일반적이다.

(나) 증기·온수회수시스템

냉각수계로 부터는 온수를, 연소 배가스계로 부터는 고압 증기를 회수하여 고압증기의 수요에 대응이 가능하고, 특히 근래에 냉방용으로 많이 채용되고 있는 2중 효율 흡수식 냉동기의 구동용 열원으로 사용이 가능한 시스템이다.

(다) 증기회수시스템

냉각수계로 부터 회수되는 온수를 배가스 보일러에 급수되도록 하므로써 고압증기를 생산하여 고압증기의 수요에 대응이 가능하도록 할 수 있고, 특히 근래에 냉방용으로 많이 채용되고 있는 2중 효율 증기흡수식 냉동기의 구동용 열원으로 사용하므로써 냉·난방이 가능하다.

(2) 가스터빈 열병합시스템

가스터빈 열병합시스템의 전형적인 특징은 공냉식이므로 냉각수가 필요없다. 운전음의 주체가 고주파이므로 방음이 쉽다. 고온의 배가스를 이용하여 증기를 회수할 수 있으며 회수된 증기를 프로세스 증기 또는 2중 효율 흡수식 냉동기의 열원으로 사용이 가능하다. 발전규모는 주로 500kW급 이상의 수요에 대응이 가능하다. 가스터빈 열병합

시스템은 가스엔진 열병합시스템에 비하여 열전비가 크기 때문에 열에너지의 수요가 상대적으로 큰 수요처에 적합하다. 그리고 열병합시스템의 효율성은 전력 및 열에너지를 어느 정도 사용하느냐에 관계하므로 수요처의 열전비와 시스템의 열전비를 맞추는 것이 대단히 중요하다. 그러므로 시스템을 도입하기 전에 수요처의 계약조건을 충분히 검토하여 시스템을 선정하여야 한다. 가스터빈을 원동기로 채용하여 열병합시스템을 구성하는 경우에는 배열원이 배기가스밖에 없으므로 비교적 간단하다.

(가) 증기회수시스템

가스터빈 발전기와 배열회수 보일러로 구성되며 증기압력은 통상 8~15kg/cm³ G이며, 증기의 용도에 따라서 고압증기의 공급도 가능하다. 증기는 공장용 프로세스 증기, 지역열공급 설비의 과열증기 등으로 사용된다. 폐열보일러의 후단에 급수 과열기 또는 온수히터를 설치하면 배열회수 효율을 향상시킬 수 있다.

(나) 증기이용 냉·난방시스템

폐열보일러에서 회수된 증기를 증기흡수식 냉동기와 난방용 온수 히터의 열원으로 사용하는 시스템으로 전술한 증기회수 시스템을 공조용으로 사용하는 것이다.

(다) 배가스 직접이용 냉·난방시스템

가스터빈 배가스를 배가스 직접흡수식 냉온수기의 열원으로 사용하는 것으로 냉방출력을 위하여 COP=1.16 정도의 냉온수기의 채용이 고려되는 경우가 많다.

(3) 증기터빈 열병합시스템

보일러·증기터빈을 이용한 열병합 방법은 이전부터 자가발전 설비를 가진 제철소, 화학공장 등에서 많이 채용되어 왔다. 또한 발전 대신에 압축

기 또는 펌프를 구동하는 시스템도 석유화학 플랜트 등에서 채용되고 있다.

그리고 근래에는 도시소각장에서 소각로에서 발생한 증기를 이용하여 터빈발전기를 돌려서 소내 전력을 공급하는 잉여열을 이용하여 온수풀(POOL)의 가열이나 소내의 급탕이나 공조등에 이용하고 있다.

증기 원동기는 물을 작동매체로 하는 외연기관이므로 연료의 선택이 자유로워서 기름, 가스, 석탄, 목탄외에 바이오 가스의 이용도 가능하다는 장점이 있다. 그러나 열기관의 자동온도를 한없이 높이는 것은 어렵기 때문에 작동유체인 증기는 온도에 비하여 압력을 높일 수밖에 없다. 따라서 열효율을 높이기 위하여는 고압보일러를 필요로 하게 되어 가격이 상승한다는 문제와 소출력에서는 터빈 내부의 유동손실이 증가하여 효율이 낮다는 문제가 있다.

그러나 증기시스템은 작동유체가 증기뿐이므로 터빈의 배기를 그대로 프로세스 증기로 공급이 가능하고 시스템의 중간에 터빈을 설치하여 보조시스템을 만들 수 있다는 많은 장점을 가지고 있기 때문에 대규모 복합발전플랜트에 많이 채용되어 왔다.

