

특집 : 분산전원의 기술동향

태양광발전을 이용한 차세대 분산형전원용 다기능·고효율 PCS 기술 동향

최 주 업*, 유 권 증**

(*광운대 교수, **에너지기술연구원 책임연구원)

1. 개요

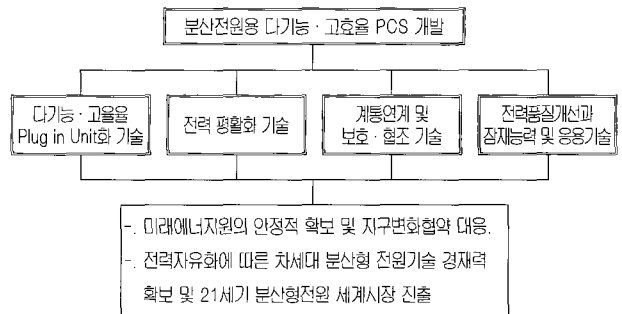
미래에너지원의 안정적 확보와 지구환경문제, 전력수요증대에 대응이 절실히 요구되는 최근의 세계전력시장은 미국 등의 선진국을 중심으로 태양광발전, 연료전지, 풍력발전, 천연가스를 이용한 마이크로 가스터빈 등과 같은 대체에너지를 이용한 분산형전원 기술개발이 급속히 추진되고 있다. 향후 대체에너지를 이용한 분산형전원이 전력계통에 다수 연결될 것으로 예상되는 바 전력계통에 양질의 전력을 공급하기 위해서 공통·핵심요소기술인 전력변환 제어기술 즉 PCS(Power Conditioning System)의 다기능·고신뢰·고효율화 기술이 매우 중요하며, 국내전력시장의 자유화와 함께 미국 일본 등의 국내전력시장 진출에 대비하여 분산형전원시장의 주도권 확보를 위한 기술개발이 절실히 요구되고 있다.

대체에너지를 이용한 차세대 분산형 전원의 확대보급으로 에너지 빈국인 우리나라의 미래에너지원의 안정적 확보 및 지구변화협약에 대응할 수 있으며, 전력수요의 양극화현상에 대한 전력 Peak-Cut, Peak-Shift, Bottom-up효과, 송전선로 건설비와 송전손실의 절감효과, 전력수급계획의 Lead-time 장기화에 따른 대책효과, 대체에너지를 이용한 21세기 분산형전원의 신규 세계시장의 기술 선점 및 시장창출 효과 등을 기대할 수 있다. 표 1은 연구가 이루어질 경우 개발된 기술이 5년후(2006년이후)에 기술 경쟁력을 갖출 수 있는 분산형전원용 PCS기술의 구성을 나타낸 것이다.

대체에너지를 이용한 분산형전원에서 발전된 DC전력을 AC전력으로 역변환하여 계통 연계하는 분산형전원용 고기능·고효율 PCS기술로서 주요 핵심기술 연구는

- ① 다기능·고효율 Plug in Unit형 PCS(Power Conditioning System) 개발

- ② 대체에너지를 이용한 차세대 분산형 전원의 계통연계 및 보호협조 기술개발
- ③ 분산형전원에 신형축전장치를 이용한 전력 평활화 기술 개발
- ④ 분산형전원에 의한 전력품질개선(전압변동, 주파수변동, 고조파발생 등의 억제) 기술개발
- ⑤ 대체에너지의 부가가치 및 잠재능력 향상기술과 응용기술 개발



