

동 사업계획서는 중소기업 R&D 신청시 사업계획서 작성의 어려움을 해소하고자 제공된 샘플사업계획서임을 숙지하시기 바랍니다.

사업계획서

1. 개요 및 현황

1-1. 개발기술 개요

※ 기술개발의 현황과 필요성을 중심으로 서술하되 필요시 개발 대상기술 또는 제품의 '기본 개념도 등 포함작성

○ 개발기술의 필요성

지구 온난화와 환경오염등의 화석연료의 사용으로 증대되는 문제로 인해 세계적으로 이에 대한 대책을 마련하고자 신재생에너지에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다. 석탄, 석유, 천연가스 등과 같은 화석연료의 사용을 줄이기 위한 신재생 에너지 분야에 많은 연구가 이루어지고 있다. 이에 대표적인 사례로 국내에서는 제주도의 스마트 그리드 실증단지를 운영 중에 있다.

지난 2011년 9월 국내에서 갑작스러운 무더위로 인한 전기부하의 급격한 증가에 예비전력부족에 대한 신속한 대응이 이루어지지 못해 대규모 지역적 정전이 발생하였다. 또한 일본에서는 2011년 대지진으로 인해 발생한 쓰나미와 이로 인한 후쿠시마 원자력 발전소 사고로 인해 빈번히 발생하던 지진으로 인한 전기공급의 피해와는 비교조차 되지 않는 엄청난 피해가 발생하였다. 이러한 피해는 현재까지도 일본에 큰 영향을 미치고 있으며, 이런 문제들을 해결하기 위해 스마트 그리드나 마이크로그리드 또는 분산전원과 같이 기존의 발전소에만 전력을 의존하는 형태에서 벗어나 개별로 전력을 발전 및 저장하는 형태의 ESS(energy storage system)에 대한 관심과 필요성이 증가되고 있다. 이러한 ESS의 경우 종래의 분산전원의 가장 일반적인 형태인 태양광 또는 풍력, 연료전지 등을 사용하는 시스템에 배터리를 연결하여 계통과 연계하는 형태이다. 이는 신재생에너지에서 발전되는 전력을 배터리의 상태에 따라서 충전이 필요한 경우 충전을 하고, 남은 전력을 계통으로 발전을 하는 방식으로 운용된다. 또한, 종래의 계통연계형 분산전원의 경우 계통과의 연계가 이루어지고 있을 경우에 ESS의 경우에는 배터리의 전력을 사용하여 계통의 사고가 발생하여도 독립운전이 가능하여 순간정전 및 단시간 정전에 대하여 백업을 가능하게 할 수 있으므로 중요한 부하들을 보호해 줄 수 있다.

그림 1은 에너지저장장치인 배터리가 없을 경우의 신재생에너지의 발전량과 부하사용량을 나타낸다. 신재생에너지원의 출력과 부하 사용량이 순시적으로 일치하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이러한 불일치는 에너지저장장치인 배터리를 사용함으로써 보완이 가능해지며, 전력공급의 안정성을 상승시킬 수 있다. 그림 2는 에너지저장장치인 이차

전지 NaS 배터리와 신재생에너지원인 풍력 발전을 연계하였을 경우의 순시적 전력흐름을 나타낸다. 그림에서와 같이 불규칙적인 신재생에너지의 발전량은 배터리와의 연계를 통해 일정하고 안정된 전력공급이 가능해지며 앞서 언급한 순시적인 부하증가에도 대처가 가능해진다.

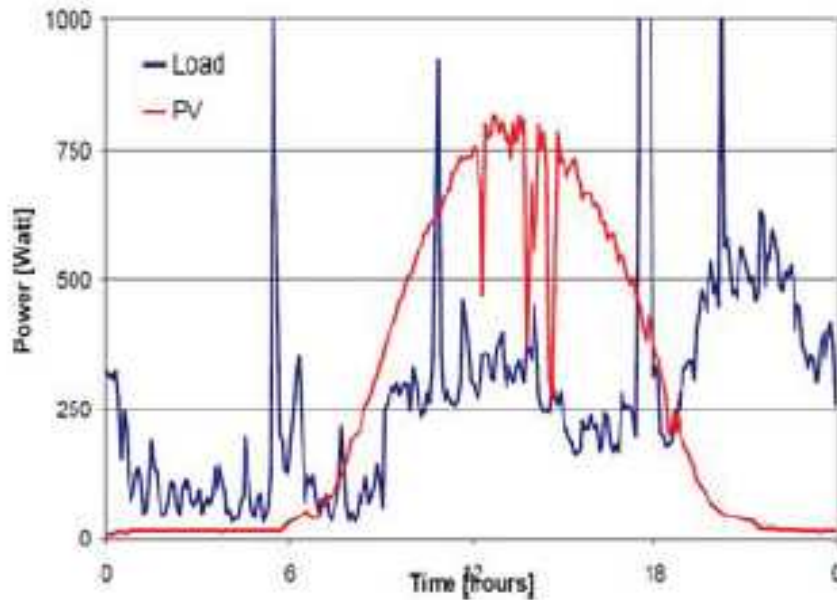


그림 1. PV발전 그리고 부하 사용량 그래프

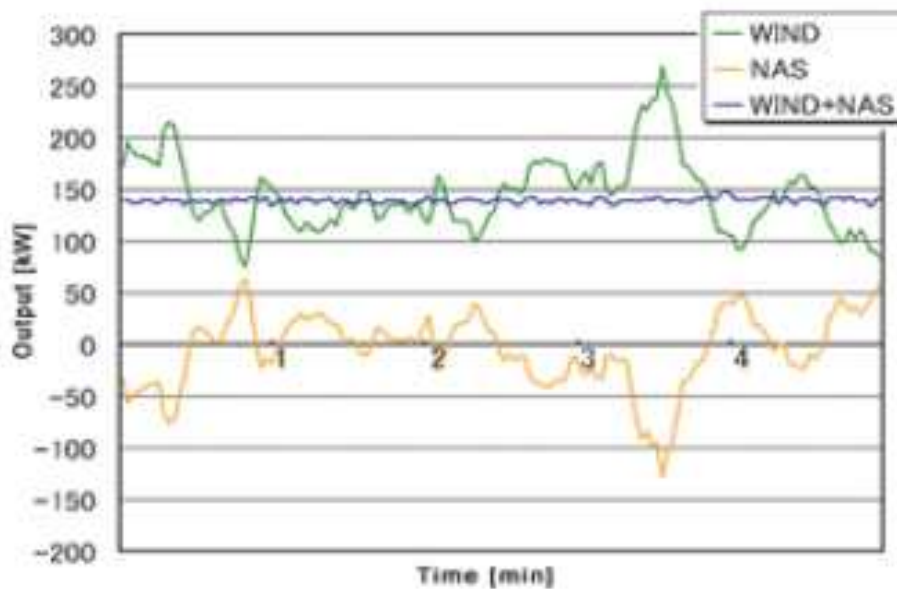


그림 2. 풍력발전기와 ESS를 통한 출력 전력 평준화.

현재 전력계통은 고품질의 전력공급, 선로 상태 감시, 외부 공격에 대한 복구력 증강, 전력 사용량 자동 파악, 피크 전력 수요예측의 다각화 등과 같이 다방면에서 계통의 진보화를 꾀하고 있다. 현재 전력계통의 이슈인 “스마트 그리드”의 개념으로써, 전력 시스템과 IT 기술이 융합된 전력망의 진화된 형태이다.

스마트 그리드는 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 꾀하는 한편, 전력 생산·소비 정보를 양방향·실시간으로 유통함으로써 에너지 효율을 최적화하며, 기존의 전력 시스템은 물론 전기자동차, 신재생 에너지와 함께 생산참여 소비자인 프로슈머의 등장으로 미래의 에너지 생산 및 유통이 다양화될 것으로 예상되는 차세대 전력 네트워크이다.

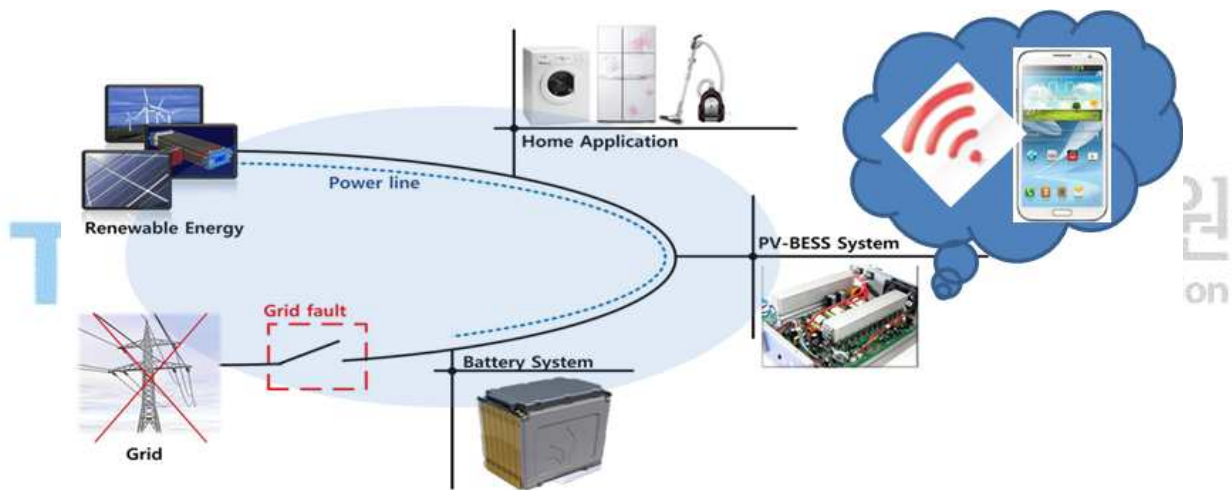


그림 3. BESS시스템 개략도

sample 사업계획서

그러나 현재 전력전자시스템의 경우 대부분이 계통의 상태에 무관하여 독립적으로 발전을 하는 분산전원의 형태이기 때문에 계통의 상태에 따라서 실시간으로 반응하기 어렵다는 단점이 있다.

스마트 그리드에서의 전력요금은 전력 수요에 따라 실시간으로 변동을 한다. 따라서 효과를 극대화하기 위해서는 분산 전원을 포함한 전력전자시스템이 요금 변동에 능동적으로 대처가 요구되며, 이에 전력전자시스템이 웹기반형태의 디지털 기기를 이용하여 사용자가 실시간으로 전력의 발전량 및 소비량을 확인 및 부하사용의 조절이 요구된다.

○ 기술의 융·복합 필요성 및 기술내용

본 과제에서는 PV-BESS시스템에 IT기술이 융합한 인터넷 기반의 PV-BESS 시스템을 제안하며, 그림 4에 제안된 시스템의 개념도를 나타내었다. IT기술과 전력전자기술이 융·복합된 제안시스템은 기존의 시스템과 대비하여 아래와 같은 장점을 가진다.

기존의 PV-BESS시스템은 태양광의 발전량과 배터리의 충전상태를 기반으로 하여 시스템의 현재 상태를 결정하며, 부하의 통계적 내용을 토대로 배터리의 충전 및 발전 상태를 나눈다. 그러나 부하의 통계적 자료는 과거의 경험에 의존한 데이터일뿐 현재의 상태를 나타내기에는 한계가 있다. 그리하여, 본 과제에서는 인터넷을 기반으로 현재의 부하사용량, 태양광의 발전량, 배터리 충전 상태 등의 시스템의 전체적인 상태를 모니터링한다. 또한 웹을 이용하며 용량이 큰 주요 부하에 대하여 부하의 On/Off 상태를 모니터링하며 용량이 큰부하가 켜질 경우 배터리에서 에너지를 공급하여 부하의 사용으로인해 야기되는 Peak 전력을 줄인다.

그리고 또한 공장과 같이 차등적 요금제가 적용되는 경우는 계통전력 단가에 따라서 사용자가 발전 및 충전의 상태를 변경하여 전력을 통한 경제적 활동을 수행하게 된다. 또한 이러한 경우, 부하의 스케줄링으로 부하의 사용 및 관리가 효율적으로 가능해진다. 따라서 지금과 같은 수동적 사용자가 아닌 능동적 전력사용자를 지향하는 인터페이스가 구축되어야 하며 이러한 인터페이스는 편의성과 접근성을 갖추어야 한다. 따라서 PV-BESS의 전력정보를 일반사용자가 사용가능한 정보로 가공하여 제공함으로써 사용자의 합리적이고 계획적인 전력사용이 가능하게 한다.

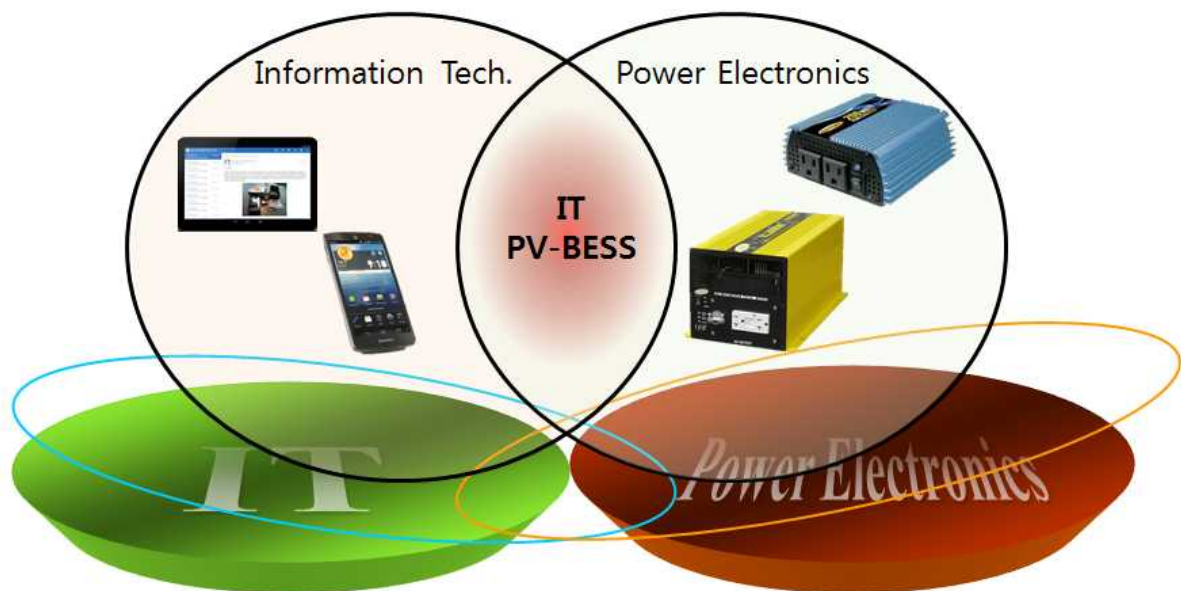


그림 4. IT 융합형 PV-BESS 개념도

본 과제에서 제안한 시스템의 기술의 융복합 구조는 아래와 같다.