(4) 가스 및 증기터빈 복합발전시스템

가스터빈 열병합시스템의 폐열회수보일러에서 생산되는 증기를 증기터빈에 흘려서 전기를 생산하고 증기터빈의 배기증기를 프로세스 증기, 급탕 및 난방 또는 냉방용 열원으로 사용하는 열병합발전시스템을 복합발전시스템이라고 부른다. 본 복합발전 방식은 시공이 간편하고 효율이 매우 높으며 환경에 미치는 영향이 적고, 기동 및 부하추종성이 우수하다는 등의 많은 장점을 가지고 있다.

그리고 이러한 방식은 가스터빈만을 단독으로 운전하는 것도 가능할 뿐만 아니라 가스터빈 및 증기터빈의 조합방법에 따라서는 설비의 연속운전도 가능하기 때문에 시스템의 고효율 운전이 가능하다는 장점이 있다. 본 발전방식은 산업체 뿐만 아니라 지역난방 등에 광범위하게 채택되고 있는 발전시스템이다.

다. 신재생발전의 종류

(1) 태양열

태양열을 에너지로 이용하기 위하여는 에너지를 모으는 집열기술(집열판)과 모은 열을 저장하거나 변환하는 기술(축열탱크)이 필요하며 이를 이용처에 편리한 구조로 제품화 하고 있다. 가정이나 점포 등에 많이 보급되고 있는 태양열온수기는 집열판과 축열탱크가 일체식으로 조립되어 지붕위에 쉽게 설치하여 온수를 이용할 수 있어 년 4~5만대씩 보급되고 있으며 많은 양의 저온수를 필요로 하는 양어장, 목욕탕, 골프장 등에는 넓은 면적의 집열판군과 집열탱크 및 열교환기 등을 보조열원(보일러)과 연결 설치하여 온수를 공급하고 있는바 골프장의 경우는 건축법 제93조에 의해 설치가 의무화 되어 있다.

(2) 태양광

태양광발전은 반도체 PN 접합으로 구성된 태양전지에 태양광이 입사되면 광기전력(Photovoltaic effect)에 의해 기전력이 발생하고 이때 외부에 접속된 부하에 전류가 흘러 전력이 생산된다. 이 전력을 직접 이용하거나 축전지에 저장하여 필요시 이용하는 기술로 한전계통선 이용이 어려운 등대, 통신 및 기상용 전원, 태양광 가로등, 도로표시,

시계탑 등 특수분야에 주로 이용되고 있으며 최근에는 소규모 도서지역에 중소규모의 태양광발전소를 건설하여 주민 생활용 전원으로 이용되고 있는 등 이용범위가 넓어지고 있다.

(3) 폐기물

폐기물소각열 이용시설이 약 700여개소가 설치 가동중에 있으며 최근에는 폐기물처리를 주목적으로 하고 집단열 공급도 병행하기 위한 대규모 도시폐기물 소각장도 지역별로 건설되고 있다. 또한, 폐기물로 액상 또는 고상의 연료를 생산하여 에너지로 공급하는 기술로 개발되어 일부 실용화 되고 있다.

(4) 바이오

바이오에너지는 모든 유기성 폐기물을 에너지자원으로 활용할 수 있는 기술로서 '80년대 부터 축산폐기물등 유기질 폐수를 혐기성 처리를 하여 이때 발생하는 메탄가스를 연료로 이용하는 기술이 개발되어 일부 축산농가와 오·폐수 처리장, 주정공장, 식품공장 등에 설치 이용되고 있다.

(5) 풍력

풍력발전은 '90년대들어 대형화 되어 경제성 있는 1MW급 풍력발전시스템이 개발되고 있으며 우리나라에는 30kW~250kW 규모의 외국기술이 도입·설치되어 가동중에 있고 300kW급이 국산화, 실용화 단계로서 앞으로 해안이나 산간지역 등에 많은 풍력단지 건설이 계획되고 있다.

(6) 소수력

현재 18개의 소수력발전소(시설용량 : 35,574 kW)가 건설되었으며 약 110여개의 소수력발전

유망지역이 조사되고 있으나 초기투자비가 많아 투자가 지연되고 있다.