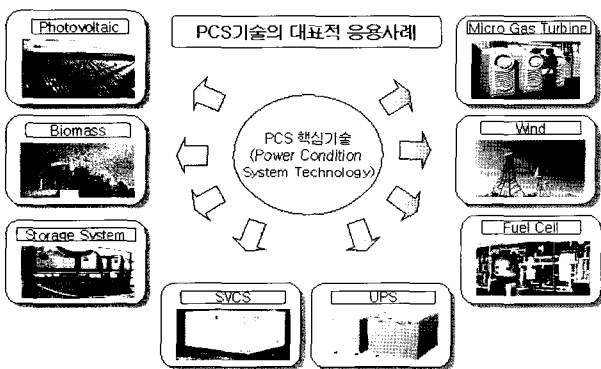
2. 기술의 중요성

2.1 기술의 기반성

일반적으로 전력공급시스템은 원격지의 대규모 발전소(원자력발전이나 화력발전 등)를 전제로 구성되고 있다. 그러나 최근 대규모 발전소의 스케일 매리트 둔화, 지구환경문제와 에너지원의 다원화에 의한 에너지 안정적 확보를 위한 무한정·청정한 태양광발전, 연료전지발전, 풍력발전, 천연가스 등과 같은 대체에너지를 이용한 분산형전원기술의 중요성이 부각되고 있다. PCS기술은 전력전자기술을 구사하는 기술로서 고성능 전력용 반도체소자의 개발, New-Topology를 채택

표 1. 분산형전원용 PCS기술 구성

전력원에서 계통연계점까지의 PCS기술	분산전원의 종류	분산전원용 PCS의 특징
DC전원→AC전원으로 전력변환/연계	태양광발전	일사강도에 의한 자동기동·정지, 태양전지의 최대전력점 추종제어 기능
	연료전지발전	출력전류에 의해서 전지전압이 변화하기 때문에 PCS에 추종제어기능 추가
	전지전력저장	충·방전에 대응하여, AC와 DC의 쌍방향의 전력교환. 출력전류에 의해 전지전압이 변화하기 때문에 PCS에 추종제어기능 추가.
AC전원→DC전원으로 변환→AC로 재변환/연계	가변속풍력발전	풍속의 변동을 회전에너지로 흡수하여 출력변동을 억제
	마이크로터빈발전	고주파의 AC출력을 DC로 변환하여 상용주파수 AC전력으로 역변환.
AC연계	가변속 2차여자 플라이휠	여자전류의 주파수를 인버터로 변화시켜, 회전자 회전수가 바뀌어도 동기운전을 유지.
	유도기풍력발전	유도기를 계통에 투입하는 순간의 과도전류를 리액터나 싸이리스터 소프트 스타트로 억제.
	디젤엔진발전	동기발전기를 사용



전력계통, 가전·민생기기, 정보기기, 전기자동차, 대체에너지를 이용한 분산전원용 PCS 등 전력을 이용하는 모든 분야에서 전력변환기술 즉 PCS기술이 도입되고 있다. 분산전원용 PCS의 고기능·고효율·고신뢰성에 대한 기술개발과 분산형전원을 전력계통에 연계 할 경우 전력 품질을 유지 할 수 있는 출력 평활화기술, 계통연계 및 보호협조, 전력품질개선, 부가가치 및 잠재능력 향상 기술에 대한 연구개발이 필수적이다. 분산형전원의 도입이 본격화되면 35~50%의 전력 Peak-cut 효과를 기대할 수 있고, 2006년에 국가 총에너지 소비의 2%를 대체에너지로 보급한다는 보급목표 달성과 기후변화협약 대응에 크게 기여할 것이다.

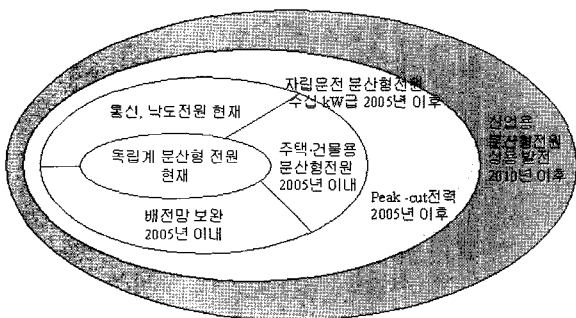


그림 1. PCS 기반기술 분산형전원에서의 파급효과

한 회로방식 및 μ 프로세서 등의 기술발전에 의해 전력전자기술은 눈부신 발전을 하게되어 고효율의 응답성이 뛰어난 전력변환이 가능하게 되었다. 이 때문에 일반산업, 전기철도,