이차전지 + 태양광 + 전력변환 시스템 + 웹 어플리케이션 + 무선 인터넷

본 제안 과제 ‘IT 융합형 스마트 PV-BESS시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구’에서는 활용도가 낮은 기존의 PV시스템의 단점을 보완한 형태인 PV-BESS시스템을 개발하고자한다. 과제에서는 PV-BESS시스템의 고효율 전력변환장치 및 제어기법 개발과 배터리 연계를 통한 첨두부하 삭감효과, 계통전력 사용을 최소화하는 기능을 개발한다. 또한 일상생활에서 손쉬운 접근이 가능한 인터넷망을 통하여 외부에서 전력수 수량을 실시간으로 모니터링하며 동작모드 지령이 가능한 PV-BESS시스템을 제안한다.

1-2. 관련기술 현황

※ 관련기술의 국내·외 기술개발현황, 문제점 및 향후 전망을 객관적·구체적으로 서술(인용한 경우 출처명기)

○ 국내 기술현황

ESS(Energy Storage System)는 태양광, 풍력 등의 신재생에너지를 통해 발전된 전력을 배터리 등의 에너지 저장 장치에 저장하였다가 급작스런 전력 사용으로 인해 한전 등의 전력회사에서 필요한 시기에 공급하여 전력효율을 높이는 시스템이다. 또한 현재 정부에서 주도적으로 ESS의 기술개발 및 산업화 정책을 추진하고 있으며, 세계 시장에서 주도권을 잡기 위해 ESS 분야의 R&D 투자 확대와 더불어 원천 기술 확보에 집중하고 있다.

ESS 시스템의 경우 국내에서는 정부주도의 중대형 ESS 기술개발 및 산업화 정책을 추진하고 있다. 이는 에너지 저장 R&D 투자를 확대하여 원천기술 확보 및 글로벌 시장을 선도하기 위함이며, 2020년까지 6.4조원 규모의 기술개발 및 설비투자 추진 및 ESS 설치의무화 방안을 검토 중이다. 또한 최근 2000년 0월 ○◇○○는 ◇○○○사에 20[MW]급 ESS를 공급계약을 맺었으며, 2000년 0월 ◇◇◇은 ◇○○○사에 10[kWh]급 가정용 ESS 공급계약을 발표하였다. 일부 대기업에서는 NaS, RFB 등에 관한 연구가 진행 중이지만 아직 초기단계이며 실증이 활발한 선진국에 비해 핵심소재 및 원천 기술 등 기술수준이 미흡하다. 국내의 실증 현황을 보면 4[MWh]/ 8[MWh]급 리튬이차전지시스템 및 운용기술을 개발하여 실증을 준비중이며, Smart Renewable 운영시스템을 구축 및 실증 개발 중이다. 향후 전력소비량 증가 및 신재생 에너지 확대에 따라 중장기적으로 2020년에는 1680MW 용량의 에너지 저장장치 시스템의 수요가 늘어날 것으로 예상되어진다. 국내 시장 활성화를 위한 제도적 기반으로 RPS(Renewable portfolio standard)와 EERS(Energy efficiency resource standard)를 통하여 ESS 설치 의무화를 그림 5와 같이 추진할 예정이다.

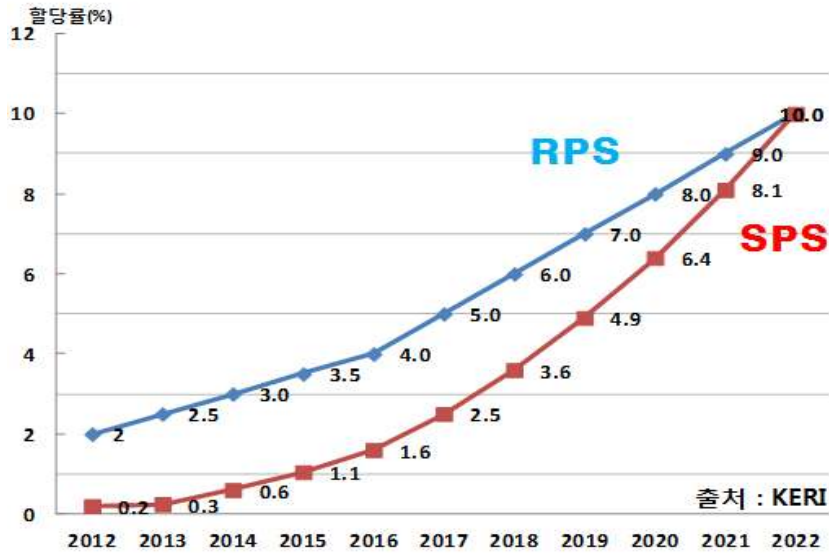


그림 5. ESS RPS와 SPS비교

○ 국외 기술현황

국외의 경우 미국에서는 EPRI, Sandia Lab 중심의 NEW electricity project가 전력 품질 안정화, 효율적 전력 사용을 위한 에너지 저장 중요성에 의해 진행되고 있고 전력회사 ASE는 1MW급 A/S용 Storage System을 운영중이며, 그 외 남미 인도 등에도 진출할 예정이다. 프랑스 전지업체 Saft社 주도로 태양광 LIB Storage 개발을 2008년부터 시작하였으며 2012년에 사업화를 목표로 하고 있다. 일본은 250kW 이상의 BESS를 설치 할 경우 30%의 보조금을 지원하고 있다. 또한 NEDO 주축으로 Test Bed Project가 각 자치현과 연합으로 신 전력체계 및 서비스 기술 개발 실증을 진행하고 있으며 2030년까지 전력공급망 부문 94GW의 전지가 필요할 것으로 예상된다. Mitsubishi는 LIB(105AH)를 표준으로 가정용/업무용 ESS 시스템을 개발 하였다. 이미 일본에서는 자연재해가 잦은 자연 재해의 피해를 최소화하기 위하여 독립운전 기능을 갖는 시스템이 보급되고 있었으며, 계통연계 기능과 독립운전 기능을 선택하여 사용할 수 있는 신재생에너지 발전 장치에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있는 실정이다. 향후 세계 ESS 시장 규모는 142억 달러에서 2020년에는 약 540억 달러, 2030년에는 1300억 달러로, 시장 규모가 수직 상승할 전망이다. 또한 ESS의 가격과 리튬이차전지의 가격 하락은 2015년 이후 이 시장의 급속한 성장을 이끌 것으로 보인다. 참고로 50[MW] 이하는 LiB, NaS, RFB 등의 전지 방식이, 50[MW] 이상은 CAES 등의 대형 발전 방식이 대세를 이룰 전망이다.

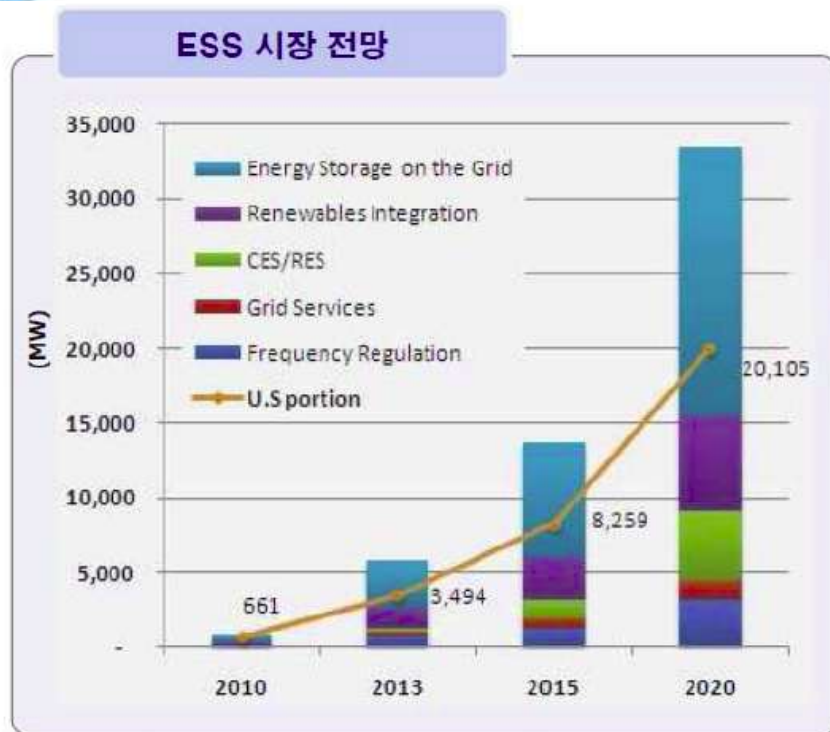
○ 기존 ESS 시스템 문제점

기존 ESS 시스템은 사용자 임의로 동작모드의 변경이 불가능하며 이미 정해진 통계 자료에 따른 부하곡선과 태양광 발전 및 배터리의 충전상태 등에 따라서 모드가 변경된다. 하지만 이러한 방법은 사용자의 실부하 사용 패턴과 일치하지 않아 에너지 사용

의 효율성을 저하시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용자가 외부에서도 시스템 모니터링과 원격 제어가 가능하도록 스마트 기기를 이용하여 사용자의 위치에 관계 없이 시스템의 발전과 전력 소비를 선택할 수 있는 PV-BESS 시스템을 제안하였다.

○ ESS 시스템 향후 전망

본 제안 과제 ‘IT 융합형 스마트 PV-BESS시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구’에서는 정전시 백업, 첨두부하 삭감효과, 전력품질 보상, 신재생에너지의 고품질전력 변환 및 전기사용의 부분적 독립화를 통해 계통전원 사용의 최소화, 전력 효율 향상을 위한 다양한 기능, 그리고 이러한 기능들을 인터넷, 스마트폰과 같은 스마트 기기를 이용하여 직접 접속하고 상태 모니터링 및 관리 기능을 가지는 PV-BESS 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템에서의 개별적 기능들은 이미 높은 수준으로써 많은 연구가 진행되고 있지만 각 컨버터와 그 외 기능들을 통합하는 제어기법 및 전력품질 보상 기능, 그리고 이 기기들의 스마트 기기와의 연동에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다. 이 기능을 가지는 시스템은 데이터 센터, 빌딩, 병원과 같은 안정된 전원공급과 동시에 에너지 효율향상, 전기요금 절감 효과 그리고 스마트 기기를 이용하여 전력 상황과 전력 요금을 고려한 최적의 운전 패턴을 결정할 수 있으며, 나아가 향후 낙도와 전력공급이 원활치 않은 후진국에서도 전력사용의 자립화를 위한 방안으로 사용이 가능하다. 또한, 전기부하가 점차 늘어가는 현재 반드시 필요하며 통합하여야 하는 기술이라 할 수 있다.



[Source] Pike Research, Fuji Keizai, Gartner, SDI Marketing

그림 6. ESS 시장 전망

<표 1> 국내의 주요시장 경쟁사

경쟁사명	제품명	판매가격(천원)	연 판매액(천원)
① ▷▷▷▷	L---	20,000	20,000
② △△△△	S---	20,000	20,000
③ ○○○○	d---	20,000	20,000
④ □□□□	T---	20,000	20,000

※ 본 기술/제품과 직접적 경쟁관계에 있는 국내·외 기관·기업의 제품 등을 기입

2. 기술개발 준비현황

※ 신청과제에 대해 그간 준비한 기술개발 관련 내용과 지식재산권 확보·회피 방안을 포함하여 서술

본 과제에서 제안된 ‘IT 융합형 스마트 PV-BESS시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구’는 이슈가 되고 있는 스마트 그리드 기술과 BESS 시스템이 융합되어 효율적인 에너지 사용방안과 최적화된 시스템의 개발이라 할 수 있다. 이러한 기술개발을 위해 준비된 현황을 살펴보면 아래와 같다.

○ 계통연계형 신재생 에너지 발전 시스템 개발 기술

－ 등록된 특허기반의 3상인버터 제어기법

태양광 발전전력의 고품질화 및 고효율화를 위해서는 인버터 출력단과 기타 상황에 대처하여 계통단의 전력을 단위역률 및 정현파로 제어해야한다. 본 과제에서 사용할 제어기법은 등록된 특허 ‘3상 펄스폭 변조인버터의 단일제어 루프 전압제어기의 제어 방법’을 따른다. 특허는 기존의 2중 제어루프 방식에서 벗어나 출력전압을 피드백하여 기준신호와의 오차를 크기 및 위상을 고려하여 보상하는 단일제어루프 방식으로 구성되어 있다. 이러한 단일 제어루프는 기존의 2중 제어루프에 비하여 빠른 속응성과 낮은 정상상태오차를 가지는 장점을 가진다. 과제에서는 특허에 사용된 제어방식을 이용하여 태양광에서 발전된 전력과 배터리에 저장된 전력을 계통으로 발전 및 충전 또는 독립운전의 형태로 부하에 공급한다.

이러한 제어기법에서는 앞서 언급한 2중 제어 루프 이외에 히스테리시스제어기법, 적응히스테리시스기법, 예측제어기법, 데드비트제어기법 등이 존재하여 기법에 따라 시스템의 성능 및 특성에 차이가 있다.