(7) 연료전지

무공해, 무소음 장치로서 공해가 거의 없을 뿐만 아니라 다양한 용량으로의 제작이 가능한 21세기의 새로운 첨단 발전기술이다. 연료전지는 전해질 및 작동온도에 따라 인산형 연료전지, 용융탄산염 연료전지, 고체산화물 연료전지, 고분자 전해질 연료전지 및 알칼리 연료전지 등으로 분류되고 있다. 미국이나 일본은 막대한 연구비를 투자하여 일부 기술을 상용화 되고 있으며 우리나라도 중점 기술개발과제로 지원하고 있어 2000년대에는 많은 빌딩이나 공장 등에서 소형 열병합발전용으로 이용이 가능할 것으로 기대되고 있다.

(8) 석탄액화가스화

석탄가스복합발전기술(IGCC)과 석탄에 수소를 첨가시켜 기체연료보다 에너지밀도가 높은 액체연료를 제조하는 『석탄액화기술』 등이 개발되고 있다. 석탄가스복합발전 기술은 고효율이면서 환경보전성이 우수하기 때문에 미국·독일·일본에서는 일부 실증플랜트를 시험운전하여 상용화를 추진하고 있으며 석탄액화분야는 기초반응연구 및 합성촉매개발, 소규모 반응장치(0.1톤/일) 등이 연구개발되고 있다.

(9) 기 타

저열 및 수소에너지등이 있으며 수소에너지는 무한자원인 물을 원료로 제조하고 사용후엔 다시 물로 재순환되는 미래의 에너지원으로 수송과 저장에 용이하나 안전성과 제조기술의 효율이 낮아 현재는 경제성이 낮은 초보적 단계이나 향후에는

가능성이 큰 기술이다.

라. 전력저장의 종류

(1) 양수발전

발전소의 상부와 하부에 저수지를 갖고, 야간과 휴일 등의 기저부하시에 잉여전력을 이용해서 물을 하부저수로 부터 상부저수지로 이동시켜 놓고 평일의 주간 피크시에 상부저수지의 위치에너지를 이용해서 발전하는 방식으로 널리 실용화 되고 있는 전력저장기술이며, 에너지저장효율은 60~70% 정도이며, 대용량(수 GWh) 집중배치형의 전원

(2) 초전도 자기 에너지저장

전기저항 0의 초전도코일에 전류를 통하면 자기 에너지 형태로 축적되는 성질을 이용한 에너지저장방식으로 전력변환기 및 저장부의 손실이 극히 적은 것이 특징이며, 에너지저장효율이 90% 이상으로 예상된다. 용량은 수 MW의 소용량으로 부터 수십 GW의 대용량까지 가능하고 수~수십 ms의 입출력 발전이 가능하여 속응성이 높다. 극저온 냉동을 위한 냉동액화기가 필요하며, 초전도 상태가 파괴되는 켄치현상의 대책이 필요하다.

(3) 플라이휠저장

회전자의 회전에너지로 전력저장을 하며, 비상용전원이나 핵융합장치전원등의 소규모인 것은 이미 실용화 되었다. 회전자의 회전에 따른 동력손실이 존재하고, 초전도방식이나 자기베어링방식을 활용하면 손실 저감이 가능하다. 입출력 속응성이 높아 긴급한 부하 변동에도 대응이 가능하며, 회전자 재료, 축반이 장치, 주파수 변동장치 등의 효율향상 등이 과제이다.

(4) 압축공기저장

기저부하시의 잉여전력을 이용해서 압축공기를 만들어 지하공동 등에 저장해 놓고, 최대부하시에 연료와 동시에 연소시켜 가스터빈을 돌려서 발전하는 시스템으로서 발전시만을 고려하면 같은 투입연료에서 통상의 가스터빈에 비해 2~3배의 전기출력을 얻는 것이 가능하다. 압축공기의 저장은 압력이 40~80 기압으로 높기 때문에 지상설치의 저장시설은 경제성 및 용지 취득면에서 어려운 점이 많다.

(5) 전지전력저장

양수발전소 다음으로 가장 실용화 단계에 도달해 있는 시스템으로 대상전지에는 개량형 연축전지, 나트륨-유황전지, 아연-브로마이드전지, 아연-염소전지, 레독스플로우 등이 있다. 에너지저장효율은 양수발전 동등 이상으로 70~85%에 이를 것으로 전망되며, 규모는 수~수십 MW의 소용량 분산배치형이다. 소음이나, 진동, 배출물이 적어 환경보전성이 우수하고, 입지상의 제약도 적으며, 도시의 배전용 변전소 등의 부하중심부에 분산 배치되는 것이 예상된다. 적당한 분산 배치에 의해 송배전설비의 신설이나 증설을 지연시키고 송전손실의 경감, 공급신뢰도의 향상 등이 가능하다.