2.2 기술의 핵심성

대체에너지를 이용한 분산형전원의 핵심기술인 고기능·고효율 PCS기술 개발을 종합적으로 추진하여 실용화함으로써 미래에너지원의 다원화와 지구환경문제, 전력산업의 자유화에 의한 대체에너지를 이용한 분산형전원의 신규시장 탄생(ex:태양광발전을 이용한 분산형전원 세계 시장규모 2010년 150억US\$/yr 예측)등에 대한 대응과 국가 기술력향상에 공헌하고자한다. 태양광발전 및 풍력발전, 천연가스 등의 대체에너지로 발전하는 분산형전원의 핵심기술을 대체에너지로 발전된 양질의 전력을 안정되게 계통에 공급할 수 있는 고기능·고효율 PCS기술과 전력계통에 연계하는 계통연계기술이다. PCS기술은 전력품질개선을 위한 기능의 다양성 및 고효율, 고신뢰성기술, 시스템의 저가화 및 소형·경량화를 위한 PCS의 Plug in Unit화 기술 등의 연구가 요구되고 있으

며, 계통연계기술은 전압변동, 계통연계 및 보호협조, 고조파 발생, 주파수변동 등에 대한 전력 평활화 대책기술의 연구가 요구되고 있다. 이러한 기술들은 분산형전원의 대량 확대 보급을 위한 성능 및 신뢰성, 수명 등을 좌우하는 중요한 핵심 기술이며, 선진국에서는 2005년 이후 시장 형성이 가속화 할 것으로 예상하고 분산형전원의 계통연계지침을 제정하여 PCS에 대한 인증시험제도를 도입하고 있다.

3. 국내외 기술동향 및 수준

3.1 국외 기술동향 및 수준

1990년대 후반에 미국의 NREL, GE사, Omnion사, Echelon사, 일본의 전력중앙연구소, Toshiba, Fuji, Mitsubishi, 유럽의 Trace사, 필립스사 등의 연구소, 기업들은 태양광발전, 연료전지발전, 마이크로터빈발전, 전력저장 시스템과 같은 분산전원용 PCS에 대한 연구개발에 성공하여 분산전원의 실증연구를 추진하고 있으며, 가까운 장래에 상품으로 보급될 전망이다. 특히 분산형전원 중에서도 실용화에 근접해 있는 태양광발전용 PCS와 연료전지의 PCS는 Toshiba가 태양광발전용 3kW 및 연료전지용 200kW급 PCS의 정격에서 전력변환효율 94%를 달성하여 세계최고의 기술수준을 가지고 있으며, 태양광발전용의 PCS에서는 미국의 Omnion사가 정격 1/2에서 전력변환효율 90% 이상, 정격에서 95%의 3kW급을 개발하였다. 또한, 시스템의 양산효과에 의한 Cost 저감 및 증설용이라는 관점으로부터 PCS의 Plug in Unit화가 추진되고 있다. 대체에너지를 이용한 분산전원용 PCS운전은 정격에서 운전되는 것보다는 낮은 부하율에서 운전되는 경우가 대부분으로 정격의 1/4에서의 전력변

환효율이 85% 이상을 유지하는 기술과 소형경량화와 신뢰성 확보를 위한 절연 Transless화에 따른 직류유출방지기술, 단독운전검출기술, 대체에너지의 에너지 불균일성에 따른 에너지출력의 평활화기술, 전력품질개선기술 등의 연구가 분산형전원의 확대보급을 위하여 선진국을 중심으로 활발히 진행 중에 있어, 5년후에는 기술경쟁력이 심화될 것으로 예상된다.

3.2 국내 기술동향 및 수준

분산전원으로서 실용화에 가장 근접하고 있는 태양광발전 시스템은 정부의 대체에너지시범보급사업으로 전남 여천군 하화도의 60kW급을 비롯하여 7~8개 미전화 도서에 설치운전하고 있으나, UPS시스템을 개조하여 사용하고 있기 때문에 기능·신뢰성 등에서 충분치 못하다. 분산전원용 계통연계형 PCS 기술개발은 본 연구팀을 중심으로 연구가 진행되고 있으나, 기초연구단계에 머물고 있다. 분산전원용의 PCS에 필수적인 단독운전검출기술, 낮은 정격에서의 고효율전력 변환기술, 에너지출력의 평활화 기술, 양산효과를 기대할 수 있는 Plug in Unit화 기술, 소형·경량화 및 저가화를 위한 절연 Transless화 기술 등에 대해서는 기초점도 연구단계이며, 본 연구에서 중점 추진할 태양광발전용 PCS기술과 관련하여 국내의 기술수준을 일본, 미국, 유럽과 비교하여 나타내었다.