－ 단독운전 검출기법

단독운전이라 함은 “계통의 사고나 정전이 발생하여 계통과 연계되지 아니하고 단독으로 발전하는 상태”를 말한다. 이러한 단독운전 상태는 고장을 수리하는 점검원의 안전 및 기타 유발가능한 사고의 원인이 되므로 규정에 의해 단독운전 발생 시 인버터

는 500[ms] 이내로 감지하여 인버터를 정지시키는 기능이 탑재되어야한다. 이러한 단독운전 검출기법은 크게 능동적인 방식과 수동적인 방식으로 나뉘게 되며, 수동적인 방식의 경우 발전전력과 부하소비 전력이 정확히 일치하는 경우 단독운전을 검출하기가 용이하지 않다. 따라서 최근에는 무효전력을 주입하거나 주파수를 변동시키는 등의 능동적인 방식을 위주로 단독운전을 검출하는 기술이 주를 이루고 있으며, 주관기관인 ○○○○에서는 이와 관련된 계통연계형 인버터에 대하여 연구한 바가 있으며, 공동개발기관인 △△△△△에서는 이전에 수행한 과제에서 규정내 단독운전 검출하는 기법을 개발한 바 있다.

－ 온라인 무정전 전원 장치(On-line UPS) 제어 기술

계통의 사고, 정전 및 계통전기품질의 불량으로 인하여 계통과의 분리가 불가피할 경우, 부하단의 전력공급을 끊임없이하기 위해서는 계통분리시 부하단에서 발생하는 오버슈트 없이 매끄러운 독립운전 모드전환 기법이 요구된다. 또한 계통연계 시 비선형 부하에 의해서 발생하는 고조파 및 무효전력을 보상하는 기술이 필요하다.

－ 배터리 맥동저감 기술

전력변환장치는 스위칭 소자를 사용하여 전력을 변환하기 때문에 스위칭에 따른 맥동 성분이 발생하며, 스위칭 주파수와 인덕터에 의해 맥동의 크기가 결정된다. 이러한 맥동은 배터리에 악영향을 주어 수명을 감소시키기 때문에 맥동 저감 기술이 요구된다. 이러한 맥동은 DC/DC 컨버터에 인터리빙 기법을 통하여 최소화가 가능하나, 동작점과 인터리빙하는 컨버터의 수에 따라 지배적이므로 먼저 주요 동작점 설계 후 인터리빙하는 컨버터의 수를 결정하는 것이 효과적이다.

－ 첨두부하 삭감기능을 위한 배터리 충방전 전력 제어 기법

이차전지의 CV/CC/CP 충방전 제어를 위한 개발된 절연 미 비절연 타입의 양방향 충방전 시스템과 첨두부하 삭감기능을 위한 시스템이다. 태양광 발전에 따른 상황과 계통의 상황을 고려하여 양방향 DC/DC 컨버터에 의해 충방전을 통해 이차전지의 에너지를 계통으로 공급하는 기능과 에너지를 이차전지로 저장하는 기능을 가진다. 주관기관인 ○○○○에서는 이와 관련되어 납축전지를 이용하여 피크부하절감을 위한 인버터에 대한 연구를 수행한 경험이 있다.

－ ESS 시스템 제어 및 모니터링 기술

전체시스템의 상위 제어기로 window기반의 LCD패널을 이용하여 시스템의 현재상태 모니터링 및 고장발생시 고장원인을 디스플레이한다. 또한 MMI 기능으로 시스템의 알고리즘에서 벗어나 외부의 입력에 따라 현재의 동작모드의 변경과 데이터 로깅기능을 가진다. 이는 Labview 및 visual C 기반으로 프로그래밍 되어 다른 기타 시스템에도 응용이 가능하다.

○ 이차전지의 종류 및 리튬폴리머전지의 선행연구

이차 전지의 종류로는 리튬계열 전지와 납축전지, NaS 전지, 초고용량 커패시터, RFB(Redox flow battery) 등이 있다. 이 중 현재 가격 경쟁력과 성능 두가지를 모두 만족하는 전지는 리튬계열의 전지이다.

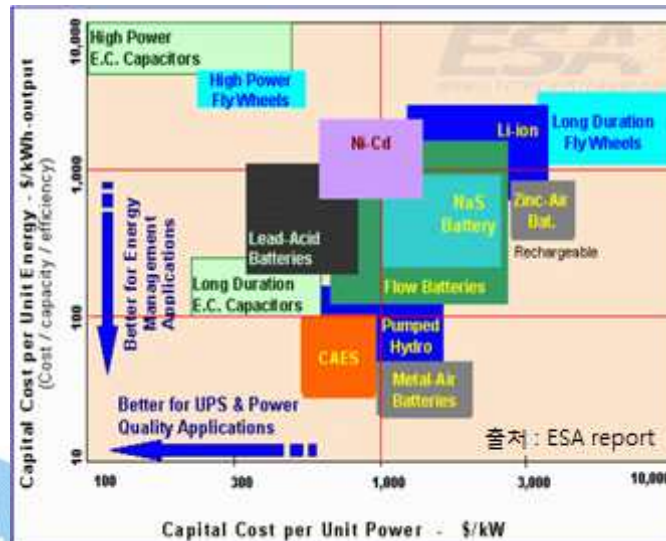


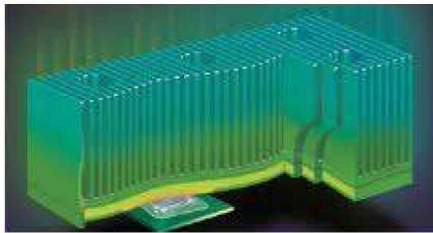
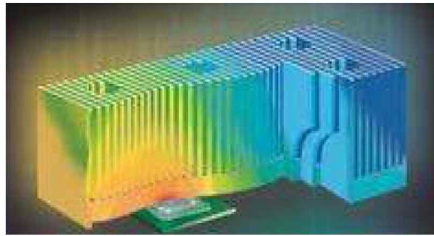
그림 7. 에너지저장장치의 종류와 용량에 따른 상대 비용

납축전지의 경우 가격은 낮지만 낮은 효율과 짧은 수명의 문제점을 가지고 있으며, RFB는 에너지 밀도가 낮고, 외부전원이 없으면 펌프를 구동하지 못하여 배터리 사용이 불가능하다. 이러한 배터리의 특성을 기반으로 본 과제에서는 현재 국내외 시장에서 가장 많이 사용되어지고 있고 사용에 있어서 쉽게 접근할 수 있는 리튬계열 배터리를 사용하고자 한다. 리튬 계열전지는 여전히 가격이 높다는 단점을 가지고 있지만 다른 여러 배터리에 비하여 많은 연구와 소재 개발로 인하여 안정성과 배터리 밀도가 ESS사용에 있어서 가장 적합할 것으로 보인다.

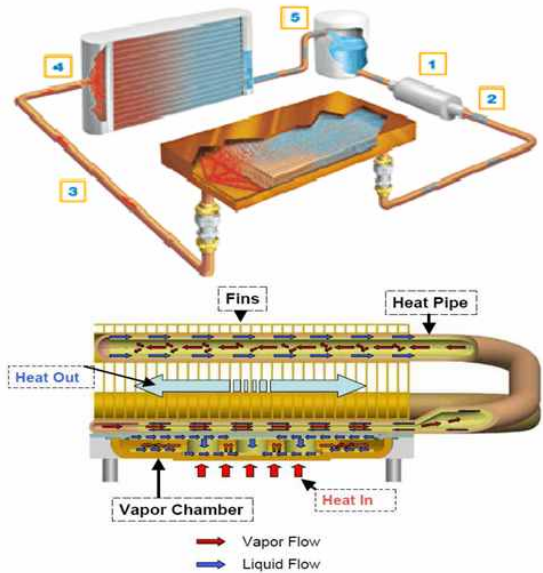
○ 방열을 위한 Heat sink의 설계

반도체 스위치의 턴온 시 내부 저항 값에 흐르는 전류의 곱만큼 발열 손실이 발생한다. 최적화된 전력제어는 손실을 최소화하지만 부품의 특성이나 발전 정도에 따라 최적의 부품을 선택하는 권한밖에 없다. 이렇게 선택한 부품의 발열은 그림 8의 (a)와 같이 방열판으로 열을 분포시키는 방법과 (b)와 같이 Vapor chamber로 냉각시키는 방법이 있다. 본 과제에서는 Heat sink와 Fan을 이용하여 강제 냉각시키는 방법을 적용하고자 한다. Heat sink에는 반도체 스위치 등의 소자를 Heat sink 위에 고정하고 강제 공냉으로 냉각한다. 냉각효과를 증대시키기 위하여 단면적을 최대한 키울 수 있는 구조로 설계하고자하며, 또한 Heat sink의 날개를 얇게 여러 면으로 구성하여 냉각효과를 더욱더 증가 시킬 수 있었다. 시스템 하단과 상단에 각각 Fan을 설치하여 효과

적으로 방열판의 열을 시스템 외부로 방출시켜 소자들의 발열로 인한 소손을 방지하였다. 또한 Heat sink 에는 온도 센서 부착 및 시스템 내부 소자 등이 부착되어 구성된다.



Possible to
use entire
heat sink
evenly



(a) Heat sink의 효과

(b) Vapor Chamber 냉각 방법

그림 8. Heat sink 와 Vapor chamber 구성도

<표 2> 국내외 관련지식재산권 현황

지식재산권명	지식재산권출원인	출원국/출원번호
① AAA	○○○○○	한국/00-0000-0000000
② BBB	○○○○○	한국/00-0000-0000000
③ CCC	○○○○○	한국/00-0000-0000000

※ 본 기술/제품과 직접적 경쟁관계에 있는 국내·외 기관·기업의 지식재산권 관련내용을 기입

주 관 기 관	참여연구원	담당기술내용
주관기업명	홍길동	PV-BESS 웹 인터페이스 설계 및 DC/DC 컨버터 설계

설계 및 구조

1 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 계획 수립 및 자료조사 - 시스템 사양 검토 - 프로토타입 제작 - 에너지저장장치 특성 분석 - PV용 DC/DC 컨버터 설계 - DC/DC 양방향 컨버터 설계
2 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 전체 운전 시험 - 스마트기기 인터페이스 개발 - 모니터링 인터페이스 개발 - 전체 시스템 구성 및 실험 - 시험결과 비교 · 분석 - 인증기관의 시험 · 평가

제어 및 알고리즘

1 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 신재생에너지 출력제어 알고리즘 - 시스템 전체 동작 알고리즘 - 최대전력점 운전기법 - 배터리 충방전 알고리즘
2 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 동작모드 및 원격제어 - 모니터링 data 처리 알고리즘 - 외부 접속 프로그램 알고리즘 - 상용화 연구

참 여 기 업	참여연구원	담당기술내용
참여기업명	김길동	고효율 전력부 설계, 침두부하 삭감 제어 및 통합알고리즘

설계 및 구조

1 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 사양검토 - 프로토타입 제작 - 제어보드 설계 및 제작 - 3상 인버터 설계 및 제작 - 신재생에너지/배터리 용량 설계
2 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 전체 시스템 구성 - 전체 시스템 운전 시험 - 시험결과 비교 · 분석 - 인증기관의 시험 · 평가 - 최종 보고서 작성

제어 및 알고리즘

1 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 알고리즘 시험 - 계통연계운전 제어 알고리즘 - 계통연계 안정성 알고리즘 - 단독운전 모드전환 알고리즘
2 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> - 침두부하 삭감제어 알고리즘 - 통합시스템 제어 알고리즘 - 시스템 동작모드 및 원격제어 - PV-BESS 운용 알고리즘 - 상용화를 위한 실제 운용실험

3. 기술개발 목표 및 내용

3-1. 기술개발 최종목표

※ 개발하고자 하는 기술의 내용을 최종산물(제품, 기술 등)로 함축하여 간략히 표현

○ 본 과제 ‘IT 융합형 스마트 PV-BESS시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구’는 ‘PV-BESS 시스템 개발과 인터넷을 통한 모니터링 및 동작 구현’이라는 최종목표를 가진다. 과제 수행 시 아래와 같은 주요기술과 세부적 기술을 얻을 수 있다.

✓ PV-BESS 시스템 고효율 고성능 하드웨어 개발

- PV용 고효율 단방향 컨버터 하드웨어 개발
- BESS 고효율 양방향 컨버터 및 삼상 인버터 하드웨어 개발
- PV-BESS 시스템 제어용 고성능 DSP 보드 개발

✓ PV-BESS 시스템 제어기법 개발

- PV용 속응 MPPT 기술 개발
- Battery용 급속 및 완속 충방전 기술 개발
- 신속한 단독운전검출 기법 개발

✓ PV-BESS 시스템 관리를 위한 웹기반 어플리케이션 개발

- PV-BESS 시스템 및 스마트기기 인터페이스 개발
- 순시 전력 수급량 및 전력요금 원격 모니터링 기능
- PV-BESS 시스템 동작모드 및 원격제어

✓ PV-BESS 시스템의 효율적 운용알고리즘 개발

- 부하평준화(Load Leveling)기법 및 알고리즘 연구
- 계절/시간별 전기요금 절감운용기법 연구
- 계통연계 및 독립운전기술개발과 매끄러운 모드절환 기법 개발

위에서 나타낸 최종 목표를 달성하고, PV-BESS의 상기 주요기술 및 세부적 기술을 갖추어 상용화 수준에 맞는 운용 알고리즘을 제안한다.

<표 3> 목표달성도 평가지표

- ※ 선정평가시 주요 검토사항으로 정량화·수치화 하여야 하며 미흡할 경우 감점 요인이 됨
 ※ 기술개발종료 후, 최종 개발목표 달성 여부는 측정시료의 평균값을 계획된 목표치와 비교하여 평가

주요 성능지표 ¹⁾	단 위	최종 개발목표 ²⁾	세계최고수준 (보유국/보유기업)	가중치 ³⁾ (%)	객관적 측정방법	
					시료 수 ⁵⁾ (n≥5개)	시험규격 ⁵⁾
1. 시스템 용량	kW	20	10 (대한민국/○○기업)	20	-	공인인증시험
2. 모드전환속도	ms	400	500 (일본/○○기업)	20	-	공인인증시험
3. PV용 단방향 DC/DC 컨버터 효율	%	95	94(일본/○○기업)	20		공인인증시험
4. Battery용 DC/DC 컨버터 효율	%	95	94(일본/○○기업)	20		공인인증시험
5. DC/AC 인버터 출 력전류/전압THD	%	5이하	5(일본/○○기업)	20		공인인증시험
계	%			100		
□ 시료수 5개 미만 (n<5개)시 사유						
□ 측정결과의 증빙방법 제시						
(1)성능지표는 공인인증시험기관(□□연구소)의 시험성적서를 제출한다.						