3. 대체에너지기술 개발 현황 및 전망

가. 개요

1996년 우리나라는 OECD에 가입함으로써, 기후변화협약 이행 우선국으로 지정될 전망이다. 기후변화협약은 비록 환경에 관한 것이긴 하지만 환

경과 에너지는 밀접한 관계를 유지하고 있으며, 이에 따라 환경에 가장 큰 영향을 주는 에너지의 저공해, 고효율, 신재생적 이용이 불가피하게 될 설정이다.

이러한 국가외적인 상황외에도 내부적으로 '96년 \$240억 가량의 에너지를 수입하여 에너지 다소비국으로 주목받고 있는 우리나라는 에너지절약과 신재생에너지의 보급 확대에 주력을 기하여야 할 시점에 와 있다.

에너지절약의 문제는 과거의 “한집 한등 끄기 운동”과 같은 구태의연한 슬로건으로 해결할 수 있는 문제가 아니고, 고효율기기의 개발과 최저효율제 등의 도입이 필요한 실정이다.

대체에너지는 그 보급량이 미미하고, 생산원가가 화석에너지 보다 고가여서 아직은 주목을 받지 못하고 있지만, 화석연료가 고갈된 후 수소에너지나 핵융합에너지가 개발·보급되기 전까지 인류의 에너지원으로 이용될 전망이다.

대체에너지는 신재생에너지로도 분류되며, 여기에는 태양열, 태양광, 바이오, 폐기물, 풍력, 소수력, 수소, 연료전지 등의 분야가 있다.

우리나라의 에너지환경이 어떠한 처지에 있는지에 대하여는 새삼 설명할 필요가 없을 정도로 경제적, 환경적, 사회적으로 어려운 형편이 되고 있으나 작년 하반기부터 이와같은 에너지절약 문제가 이슈가 되어 국무총리실에 「에너지절약대책위원회」가 설치되어 국가적으로 대처하면서 「에너지절약 60대 과제」를 중점적으로 추진하고 「에너지기술개발10개년계획」을 수립 시행하는 등 에너지 문제 해결을 위한 다각적인 노력을 하고 있는 실로 다행스런 일이다.

우리나라에서 기술개발시 이용가능한 신·재생 에너지원으로는 태양에너지(태양열 및 태양광),

폐기물 및 바이오에너지, 풍력, 연료전지, 석탄의 액화·가스화기술 등을 생각할 수 있으며 이들중 일부는 상용화 보급되고 있어 '95년도에 약 908천toe를 이용 총 에너지 이용량의 0.6%를 점유하고 있는바 현재까지의 신·재생에너지에 대한 분야별 기술개발내용과 이용현황 및 실용화 가능한 기술 등을 알아본다.

나. 기술개발 지원현황

(1) 기술개발 대상

대체에너지개발촉진법 제2조에 규정된 바에 따라 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지로서 태양에너지(태양열 및 태양광), 바이오에너지, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄액화·가스화, 해양에너지, 폐기물에너지, 기타에너지(수소, 지열 등)에 관련된 기술에 대한 연구개발사업을 지원하고 있는바 금년부터 2006년까지 추진되는 「대체에너지기술개발 기본계획」에 의하면 태양열, 태양광, 연료전지 및 석탄가스화복합발전기술(IGCC) 등 선진국과의 기술경쟁 가능성이 많고 에너지수

급 기여도가 클 것으로 예상되는 분야를 중점기술 개발분야로 지정하고 전문가 그룹의 사업단을 구성하는 등 다른 분야에 비해 중점적으로 기술개발을 추진키로 하고 있다.

(2) 미래의 신에너지 이용전망

환경과 에너지 문제가 국가경제에 차지하는 역할이 증대됨에 따라 에너지원의 다변화 및 장기안정적 공급과 환경보전이 요구되고 있고 신재생에너지는 대부분 무한한량과 무공해의 청정에너지원이며 에너지기술개발을 본격적으로 추진하고 있어 점차적으로 대체에너지 이용분야나 공급량이 증가될 것으로 예상되며 2006년까지 총 에너지 수요의 2% 이상을 충당하기로 한 목표는 무난히 달성될 것이다. 이를 위해서는 에너지기술개발을 차질 없이 추진하고 실용화 보급사업과 이용시설 설치자에 대한 융자지원 규모와 방법을 확대·개선해 나가야 할 것이며 신재생발전실증연구나 생산된 전력의 한전 의무구매제도의 도입 등 정책적 지원을 아끼지 말아야 할 것이다.