4. 기술경쟁력 확보가능성

4.1 국내 연구개발 투자 현황 및 전망

분산형전원용 PCS기술에 대한 국내의 연구개발 투자는 관련기술에 대한 인식 부족으로 지금까지 전무한 상태이다. 그

표 2. 분산전원용 PCS의 기술수준비교

기술분야	세부기술내용	국내수준	국외수준		
			미국 Omnion/NREL	유럽(독일) Simens	일본 NEDO/Toshiba
고기능PCS	- Plug in Unit화 기술	- 중위수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준
	- 계통연계 및 보호협조기술	- 중위수준	- 고도 선진수준	- 선진수준	- 고도 선진수준
	- 부가가치·잠재능력 향상기술	- 중위수준	- 선진수준	- 선진수준	- 선진수준
	- 전력품질 향상기술	- 중상위수준	- 선진수준	- 고도 선진수준	- 선진수준
	- 부하평준화기술	- 중상위수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준
고효율PCS	- 대기전력 저손실 기술	- 중하위수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준
	- 주회로 스택기술	- 중위수준	- 선진수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준
	- 절연 Transless화 기술	- 중하위수준	- 선진수준	- 선진수준	- 선진수준
	- 에너지출력 평활화 기술	- 중하위수준	- 선진수준	- 선진수준	- 고도 선진수준
	- 고효율 전력변환 기술	- 중위수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준	- 고도 선진수준

* 수준 : 기초 < 기반기술 < 하위수준 < 중위수준 < 중상위수준 < 상위수준 < 선진수준 < 고도선진수준

러나, 97년부터 과학기술부의 기관고유사업으로 약 2년과 99년~2000년까지 산업자원부의 대체에너지기술개발사업으로 한국에너지기술연구소에서 부분적으로 PCS의 제어회로 및 주회로 설계·개발, 해석에 관한 연구와 에너지원별 적용검토연구를 본격적으로 시작한 이후, 약 4년 동안에 정부측에서 약 4억, 민간에서 1.5억정도의 미비한 투자에도 불구하고 꾸준한 연구개발을 추진하고 있으나, 기초연구단계에 머물고 있다. 따라서, 선진국을 중심으로 지구환경문제와 미래 에너지원의 안정적 확보를 위한 에너지원의 다원화 및 전력 자유화라는 시대적 흐름으로 차세대 분산형전원기술의 연구 개발이 활발히 전개되는 상황에서 차세대 신에너지원을 분산형전원으로 적용하기 위해서는 핵심기술이라고 할 수 있는 PCS기술의 기능 다양성으로 고기능화, 에너지 변환효율의 고효율화 기술에 대하여 대부분의 관련 산업체들은 선진국과 경쟁을 위해서 현재 보유하고 있는 기반기술을 근거로 신속한 정부차원의 관심과 투자를 통하여 기술의 안정화와 선진화달성을 요청하고 있는 실정이다.

4.2 향후 5년 이내 기술경쟁력 확보가능성

국내에서도 2000년 12월에 전력구조개편에 대한 법안이 국회회를 통과함으로써 전력계통의 다양화와 함께 전력변환장치 전력계통에의 적용이 확대 될 것으로 예상되는 상황에서 대체에너지를 이용한 분산형전원용 PCS기술은 현재 선진국과 비교하여 에너지를 사용하는 수용가에서 요구하는 공급 신뢰도, 전력품질(전압, 주파수, 역률 등)의 측면에서 상당한 기술격차를 인정하고는 있지만, 국내의 분산형전원용 PCS기술개발에 산업분야에서 활용되는 전력변환기술과 현재 당업에서 보유하고 있는 기초기술을 최대한 활용 적용한다면, 5년 이내에 충분히 선진국과 동등한 기술수준에 도달할 것으로 확신한다. 분산전원용 PCS기술은 선진국에서도 지구환경문제와 에너지원의 다원화라는 이슈가 등장하면서 분산형전원의 필요성과 함께 연구개발이 시작된 기술로서 인버터의 출력을 상용전력계통에 연계하는 계통연계기술과 대체에너지의 특성을 고려한 기능의 고도화 및 고효율에 대한 PCS기술은 선진국도 고심하고 있는 연구분야 이기 때문에 향후 5년 동안 정부의 적극적인 기술개발을 지원한다면 5년 이내에 국제시장에서 충분한 기술경쟁력을 확보할 것으로 단언한다.