- * 주1) 주요 성능지표는 정밀도, 회수율, 열효율, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단 기준이 되는 것을 의미하며, 분야별 개발내용에 적절하게 항목에 따라 구체적으로 수치화하여 반드시 제시
- * 주2) 최종 개발목표는 '특정목표값 이상(min)' 또는 '특정목표값 이하(max)'의 형태로 표현
- * 주3) 가중치는 각 주요 성능지표의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말함
- * 주4) 시료 수는 시험평가 결과의 신뢰성 확보를 위해 최소 5개 이상이어야 하며, 5개 미만 시 사유를 명기
- * 주5) 시험규격은 가능하면 공인규격상의 시험검사방법을 기재(예 : KS···, JIS···)하고, 공인 시험이 불가능한 경우 객관적인 평가방법을 반드시 제시하여야 함
- * 주6) 자체평가 수행은 주요 성능지표에 대해서 외부 공인 시험·인증기관을 원칙으로 기재하되, 과제특성상 주관기관·위탁기관 등이 시험(성능평가)을 수행하는 경우 객관적 사유기재

3-2. 기술개발 내용

- ※ 전체 개발하고자 하는 주요 핵심기술 위주로 기존 제품(기술)과의 차별성 등 세부적인 개발내용 서술

○ PV-BESS 시스템 고성능 고효율 하드웨어 개발

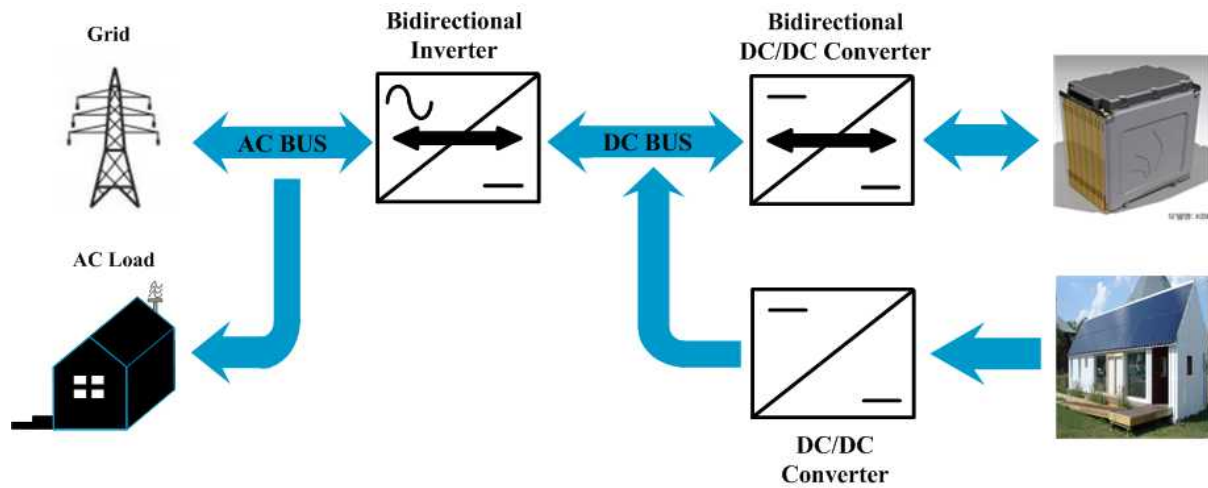


그림 9. 제안된 PV-BESS 시스템 구성도

PV-BESS 시스템은 PV용 DC/DC컨버터, 배터리용 양방향 DC/DC컨버터와 삼상 DC/AC 인버터로 그림 9와 같이 구성된다. 제안하는 시스템은 태양광의 전력이 배터리에 충전되거나 계통으로 발전이 가능하며, 배터리에 충전된 전력은 피크부하 시 계통으로 발전될 수 있다. 또한 경부하 시 계통의 전력이 배터리에 저장될 수 있는 전력 흐름을 가진다. 따라서 전체시스템의 효율 향상을 위해서는 개별 전력변환장치는 각각에 고효율 특성이 요구된다. 고효율 전력변환장치의 개발을 위해서는 스위칭 소자 및 수동 소자들의 최적 설계 및 설정, 고효율 토폴로지 연구를 통한 적용과 시스템 레벨의 최적화가 반드시 필요하다. 아래와 같은 일련의 하드웨어 제작 설계과정을 통하여 최적화가 요구된다.

1. 하드웨어 구성 방식

- DC/DC 컨버터와 인버터의 경우 기존의 토폴로지 이외에 Dual type DC/DC 컨버터, H5인버터 등이 존재한다. 이러한 토폴로지는 기존의 방식과 비교하여 높은 효율을 가지나 시스템을 구성하는 부품의 증가를 야기한다.
- 제안된 과제에서는 기존의 학계 및 산업계에서 개발되어지던 단상양방향 컨버터, 계통 인터페이스용 인버터에 풀브릿지 기반 IGBT 인버터를 적용한 BESS와 차별성을 두기 위하여 PV-BESS에 특화된 토폴로지 개발을 위해 부분적 영전압 스위칭이 가능한 다상 양방향 컨버터를 적용할 예정이며, 2상부터 4상 구조를 검토하여 최적의 구조를 선정할 예정이다. 또한, 다상 컨버터의 커플드 인덕터 구조에 관하여 상세히 연구하여 성능과 경제성을 동시에 추구할 예정이다. 그리고 계통 연계형 인버터의 경우 기존 과제의 전통적인 IGBT 풀브릿지 인버터를 적용하였으나 제안된 과제에서는 IGBT와 MOSFET의 하이브리드 적용과 가변 주파수 기법을 적용하여 제안된 시스템의 효율 향상하고자 한다.

또한, △△△△에서 이전에 수행했던 “SG를 위한 에너지저장장치용 U-PCS 개발”은

PV용 단방향 부스트 컨버터, 배터리 충방전 양방향 컨버터 그리고 계통 인터페이스를 위하여 풀브릿지 인버터를 적용하다. 제안된 “IT 융합형 스마트 PV-BESS 시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구”는 3kW 시스템에서 20kW 시스템으로 용량을 대폭 증대시켜 상용화 모델을 키워서 제안하였다. 3kW 시스템은 단순한 기능 구현과 성능확인에 그 목표를 두고 개발을 진행하였으나, 20kW 시스템은 3kW에서는 크게 중요하게 취급하지 않았던 방열, 게이트 회로, 스위치 조합 등을 다각적으로 검토하여 최적의 설계를 달성해야만 기능 구현과 성능 확인이 가능하다. 특히 20kW급의 큰 전력으로부터 발생하는 큰 전력 맥동을 적절히 차단하기 위한 수동 소자들의 설계와 조합이 매우 중요하다.

- 시스템 보호를 위하여 온도 보상 및 보호 알고리즘이 추가될 예정이다. 저주파 전력 리플의 경우 3kW에 비하여 20kW에서 더 큰 악영향을 미치므로 이의 감소를 위한 저주파 전력 리플 보상 알고리즘을 추가하고자 한다. 제안된 시스템에서는 고효율을 유지하며, 열이 잘 방출되도록 방열판의 최적설계가 필요할 것이다. 또한 앞서 언급한 기존의 일반적인 전력회로 구조로는 효율 향상에 한계가 있으므로, 그 범위를 넓히기 위하여 다양한 회로 구조를 검토하고자 한다.

반복제어기의 구현, 가변주파수 기법의 구현, 하프 스위칭 모듈레이션 기법들을 추가하여 본 과제 “IT 융합형 스마트 PV-BESS 시스템 개발 및 효율적 운용방안 연구”의 개발을 완성하고자 한다.

2. 인덕티브 소자의 구성 및 설계

- 인덕티브 소자의 코어의 손실을 최소화하기 위하여 DC/DC 컨버터부의 인터리빙 방식을 채용하거나 고효율의 코어재질을 사용하여 인덕티브 소자의 효율을 극대화하는 방법을 사용한다.

3. 수명연장

- 전력전자회로의 부품중 수명이 가장 짧은 것은 커패시터이다. 이 커패시터로 인해 전력전자회로에서는 고장이 발생한다. DC/DC 컨버터와 DC/AC 인버터를 연결해주는 DC-Link의 경우 커패시터로 구성되며, DC/AC의 교류측으로 인해 DC-Link 커패시터의 경우 120[Hz]의 리플이 발생한다. 이러한 리플은 DC-Link 커패시터의 수명을 악화시키므로 120Hz 리플을 최소화하는 방안이 요구된다.

4. 소자 선정에 따른 시스템 효율의 극대화

- 시스템의 효율을 극대화하기 위해서는 소자의 선정이 우선시 된다. IGBT에 비해 MOSFET의 경우 스위칭 동작이 빨라 스위칭시 발생하는 손실이 저감되며 스위치가 켜졌을 경우의 저항 R_{ds} 가 낮아 효율개선에 유리하다. 또한 스위치를 병렬화 시킴으로써 도통시 발생하는 손실을 병렬화된 스위치 수의 제곱에 비례하여 손실

을 저감시킬 수 있다.

- PV-BESS 시스템 제어용 고성능 DSP 보드 개발

시스템의 원활한 제어를 위해서는 고성능 디지털 신호 처리기(DSP)가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 알고리즘 수행에 있어서 부동 소수점 연산이 가능한 Texas Instruments社의 TMS320F28335를 주제어기로 선정하였다. 이 DSP는 최대 150 [MHz]로 동작하며 내부 메모리만으로도 본 과제의 PV-BESS 시스템 제어를 위한 충분한 연산 능력을 가지고 있다. 직렬회로에는 고정밀 센서의 사용으로 센싱의 정확도를 센싱의 정확도를 높이며, 출력되는 아날로그 신호는 디지털 보드로 연결되며 신호를 디지털화 할 필요성이 있기 때문에 ADC를 사용하게 된다. TMS320F28335의 내부 ADC는 12bit의 분해능을 가지며 총 16채널로 구성할 수 있다. 코어 전압은 150Mhz로 구현하기 위해 1.9V를 공급한다. TCK, TDI, TMS, TDO, TRST, EMU0, EMU1핀은 JTAG를 연결하는 핀이며, 88개의 GPIO핀을 가지고 있다. 또한 12비트 ADC로 전압, 전류의 아날로그 값을 디지털로 변환하고, SCI, SPI, 기능으로 각 주변 장치와의 통신을 하고 있으며, 12채널의 PWM으로 전력변환기의 스위칭을 담당하게 된다. 그 외 SPI, SCI 그리고 CAN 등을 통하여 DAC, LCD 모니터, BMS 그리고 웹 인터페이스 회로 등 다양한 주변기기와 통신이 가능하도록 구성할 예정이다.

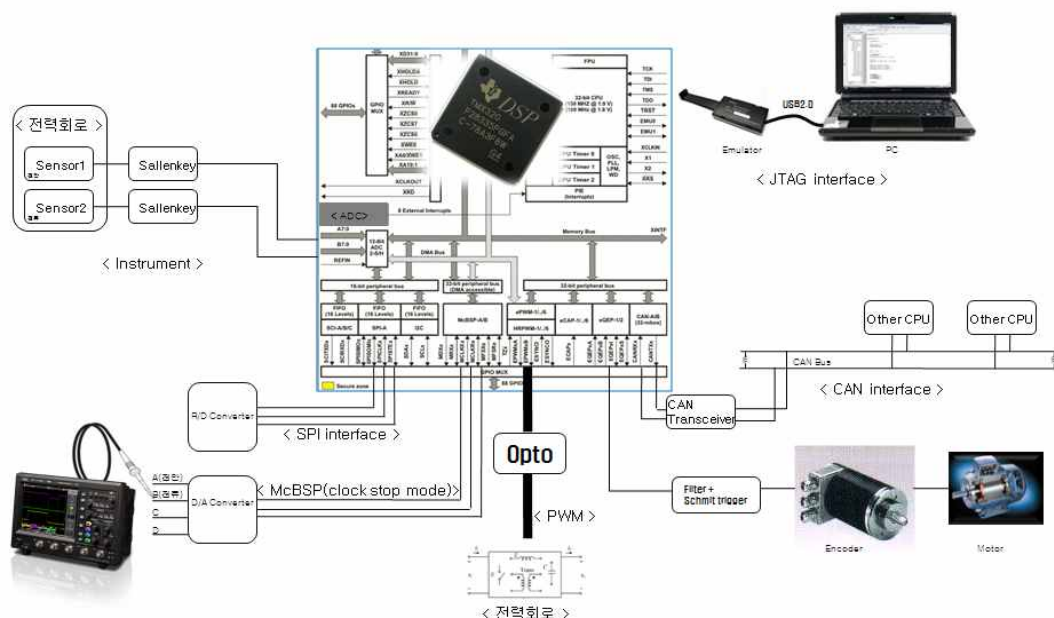


그림 10. TMS320F28335 구성도

○ PV-BESS 시스템 제어기법 개발

－ PV용 전압 전류 제어기법 개발

제안된 시스템에서 계통연계형 인버터의 경우는 개선된 형태의 반복제어기를 적용할 예정이다. 이 제어기는 홀수 고조파와 짝수 고조파를 나누어 반복되는 형태의 홀수 고조파를 적극적으로 제거하여 기존의 PI 제어기에 비하여 THD를 크게 향상시킬 수 있는 방법이다. 이에 추가하여 IGBT 및 MOSFET 하이브리드 구조의 장점을 극대화하기 위하여 하프 스위칭 모듈레이션 기법을 적용하며, 가변 스위칭 주파수 기법을 적용하여 효율을 향상하고자 한다. 또한, PV-BESS용 컨버터는 전압/전류 제어의 실시간 모드 전환이 매우 중요하다. 이를 위하여 전압/전류 단일루프 제어기를 적용하고 시스템의 동작 조건에 따라 제어 입력을 선택하는 방식을 취하여 응답성과 신뢰성을 높이하고자 한다. 특히 기존의 제어기가 전압제어의 내측 루프로 전류제어기를 가지고 있는 것과는 다르게 제안하는 PV-BESS 시스템에서는 제어기 출력의 포화 정보로부터 전압/전류 제어기가 선택적으로 적용 가능하게 개발하고자 한다.

－ PV용 속응 MPPT 기술 개발

태양광 또는 풍력 등과 같은 신재생에너지원의 출력 전력은 실시간으로 변화하는데, 이를 위하여 최대전력점 추적(Maximum Power Point Tracking) 알고리즘이 필요하다. 이 MPPT 알고리즘은 최대 전력 생산과 매우 밀접한 관계가 있기 때문에 외부 환경 변화를 빠르게 반영하여 시스템의 동작점을 이동시키는 것이 매우 중요하다. 이러한 MPPT에는 P&O(Perturbation and Observation) 방식이 많이 쓰이는데 이는 전압 혹은 전류의 변동을 발생 시킨 후 출력전력을 관측하는 출력전력이 증가하는 방향으로 전압 혹은 전류의 지령치를 생성시켜 신재생에너지원을 최대전력점에서 기동하도록 하는 섭동 후 관측 기법이다. 아래의 그림 11과 12는 P&O의 개념도와 MPPT 구현 블록선도를 나타내는 그림이다.

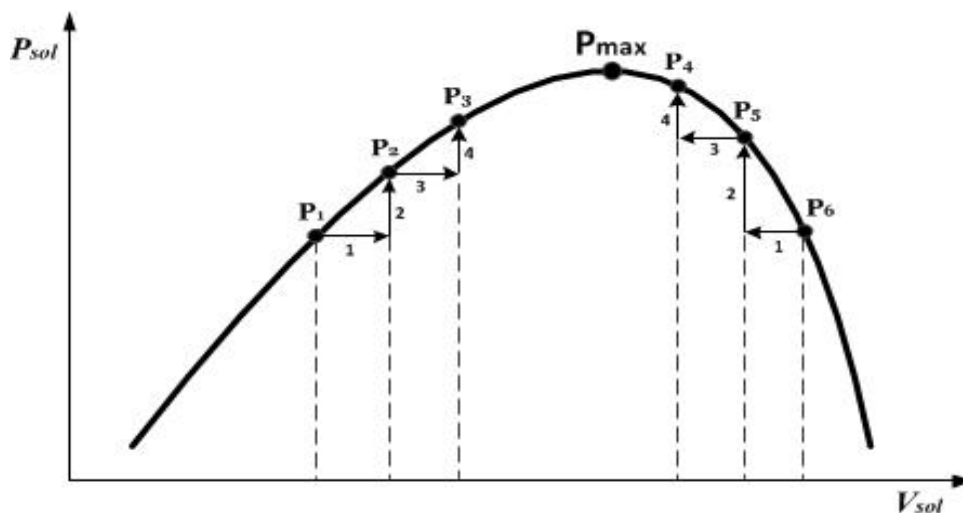


그림 11. P&O 개념도

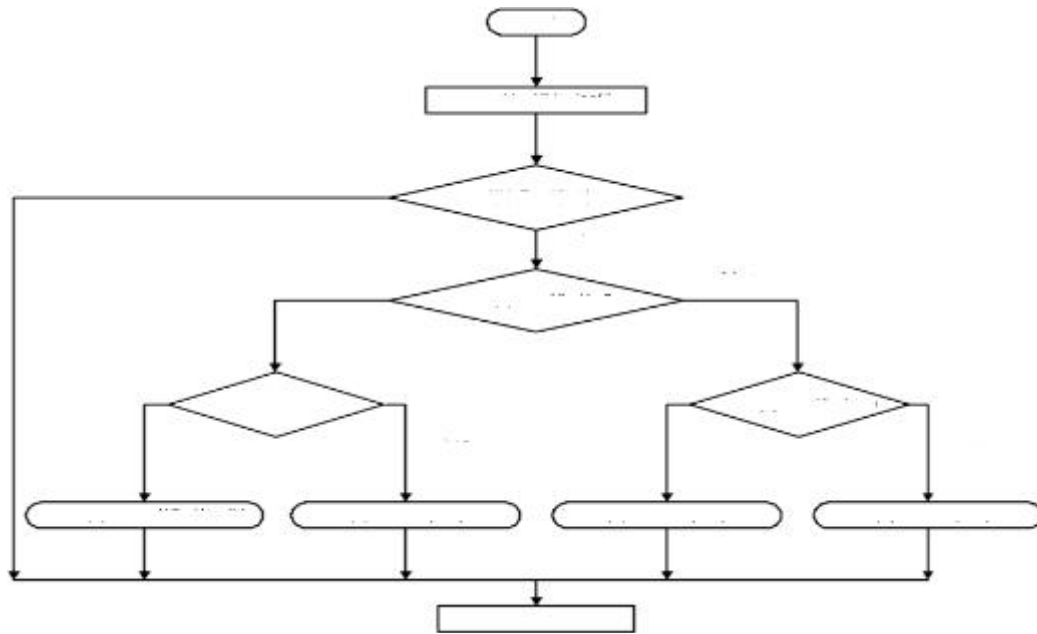


그림 12. MPPT 구현 블록선도

- BESS 급속 및 완속 충방전 기술 개발

- CC(Constant Current) mode

정전류 충전 알고리즘은 그림 13과 같이 일정한 전류를 배터리에 공급하는 충전 방식으로 배터리가 만충전이 될 때까지 일정한 전류로 충전 하는 것이다. 정전류 충전은 충전 시간이 짧아지는 장점을 가지고 있지만 만충전이 되는 시점에서 정확하게 충전이 종료되지 않으면 과충전으로 인해 배터리의 파손 위험과 배터리 수명 단축의 문제가 발생할 수 있다.

- CCCV(Constant Current Constant Voltage) mode

정전류 정전압 충전은 그림 14의 프로파일을 이용하여 초기 충전 시에는 충전 시간을 단축시

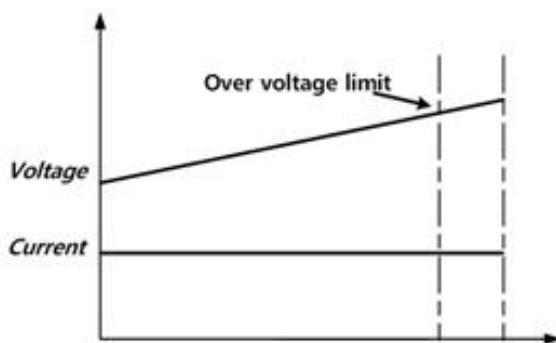


그림 13. 정전류(CC) 충전 알고리즘.

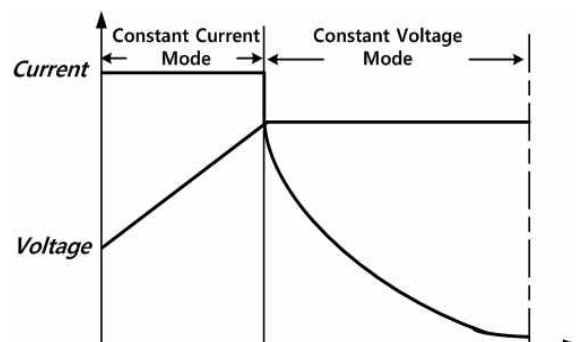


그림 14. CCCV 충전 알고리즘.

키기 위해서 정전류로 충전하여 일정 전압이 되면 정전압 충전으로 제어하는 방식으로써 정전

류 충전 방식에 비해 안전한 충전이 가능하며, 정전압 충전 방식에 비해 충전 시간이 단축되어 급속 충전기 대부분이 CCCV 충전을 적용하고 있다. 정전압 충전으로 전환 후에는 공급전압과 배터리 내부 임피던스에 의해 전류로 충전한다.

- DC-bias Pulse mode

일반적인 펄스 방식은 충전 시 각 충전 사이클에 높은 전류와 낮은 전류를 교번하여 인가한다. 이러한 펄스 방식은 배터리 내부의 화학반응으로 내부 전해질을 중성화하여 배터리 수명을 늘리고자 하는 방식이다. 본 과제에서는 비교 실험에 사용된 DC-bias pulse 충전 모드는 기존의 휴지 기간을 갖는 펄스 충전 방식과는 다르게 일정 전류값을 기준으로 설정한 시간 값으로 충전 전류를 달리하여 충전하는 DC-bias pulse 충전 방식을 사용하였다.

- 신속한 단독운전검출 기법 개발

PV 및 BESS 시스템은 기본적으로 계통연계형 운전 모드로 동작하기 때문에 운전 중에 계통의 사고가 발생하면 고장 수리원의 안전사고 및 계통의 재투입시 위상 불일치로 인한 부하측이 단락된 경우보다 더 큰 돌입전류가 흐를 수 있다. 또한 3kW의 가정용 대상의 시스템의 경우 위상차이로 인한 돌입전류나 피해규모가 비교적 작지만 본 과제에서 제안하는 20kW의 사용화 시스템의 경우 약간의 위상차로 인하여 돌입되는 전류의 양이 약 100A에 달하기 때문에 정밀한 위상추종 알고리즘이 필요하다. 그러므로 계통연계형 PV 시스템은 계통 고장 후 0.5초 이내에 계통의 고장을 검출해야 하며, 시스템의 운전을 정지하도록 규정되고 있다. 따라서 단독운전 검출기능은 계통 연계용 인버터와 범용 인버터를 구분하는 중요한 기준이 되며, 계통과의 보호협조 측면에서 가장 중요한 기능이라 할 수 있다.

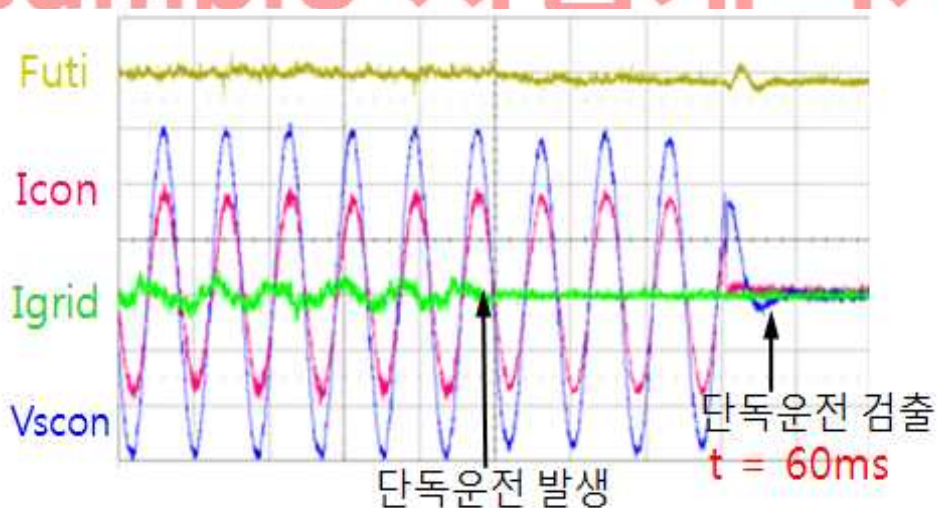


그림15. PCS시스템의 적용시 단독운전 감지기능.

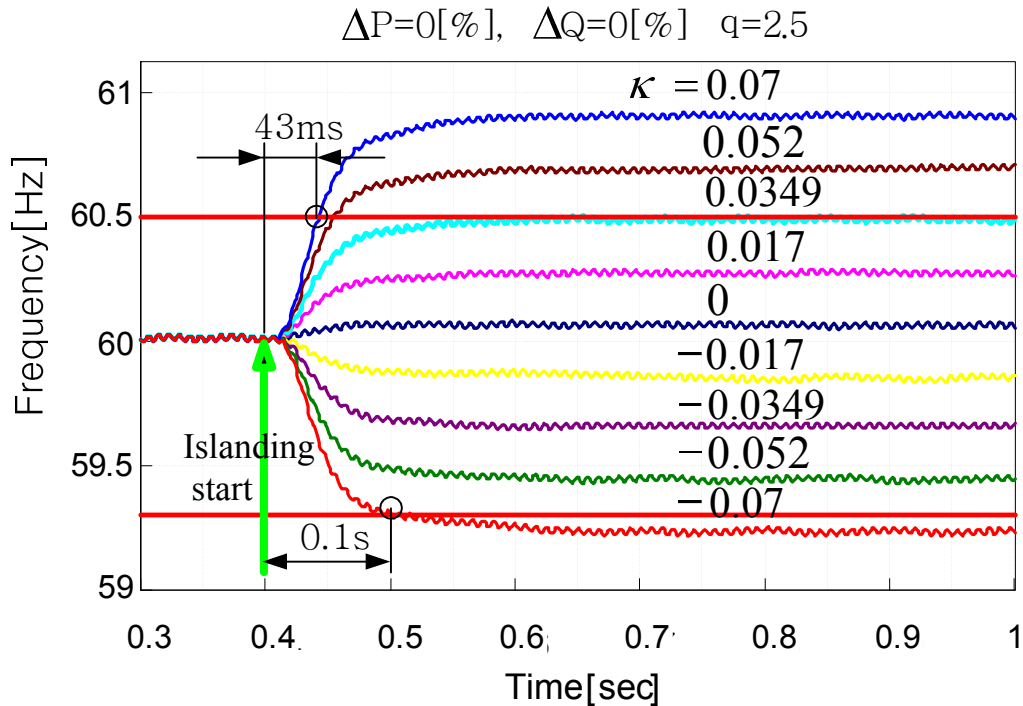


그림16. PCS시스템의 적용시 단독운전 감지기능.



sample 사업계획서

○ PV 및 BESS 시스템 관리를 위한 웹기반 어플리케이션 개발

－ PV 및 BESS 시스템 및 스마트기기 인터페이스 개발

기존의 계통은 스마트 그리드가 아닌 일반적인 계통이기 때문에 어떠한 정보도 전달하지 않는다. 그래서 기존의 신재생 에너지 시스템은 시스템에서 출력되는 전력을 계통의 상황을 고려하지 않고 발전 및 소비를 한다. 또한 시스템의 각부 출력 데이터를 확인하기 위한 방법으로 RS232나 RS485와 같은 유선 통신방법을 사용하여 사용자가 시스템의 근거리에서 직접 확인해야하는 유선 모니터링시스템을 사용한다. 그러나 이러한 방법의 경우 전력을 실시간으로 사고 팔수 있는 스마트 그리드에서는 적합하지 않다. 스마트 그리드는 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 꾀하는 한편, 전력 생산과 소비 정보를 통하여 양방향 및 실시간으로 전력의 유통정보를 공유함으로써 에너지 효율을 최적화를 하는 것이 주목적이기 때문에 기존의 전력전자시스템들은 이에 따라서 실시간으로 원거리에서도 제어가 가능해야 한다.