5. 기술 수요 및 전망(기술의 산업/공공 연관성)

5.1 현재의 기술 수요

최근 국내외의 전력추세는 규제완화의 시대라고 말할 수 있으며, 2010년을 기점으로 분산형전원이 대폭적으로 확실히 확대보급 되고, 현재의 기술로서 실용화 보급되고 있는 태양광발전과 풍력발전, 연료전지, 마이크로가스터빈을 중심으

로 세계 분산형전원시장은 고용인력 약 4만명과 시장규모 약 20조원에 달하고 있다. 분산형전원용 PCS기술은 태양광발전과 연료전지발전, 풍력발전, 마이크로가스터빈발전에서 활용되는 전원기술로서 전체 시스템단가의 25-45%를 차지하고 있다.

· 관련산업체 및 공공기관

산업체	산업체	산업체	공공기관
LG산전(주)	쌍용중공업(주)	삼성전자(주)	한국에너지기술연구원
현대중공업(주)	빅텍(주)	수영전기(주)	한국전기연구원
삼화기연(주)	솔라테크(주)	동방(주)	한국전력연구원
동명전기(주)	효성중공업(주)	파워테크(주)	가스공사
삼성SDI(주)	포톤반도체에너지(주)	한라중공업(주)	에너지관리공단

5.2 향후 기술 수요 전망

분산형전원용 PCS기술은 전력산업의 일부인 분산형전원의 에너지원인 태양광발전, 연료전지, 마이크로가스터빈발전은 출력 전력이 직류이기 때문에 직류를 교류로 변환하는 인버터기술과 인버터의 출력을 계통에 연계하는 계통연계 및 계통보호기술을 겸비한 PCS기술로서 중진기 업체를 중심으로 고기능·고효율·저가화와 신뢰성 향상연구가 21세기 신규 전력시장 탄생에 대비하고 있다.

EPRI(미국전력연구소)는 분산형전원이 2005년부터 2010년까지 미국 신규발전소의 20%를 차지할 것으로 예측하고 있으며, 일본의 통상성 보고에 의하면 분산형전원의 시장확대를 에너지정책에 반영된다면 현재 약 4만명이던 고용인력이 2005년부터 2010년까지 13만명, 시장규모는 현재 약 2조원에서 7조원으로 예측하고 있어, 향후 전력시장의 상당부분을 분산형전원이 잠식함으로써 분산형전원의 시스템 단가의 25~45%를 차지하는 PCS기술 수요는 향후 5년후에는 세계시장 30조원 상당의 시장이 창출되고 국내시장도 전력구조개편과 대체에너지보급정책과 함께 5년 이내에 분산형전원의 점유율 확대가 불가피할 것으로 예측된다. [10]

참고 문헌

- [1] "Distributed Generation : Its Role in Emerging Economies," SENTECH, INC., Report, April 2000.
- [2] "Grid-Connected Renewable-Electric Policies in the European Union," NREL/TP.620, May 1999
- [3] <http://www.ari.co.jp/sentan/> "尖端技術Business File"
- [4] <http://www.miti.go.jp/topic/data/e3275bch.html>
- [5] "The State of the Art of R&D in Distributed

Generation Technologies.” 일본전기학회지, 2000년 3월.

- [6] Photovoltaic Insider's Report, Vol. 19(2), Feb. 2000.
- [7] Paul Maycock, Renewable Energy World Vol 2(4), July 1999.

〈 저 자 소 개 〉



최주엽(崔宙燁)

1983년 서울대 공대 전기공학과 졸업(학사).
1990년 Texas Univ. at Arlington 졸업(석사).
1994년 Virginia Tech. Post Doc. 1995년
~1999년 한국과학기술원 지능제어연구센터 선임연구원. 2000년~현재 광운대 전자정보대 전

기공학과 조교수. 당 학회 편집위원.



유권종(劉權鍾)

1954년 8월 5일생. 1982년 조선대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1985년 일본 KOBE대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1989년~1990년 일본 Fuji 전기(주) 종합연구소 주임연구원. 1997년 일본

전력중앙연구소 객원연구원. 1998년 태양에너지학회 학술상 수상. 1990년~현재 한국에너지기술연구소 태양광발전센터장. 당 학회 학술위원장.