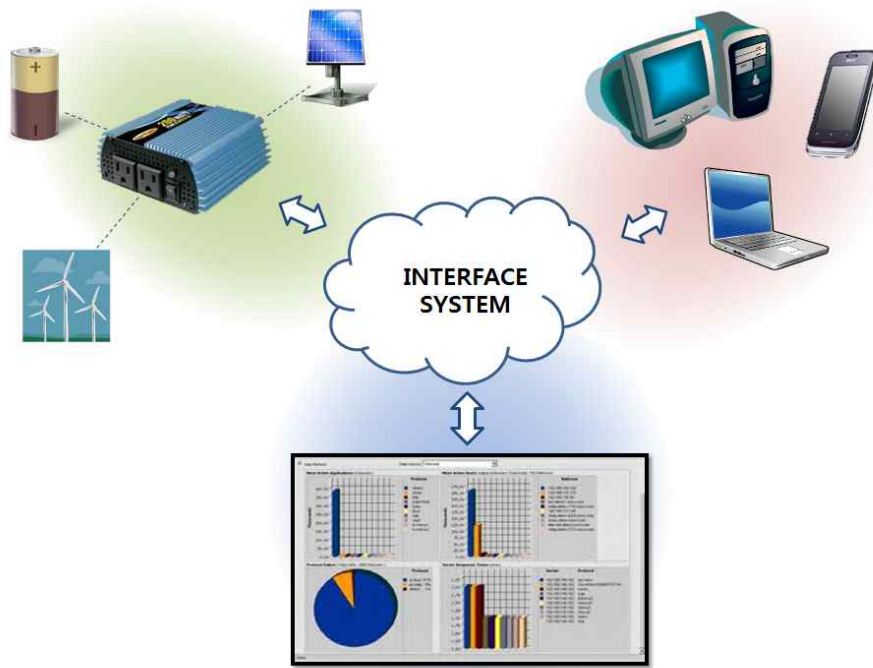


그림 17. 원격 모니터링 시스템 인터페이스 구성도

본 연구에서는 그림 17의 구성도와 같이 데이터 서버를 설치하고 현재 많이 사용하는 스마트기기를 사용하여 실시간으로 서버에 접속을 하여 실시간 발전량, 전력소비량, 누적 소비량 등의 다양한 정보를 모니터링 할 수 있다. 또한 사용자가 미리 지정한 설정에 맞추어 배터리 충전량 등을 능동적으로 제어할 수 있도록 해주는 인터페이스장치를 개발할 예정이다.

sample 사업계획서

- 순시 전력 수급량 및 전력요금 원격 모니터링 기능

기존 배전망 또는 PCS시스템에서 전력을 계획적으로 소비하는 것은 거의 불가능하다. 계통을 통하여 신재생에너지가 발전을 하거나 부하가 소비하는 전력의 순시적인 전력사용량을 사용자가 알기위해서는 PCS에서 직접 확인하거나 또는 전기 계량기를 통하여 누적사용량 등을 확인하여야 한다. 또한 이에 따른 전기요금을 확인하기 위해서는 전기 계약용량과 누진율 등 복잡한 과정을 통하여 계산되기 때문에 실질적인 전기요금은 부과되기 전에는 확인하는 것이 불가능하다. 하지만 계통도 이전과는 다르게 신재생 에너지가 보급되고 개개인이 발전사업자가 됨에 따라 계획적인 전기소비와 발전을 위해서 위와 같은 정보를 더욱 효율적으로 관리하는 것이 필요하다.

본 연구에서 개발하는 어플리케이션은 데이터서버를 통하여 실시간으로 사용자의 집에서 사용하거나 발전하는 전력을 모니터링하고 누적사용량 등의 정보를 사용자에게 적합한 정보로 가공한다. 또한 사용자에게 전력요금, 일일전력요금과 같은 다양한 정보를 제공하고 외부에서 이를 확인하여 효율적이고 계획적인 전력소비를 할 수 있도록 한다.

- PV-BESS 시스템 동작모드 및 원격제어

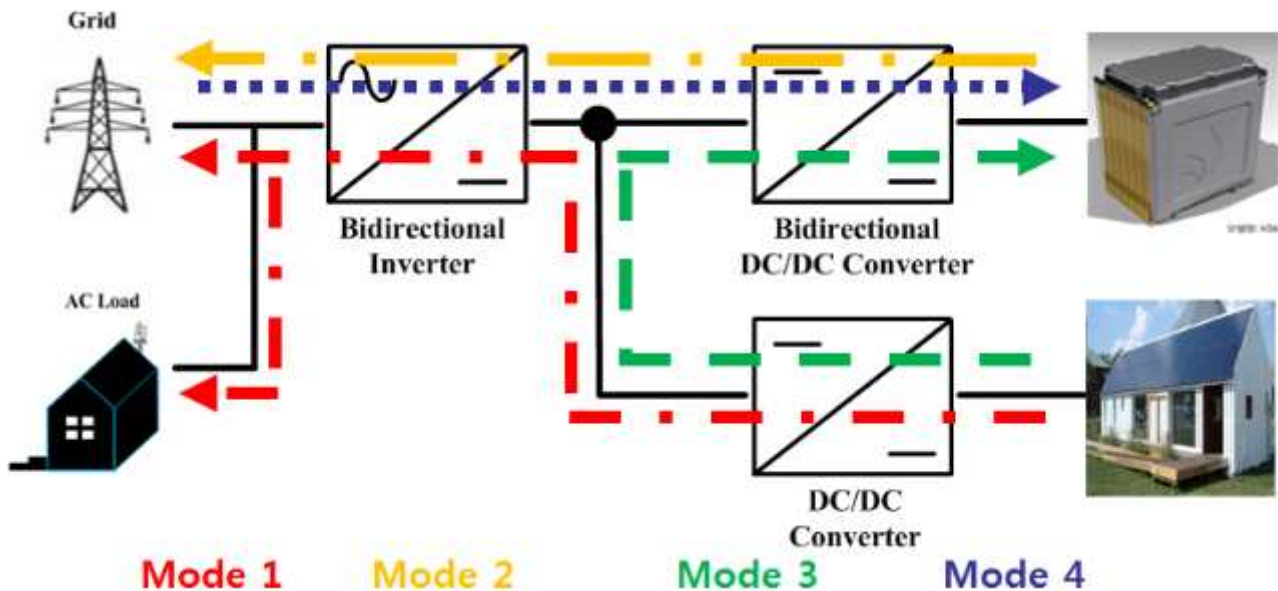


그림 18 PV-BESS 시스템 전체 동작모드

본 과제에서 제안된 PV-BESS 시스템은 총 4개의 동작모드로 운전된다. mode 1은 배터리가 만충전인 상태로 PV에서 발전된 에너지를 계통으로 공급하며, mode 2는 배터리의 에너지만으로 계통에 발전이 이루어지는 단계이다. 이 단계는 피크 시간대에 한전에 전력이 부족할 때 이루어진다. mode 3은 PV의 에너지가 배터리 충전하는 단계이며, mode 4는 계통의 에너지가 배터리만을 충전하는 단계이다. 각각의 동작은 실제 운용 할 경우 전체 시스템이 연속적으로 제어되며 동작한다.

기존 PCS 시스템은 사용자 임의로 동작모드의 변경이 불가능하며 이미 정해진 통계 자료에 따른 부하곡선과 태양광 발전 및 배터리의 충전상태 등에 따라서 모드가 변경된다. 하지만 이러한 방법은 사용자의 실부하 사용 패턴과 일치하지 않아 에너지 사용의 효율성을 저하시킨다.

본 시스템에서는 핸드폰이나 스마트 기기를 사용하여 시스템의 동작모드를 원격지에서 변경이 가능하게 하여 최대 동작모드, 정상 동작모드 그리고 절약 동작모드로 변경이 가능하게 하였다. 동작모드에 따라서 배터리의 충전상태가 90[%], 60[%], 40[%]로 설정되며, 최대모드에서는 배터리가 총 용량의 90[%]까지 충전을 수행하여 가정에서 사용하는 부하들의 대부분의 전력을 계통을 통하여 공급받는다. 하지만 절약모드에서는 배터리 총 용량의 40[%]로 설정되면 배터리에 충전된 전력과 계통전력을 같이 사용하여 계통에서 공급받는 전력량을 줄일 수 있다. 전기단가에 맞는 모드를 사용자가 선정하여 전기 사용의 효율성을 증대시킬 수 있다. 또한 중요부하를 원격지에서 제어함으로써 에너지 절약 및 편리성을 얻을 수 있다.

○ PV-BESS 시스템의 효율적 운용알고리즘 개발

－ 부하평준화(Load Leveling)기법 및 알고리즘 연구

부하 평준화 기법은 배터리를 이용한 에너지 저장장치가 경부하시 유흡전력을 저장하고, 과부하시 그 전력을 사용하여 첨두부하의 분산을 통하여 발전소 건설비, 송전선의 설치비, 전력설비 등의 투자비를 절감할 수 있는 기법이다. 그리고 또한 저장된 에너지를 사용함으로써 여름, 겨울철의 피크전력과 대규모 정전사고에 효과적인 대응이 가능하다. 아래의 그림 19에서는 심야의 유흡전력을 에너지 저장장치에 충전하였다가 주간시간에 방전하는 내용을 보여주며 방출된 전력으로 인하여 피크전력이 절감되어 발전소 및 변전소의 투자비를 줄일 수 있다. 이러한 에너지 저장 시스템이 신재생에너지에 이용될 경우, 신재생에너지의 불규칙적인 에너지를 고품질의 전력으로 변환 하는 등 신재생에너지 보급 확산과 동시에, 실시간 전력거래가 이루어지는 스마트 그리드 구현을 위해서는 반드시 필요한 기술이며, 에너지 저장장치 없는 신재생에너지가 전체 발전량의 10[%]를 상회할 경우 신재생에너지의 불규칙적 특성으로 인하여 전체 전력망의 불안정으로 전력 품질에 심각한 피해가 우려된다. 이로 인해 보다 효율적인 에너지저장 및 방전을 위해서는 유흡전력을 저장하는 시간, 용량 및 방전시간, 용량에 대한 연구가 필요하다.

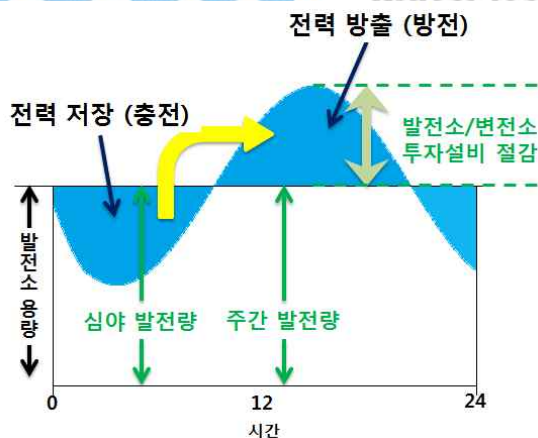


그림 19. Load Leveling 기법

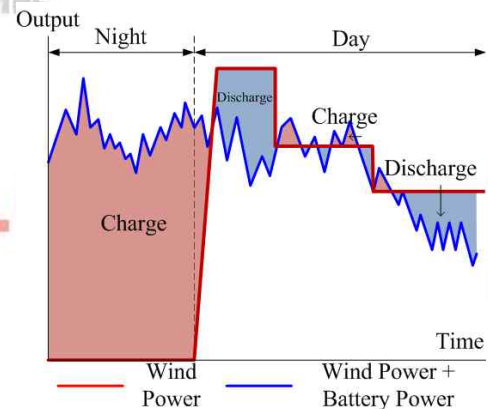


그림 20. 신재생에너지의 전력품질 향상

－ 계절/시간별 전기요금 절감운용기법 연구

현재 전기요금은 주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농업용등으로 구분되며, 이러한 전기요금 중 일반용, 산업용 전기요금의 경우 계절과 시간대별의 차등적 요금이 적용되고 있다. 이 차등적 전기요금은 계약용량 300[kW]미만의 경우 여름철에서 크게 2배 이상, 300[kW]이상의 계약용량에서는 3배 이상까지도 차이가 발생하는 것을 그림 21에 의해 알수 있다. 제안된 시스템의 에너지저장장치인 배터리를 이용하여, 전기요금이 가장 비싼 최대부하시간에 배터리를 방전시켜 계통전력의 사용량을 줄이며 또한 요금이 저렴한 시간대인 경부하시에 배터리를 충전 시키는 것을 기반으로 한 전기요

금 절감운용기법에 대한 연구가 필요하다.

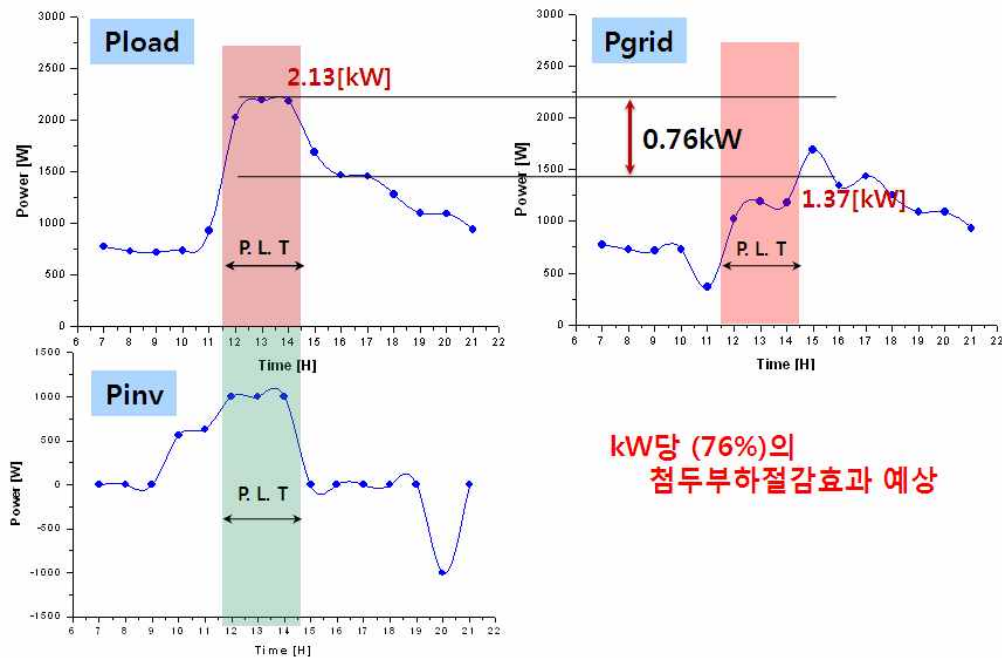


그림 21. PCS시스템의 최대전력절감효과

— 계통연계 및 독립운전 기술 개발과 매끄러운 모드절환 기법개발

제안된 시스템은 계통의 사고나 정전이 발생할 경우 계통과 연계되는 계통연계/독립 운전 절환스위치를 이용하여 시스템이 정전상태에 놓이지 않도록 하는 기능을 가진다. 이러한 기능을 위해서는 전원상태를 감시하여 계통 사고의 발생 시 빠른 절환이 요구된다. 계통연계운전 모드와 독립운전 모드는 다른 제어기법으로 동작되게 되고 이를 위해 계통의 전압, 전류, 주파수 등의 정보가 실시간데이터를 처리 가능한 DSP(Digital Signal Processor)의 사용이 필수적으로 요구되며, DSP 내에서는 계통의 상태를 정확하게 파악할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 예를 들어 계통연계모드로 동작할 때 계통의 사고가 발생하면 독립운전기능으로 동작한다. 이에 따라 연계운전을 하는 경우에는 시스템으로부터 계통으로 발전할 때 전류와 전압의 역률과 전류의 THD를 기준에 맞게 제어해야하며, 이에 따른 전류 제어 기술과 계통의 위상을 추종 기술을 개발해야한다. 그리고 독립운전의 경우 기본적으로 부하의 특성에 관계없이 동작 주파수와 전압의 크기를 정확하게 제어되도록 해야 하기 때문에 강인한 출력전압 제어기술을 개발해야한다. 또한 계통연계모드에서 독립운전모드로의 변환 시 독립운전 모드에서 계통연계모드로의 변환 시 각 제어기법이 신속하게 제어되어 매끄러운 모드 절환이 이루어 지어야한다.

3-3. 수행기관별 업무분장

※ 주관기관, 공동개발기관, 위탁연구기관, 외주용역처리 등별로 담당업무를 명기

수행기관	주요 담당 업무	기술개발 비중(%)
주관기관	- PV용 DC/DC 컨버터 설계 및 제작	40
	- Battery용 DC/DC 양방향 컨버터 설계 및 제작	
	- 시스템 관리를 위한 스마트기기 어플리케이션 개발	20
	- 모니터링 및 웹기반 인터페이스 개발	
공동개발기관	- 3상 DC/AC 인버터 설계 및 제작	20
	- DSP 제어보드 설계 및 제작	
	- 이차전지 용량 설계	20
	- PV-BESS 시스템 주요 알고리즘 개발	
총 계	PV-BESS 시스템 개발과 인터넷을 통한 모니터링 및 동작 구현	100%

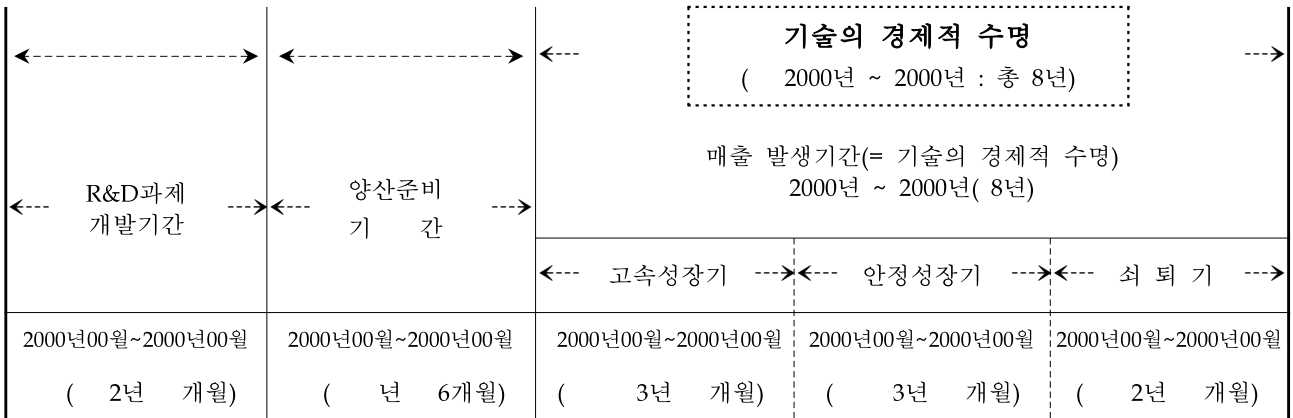
- * 수행기관은 기술개발 추진체계에 포함되어 있는 기관으로 상기의 표를 감안하여 작성요망
- * 외주용역처리란 주관기관이 추진체계에는 없지만 mock-up 등 외부 업체를 활용하는 경우를 의미함
- * 기술개발 비중이란 전체 기술개발내용을 100%로 하였을 경우에 각 수행기관에서 담당한 업무의 비중을 의미함

sample 사업계획서

3-4. 세부 추진일정

차수	세부 개발내용	주행기관 (주관/공동/ 참여/ 위탁 등)	기술개발기간												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1차 년도	1. 계획수립 및 자료조사	주관/공동													
	2. 사양 검토 및 프로토타입 제작	주관/공동													
	3. 에너지저장장치 특성 분석	주관/공동													
	4. 제어보드 설계 및 제작	공동													
	5. PV용 컨버터 설계 및 제작	주관													
	6. 배터리용 양방향 컨버터 설계 및 제작	주관													
	7. 3상 인버터 설계 및 제작	공동													
	8. 시스템 알고리즘 시험	주관/공동													
	9. 신재생에너지의 최대전력점 운전기법 연구	주관													
	10. 계통연계운전 및 단독운전의 매끄러운 모드전환기법연구	공동													
2차 년도	1. 부하평준화 기법 및 알고리즘 연구	공동													
	2. 시스템 운전 시험	주관/공동													
	3. DSP(TMS320F28335)를 이용한 통합 시스템 제어 알고리즘 연구	공동													
	4. 스마트기기 인터페이스 개발	주관													
	5. 모니터링 시스템 개발	주관													
	6. 시스템 모니터링 및 원격제어 개발	주관													
	7. 시스템동작모드 및 원격제어	주관/공동													
	8. 전체 시스템 구성 및 실험	주관/공동													
	9. 시험결과 비교 · 분석	주관/공동													
	10. 시제품 제작	주관													
	11. 인증기관의 시험 · 평가	주관/공동													
	12. 최종 보고서 작성	주관/공동													

3-5. 기술개발 단계별 소요기간



※ 용어정리

- ① R&D 과제 개발기간 : R&D과제 선정후 개발완료까지 소요되는 기간
- ② 양산준비기간 : R&D과제 개발완료 후 매출시현 전까지 양산준비에 소요되는 기간
- ③ 고속성장기 : R&D 과제의 사업화성공으로 인한 시장선점 효과등으로 인해 동업종 평균을 상회하는 성장을 보여 매출액, 순현금흐름 등이 증가하는 기간
- ④ 안정성장기 : 유사기술의 출현등으로 인한 시장의 경쟁 심화등으로 인해 동업종 평균과 비슷한 성장을 보여 매출액, 순현금흐름 등이 안정적인 패턴을 보이는 기간
- ⑤ 쇠퇴기 : 기술의 진부화등으로 인해 매출액, 순현금흐름 등이 감소하는 기간

4. 연구인력 주요 이력

성 명 (구분)		경력사항			전 공 (학위)	최종 학력
		연 도	기 관 명	근무부서/직위		
주관 기관	(과제책임자)	2000 ~ 2000	○○○○(주)	부서/직위	전공	학력
		2000 ~ 현재	(주)△△△△	부서/직위		
	(핵심개발자)	1900 ~ 2000	□□□□(주)	부서/직위	전공	학력
		2000 ~ 현재	(주)△△△△	부서/직위		
공동 개발 기관	(공동책임자)	1900 ~ 현재	○○○○○○	부서/직위	전공	학력
		2000 ~ 현재	○○○○○○	부서/직위		
	(핵심개발자)	2000 ~ 현재	○○○○○○	부서/직위	전공	학력
		~				
위탁 연구 기관 등	(위탁책임자)	~				
		~				
		~				
		~				

※ 구분란에 과제책임자, 핵심개발자(2인 이내) 등 기입, 위탁연구기관이 있을 경우 위탁연구기관 연구책임자도 추가하여 작성

5. 국가연구개발과제 참여실적(신청중 포함)

※ 주관기관과 공동개발기관을 구분하여 그간 기술개발과제 참여실적과 함께 신청·개발중인 과제도 작성

◦ 주관기관

번호	프로그램명 (시행부처/기관)	과제명	총개발기간 (시작-종료일)	총정부 출연금(천원)	참여형태 (주관/참여/ 위탁 등)	과제현황*		
						완료	개발중	신청중
1	○○○사업 (중기청/중기 기관)	○○○개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	주관	○		
2	●●●사업 (중기청/중기 기관)	△△△개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	주관	○		
3	●●●사업 (중기청/중기 기관)	□□□개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	주관	○		

* 주관기관이 신청시점에서 '과제현황' 중 해당하는 사항에 체크(√) 표시

◦ 공동개발기관

번호	프로그램명 (시행부처/기관)	과제명	총개발기간 (시작-종료일)	총정부 출연금(천원)	참여형태 (주관/참여/ 위탁 등)	과제현황*		
						완료	개발중	신청
1	◇◇◇사업 (중기청/중기 기관)	○○○개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	주관	○		
4	△△△사업(중 기청/중기 기관)	△△△개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	위탁	○		
5	□□□사업(중 기청/중기 기관)	□□□개발	2000.00.00. -2000.00.00.	100,000	위탁	○		

6. 연구시설·장비보유 및 구입현황

구 분		기자재 및 시설명	규 격	공급 가액* (백만원)	구입 년도	용 도 (구입사유)	보유기관 (참여형태)
기보유 기자재 (활용가능 기자재 포함)	자사 보유	뇌충격 시험기	200kV	40	2000	특고압절연특성시험	○○○○ (주관기관)
		상용주파내전압 시험기	75kV	15	2000	절연특성시험	○○○○ (주관기관)
		부분방전 시험기	75kVA	80	2000	절연특성시험	○○○○ (주관기관)
		LCR Meter	GWinstec,	3	2000	H/W 개발	○○○○ (위탁기관)
		Power Supply	Tek. 2ch	0.3	2000	H/W 개발	○○○○ (위탁기관)
		DSP 에뮬레이터	TDS510U SB-C2K	0.6	2000	S/W 개발	○○○○ (위탁기관)
	소계						
	공동 장비 활용						
	소계						

7. 개발기술 활용 및 사업화방안

7-1. 개발기술 활용 및 제품개발 계획

※ 기술개발결과와 활용분야 및 활용방안을 구체적으로 서술

※ 기술개발 결과 특성이 반영된 시제품이 최종 제품형태로 개발되는 동안의 계획과정을 자세히 설명

◦ 개발기술 활용계획

- 부하 최대전력관리 분야를 포함한 최대전력저감장치 기술
- 태양광, 바이오에너지, 풍력에너지, 수력에너지, 지열에너지, 해양 조력에너지, 폐기물 에너지 등의 신재생에너지와 연계시스템을 통한 전력변환장치 기술
- IT 기술과 연계된 에너지 리얼타임 모니터링 기술 및 웹기반의 전력제어 기술
- 신재생에너지변환시스템의 전력변환부 설계기술 및 제어기술
- 에너지제어, 모니터링 등에 관련된 제어알고리즘 및 운용기술

◦ 제품개발계획

- 본 과제를 수행 후 완성되는 PV-BESS 시스템의 시제품을 최종 양산가능한 제품의 형태로 개발되는 동안의 기술의 순차적인 계획과정을 살펴보면 아래와 같다.

☞ PV-BESS 시스템의 시제품의 단점 보완

- 알고리즘의 보완 및 하드웨어의 안정적인 동작성능 확보 설계

☞ PV-BESS 시스템의 경쟁력확보를 위한 생산단가 최소화

- 생산단가의 최소화를 위한 부품 및 PCB의 최적화

☞ PV-BESS 시스템의 양산화 과정 도입

- 양산화를 위해 알고리즘, 제어의 강건성 확보
- 양산화를 위한 최적화된 부품과 PCB 제작
- 웹기반 어플리케이션의 안정성확보 및 개개별 시스템의 ID등록 동작

☞ PV-BESS 시스템의 양산화 과정

- 양산화 과정중의 발생하는 문제점 해결
- 제품의 품질관리를 위한 상세한 검증(TEST) 라인 구축

○ 주요 핵심 기술 및 차별화 전략

제안된 시스템은 기존의 ESS시스템과 태양광 시스템이 하드웨어적으로 결합되고 웹 기반의 어플리케이션으로 전체 시스템의 모니터링과 제어가 가능한 형태이다. 또한, 기존의 ESS시스템과 태양광 시스템 대비 아래와 같은 장점 및 차별화된 기능이 보유가 가능하다.

☞ 기존 ESS 시스템에 신재생에너지를 적용한 PV-BESS 시스템 기술

- 신재생에너지의 발전전력의 안정화 및 고품질화
- 배터리 연계함으로써 기존 신재생에너지 시스템의 낮은 활용도 개선
- 기존 태양광시스템의 태양에너지 공급의 단일화된 기능에서 계통의 안정화 기능과 독립적인 전원공급기능 등을 추가함으로써 성능 개선

☞ 침두부하 삭감 기능을 이용한 PV-BESS 시스템 연계 기술

- 신재생에너지의 발전만으로는 불가능한 부하전력의 조절기능(Load Leveling) 가능으로 침두부하의 직접적인 대응가능
- 침두부하의 직접적인 삭감기능으로 전력설비 최소화
- 배터리로 독립운전가능으로 정전이나 계통의 사고시 UPS와 같은 역할가능

☞ PV-BESS 시스템의 상태 모니터링 및 스마트 기기를 활용한 효율적인 운용

- 웹기반의 어플리케이션으로 시스템의 상태 및 주요변수 모니터링 가능
- 현장이 아닌 원격 스마트기기를 통하여, 시스템의 점검 및 고장 진단
- 해외 수출시 원격 스마트기기를 통하여, 해외에 맞는 전기적 사양으로 간편히 수정 가능

태양광 DC/DC 컨버터의 경우와 배터리용 양방향 DC/DC 컨버터의 경우에, 그림 22의

(a)와 같이 현재 세계의 최고 기술 수준은 각각 94[%]이고, 제안된 시스템의 달성 목표는 각각 95[%]이다. 이는 현재 세계의 최고기술인 각각 94%인 것을 1%씩 상승한 경우이다. 이러한 1%의 상승은 예를 들어 그림 5의(b)와 같이 태양광에서 발전된 전력이 모두 배터리로 충전될 경우($0.95 \times 0.95 = 0.9025$) 90.25%의 시스템 효율을 가진다. 그러나 기존의 효율을 고려할 경우($0.94 \times 0.94 = 0.8836$) 88.36%의 시스템 효율을 가져 각기 1%의 효율상승이 약 2%의 시스템 효율상승을 가져온다. 이는 또한 계통에서 배터리를 충전하여 최대부하 시 이를 계통으로 방전할 경우도 마찬가지로 약 2%의 효율 향상을 가져올 수 있다. 이러한 2%의 효율향상은 태양광모듈의 용량을 2% 증대 시킨것과 같은 효과이며, 시스템의 발열감소로 방열판의 사이즈 축소를 꾀할 수도 있다.

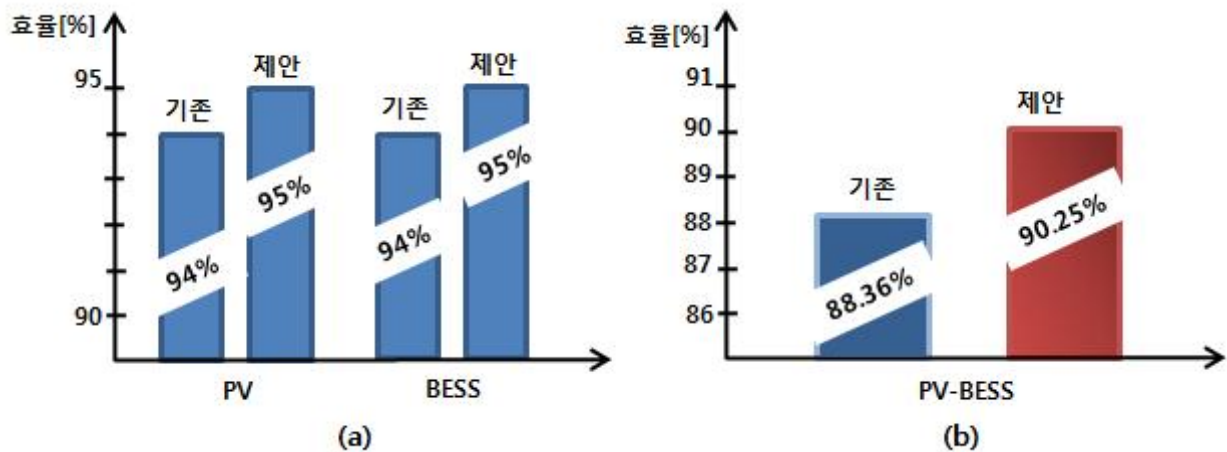


그림 22 기존 시스템과 제안된 시스템의 비교

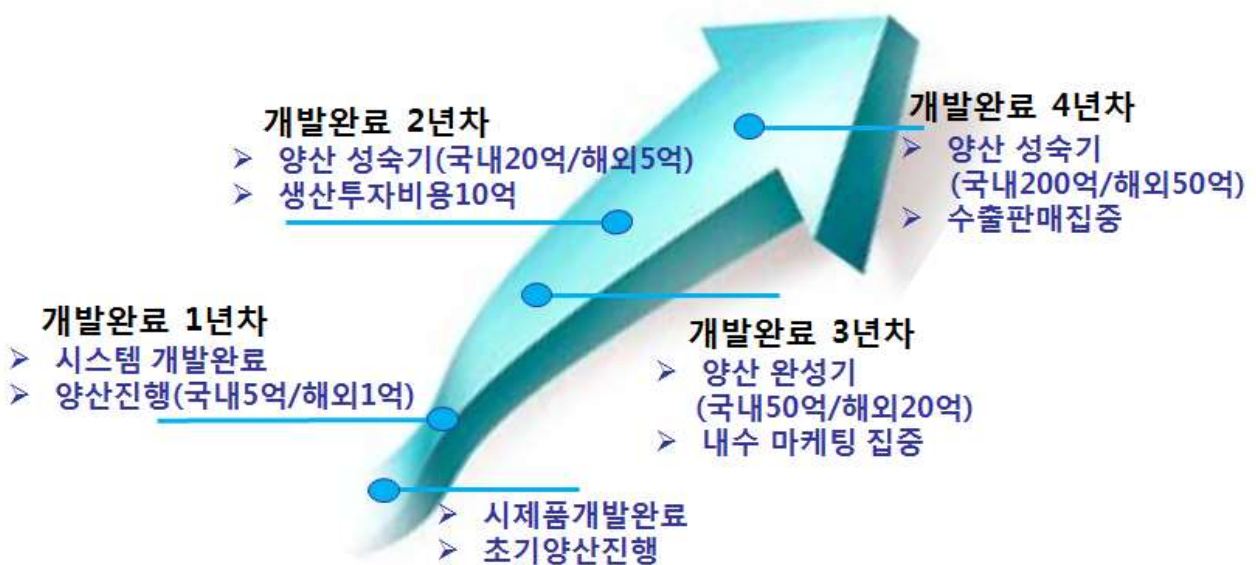


그림 22. 기술 이전 및 상품화 전략 예상도.

7-2. 양산 및 판로 확보 계획

※ 제품화 이후의 양산 계획, 방법 및 양산 제품의 마케팅·판매전략 등 생산 및 판로 확보방안을 구체적, 객관적으로 서술

○ 제품 양산 계획

- 도면화 작업 및 제조사양과 원활한 자재 구매 시스템 구축
- 검사 절차에 있어서 확실한 품질 확보를 위한 시스템 구축
- 판매된 제품에 문제 발생시 사후관리 규정을 통해 신속한 대처를 위한 시스템구축
- 실장설계 : 컨버터 부의 효율성 및 냉각능력을 고려한 설계
- 부품 선정 : 최대의 성능 및 가격 경쟁력을 얻기 위한 최소 수량의 부품 부품의 선정
- 생산공정을 고려한 개발 : 쉽게 도면에 의한 조립이 가능하도록 모듈화하여 시스템 개발
- A/S를 고려한 개발 : 소손이 비교적 적은 변압기부를 분리하고 전력변환부의 분리 및 교체 용이하도록 설계

○ 판로 확보 및 마케팅 계획

- 판로확보를 위해서 기존의 수요업체와 접촉하여 신제품의 특성 시험을 요청하여 공동 시험을 통해 판로를 개척한다.
- 기존의 ESS 시스템 생산업체의 문제점으로 국내 영세기업으로 기술과 품질이 불안정하며 소형 시스템의 경우 경쟁이 치열하여 채산성하락 및 품질 저하로 인해 소비자 불만이 크고 외국산을 선호하는 상태이므로 본 신제품의 출시는 탁월한 성능과 품질로 우위를 비교할 수 있어 기존 시장에 쉽게 진입할 수 있다.
- 해외시장의 경우 직접 수출 및 바이어를 통하여 고객의 요구에 부합하는 제품을 공급하도록 인터넷이나 전시회 등을 통해 홍보하고 기술을 보유한 CEO가 직접 국외시장의 현지를 방문하여 개척하거나 전시회 참관 및 개최를 통해 해외 바이어와 연결을 시도한다.
- 국내시장의 산발적 시장의 경우 군소 경쟁업체가 존재하지만 신기술의 장점을 홍보하고 신제품의 우수성을 입증하여 국내 딜러 및 유통망을 구성하거나 기존의 거래영업망을 활용한다.
- 판로 확보를 위해 신제품의 특성을 요청하여 판로 개척
- 제품의 성능과 품질에 우위를 점할 수 있어 기존 시장에 쉽게 진입 가능 예상
- 전시회와 인터넷 망을 통해 홍보하고 CEO가 직접 국내외 시장을 방문하여 개척
- 전시회 참관 및 해외 바이어와 연결시도
- 제품의 성능을 입증하기 위해 제품의 신기술에 대한 장점 홍보
- 국내 딜러 및 유통망 구성하여 기존 거래 영업망 활용
- 기존의 ESS 제조업체와 제휴 및 공조 추진
- 국내(○○) 스마트그리드 참여업체와의 MOU체결(OEM생산)을 통한 초기 매출확

보 : △△△△ 및 □□□□

- 우수한 중소기업의 기술성만으로는 한전 및 대기업에 대한 영업이 현실적으로 어려우므로 ○○ 스마트그리드 참여업체를 통한 안정된 공급선 확보(OEM) 및 1차 밴드를 통한 우회영업 계획
- 국내 관수(○○)시장에 대한 입지 및 실적 구축을 통한 대기업 및 수출 영업확대

<표 4> 기술개발 후 국내·외 주요 판매처 현황

판매처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상 연간 판매량(개)	예상 판매기간(년)	예상 총판매금 (천원)	관련제품
○○○○	대한민국	23,500	50	10	1,000,000	▷▷▷
△△△△	대한민국	26,000	30	10	1,000,000	▽▽▽
□□□□	대한민국	22,000	50	10	1,000,000	◁◁◁

- ※ 본 기술/제품 개발 완료 후 판매 가능한 판매처를 명기 하되 수요량은 파악이 가능할 경우만 작성
 ※ 관련제품의 경우 본 기술/제품 개발 완료 후 판매될 제품을 명기하되, 판매처에서 원부자재로 사용 되는 경우 최종 제품 명기

7-3. 양산준비기간의 투자금액

* R&D과제 개발완료 후 매출시현 전까지 양산준비에 필요한 투자금액

(단위 : 백만원)

구 분	양산준비 기간(기간 : 년)				
	1차년 (2000 년)	2차년 (2000 년)	3차년 (2000 년)	4차년 (2000 년)	5차년 (2000 년)
시설자금	156	100	100	0	0
건물, 구축물	500	200	0	0	0
기계장치	100	70	50	0	0
기타 자본적 지출	50	100	150	0	0
운전자금	500	350	20	100	0
계	1,306	820	320	100	0

※ 미상각자산(토지 등)은 기재 생략

상세근기

(가) 시설자금 (단위 : 천원)

개발완료후 예상 설비 및 생산장비 내역.

<LCR Meter ×2 = 10000> <전자부하기10kW = 30000>

<Power Supply ×5 = 1500> <DSP 에뮬레이터 × 5 = 3000>

<Oscillo Scope LeCroy 200MHz = 15000> <Oscillo Scope LeCroy, 1GHz = 25000>

<Power Analyzer = 30000> <DSP 3X 에뮬레이터 ×2 = 1000>

<Function generator × 2 = 20000> <항온항습기 × 2 = 20000>

총 합계 : 155,500

(나) 운전자금

개발완료 1년차 운전자금 예상내역

전문가 인건비 2명 = 80000

양산라인 생산직 인건비 6명 = 120000

외주가공비 및 원재료 구입비 = 300000

양산라인이 확대됨에 따라 매차년 감소 할 것으로 예상됨.

7.4. 판매계획

연 도 별		1차년 (2000 년)	2차년 (2000 년)	3차년 (2000 년)	4차년 (2000 년)	5차년 (2000 년)
제품 1	국내	440	880	1760	2540	3960
	해외	0	0	220	660	1320
제품 2	국내					
	해외					
제품 3	국내					
	해외					
합계		440	880	1,980	3,200	5,280

(단위 : 백만원)

7.5. 추정 손익계산서(요약)

(단위 : 백만원)

구 분	1차년 (2000 년)	2차년 (2000 년)	3차년 (2000 년)	4차년 (2000 년)	5차년 (2000 년)
매출액	440	880	1760	2540	3960
매출원가	220	440	880	1270	1980
(감가상각비)	(156)	(140)	(124)	(109)	(93)
매출총이익	220	440	880	1270	1980
판매및관리비	15	30	61	88	138
(감가상각비)	(156)	(140)	(124)	(109)	(93)
영업이익	205	410	819	1182	1842