

차세대 전력시스템 개발

디젤발전기-전기저장장치-신재생에너지 연계

끊임없는 연구개발을 통해

전기안전기술의 선진화를 이룩하여 전기재해를
예방하겠습니다.



한국전기안전공사 전기안전연구원

미래기술연구팀 한윤기 팀장

1

목차



1. 현황 (한국과 베트남의 전력 품질 비교)
2. 무정전 전력 공급의 필요성
3. KESCO 의 전력기술 소개
4. 기술개발 (스위치, 에너지관리시스템)
5. 경제성 분석
6. 전력기술 사업화 전략
7. 설치사례
8. 결론

1. 현황



✓ 한국과 베트남의 전력 품질 비교

구분	한국 / 2014년	베트남 / 2013년 Tuoi Tre 2014.01.07.
SAIDI (호당정전시간)	10.9 분	4,113 분 (68 시간)
SAIFI (호당정전횟수)	0.19 회	27 회 23 회 (5 분 이상) 4 회 (5 분 미만)
SMP (계통한계가격)	90 원 / 1 kWh	110 원 (1,986 동) / 1 kWh

- 한국은 우수한 전력 품질을 확보함에 불구하고, 강제 순환 정전 사태가 발생
- 무정전 전력시스템 구축에 대한 필요성이 대두됨
- 베트남은 한국보다 정전시간(377배) 및 정전횟수(142배) 등 전력 환경 열악

2. 무정전 전력 공급의 필요성



전력 수요 증가



노후 발전소 증가



송배전망 건설난항

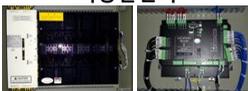


원전 안정성 우려

비상발전기 기반
마이크로 그리드 구축 필요



비상발전기



CTTS

STEP 1. 비상발전기 + CTTS

- 시설치 자원(전국 약 20GW)으로 접근 용이
- 빠른 기동 가능 및 유지 보수 용이

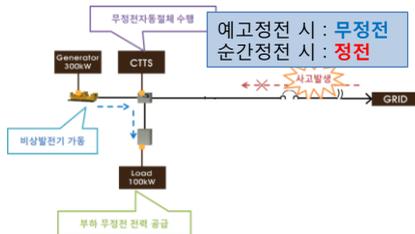
STEP 2. ESS 추가

- 발전기 초기 구동 시간 문제 해결
- 부하 절제 시 정전 문제 해결

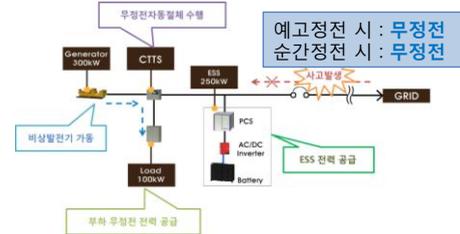
2. 무정전 전력 공급의 필요성



무정전 전력시스템의 구성요소



<비상발전기-CTTS 전원투입 구성도>



<비상발전기-CTTS-EESS 전원투입 구성도>

- 비상발전기 : 예고 정전시 무정전, 순간정전시 정전 발생
- 단주기(C Rate 4 이상)의 EESS(전기에너지저장장치)를 이용
 - 비상발전기-EESS를 통합제어하는 EMS를 이용
 - 순간정전에도 무정전 전력공급이 가능 (**완전 무정전 전력시스템 구축**)

3. KESCO 의 전력기술 소개



한국의 마이크로그리드시스템 도입 현황

구분	내용
사업명	비상발전기 공급 자원화 사업(비상수급조절사업)
주관기관	한국전기안전공사
예산지급	국회
사업기간	2014.01.01~2015.06.30 (18개월)
사업예산	125억원
대상	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전국 86개 공공기관, 비상발전기 용량 13만kW 확보
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무정전전체 설비를 도입함으로써 무정전전력시스템 구축 기반 마련 ▪ 정전을 수반하는 기존 시스템을 무정전전체 설비로 개조하는 사업 ▪ 비상발전기를 일반 부하까지 공급범위 확대를 위한 부하이동 등 시설 개선

3. KESCO 의 전력기술 소개



- ✓ 사업결과 : 자원화 용량 13만 kW확보, 부하용량 6만4천 kW 구축완료
 - 정부 : 자원화 성공에 대한 높은 신뢰감 공사에 전달, 향후 시범사업 결과 필요
 - 국회 : 국감결과 원전사업 지속보다는 기존자원 활용 요구, 국회공청회 개최 요구
 - 언론 : 수급조절에 대비 가능성, 개발도상국 해외 시장 수출 대상 평가
 - 정부지원 사업에서 민간 자율에 의한 시장확대
 - 사업종료 후 도로공사, 수자원공사, 공항공사(인천, 김포, 광주공항) 발주 진행 중임



<연구개발 MOU에 국회의원(조경태 의원) 참석>
KEPCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

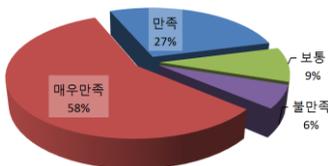


<우간다 전력업체 방문>

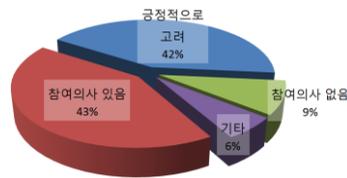
3. KESCO 의 전력기술 소개



- ✓ 비상발전기 공급자원화 사업 만족도 설문조사
 - 일시 : 2015년 8월 19일 ~ 2015년 8월 28일
 - 대상 : 비상발전기 공급자원화 사업 참여 공공기관 담당자 34명
 - 설문조사 결과 : 공공기관 담당자 총 34명 중 33명 설문 응답 / 응답율 : 97.1%
- ✓ 설문조사 결과분석
 - 사업에 참여한 공공기관 담당자의 85% 가 만족한다고 응답
 - 향후 ESS 연계 등 확대사업에 대해서는 85% 가 참여의사 있다고 응답



<비상발전기 공급자원화 사업 만족여부>



<향후 확대사업에 대한 참여의사>

3. KESCO 의 전력기술 소개



잠자던 비상발전기 ‘飛上’ 시동...수급 조절 ‘단비’ 될까

비상발전기 공급지원화 사업의 성과와 과제

비상용 발전기를 수요자원으로 활용하겠다는 ‘비상용 발전기 공급지원화 사업’의 시범 개조 작업이 마무리됐다. 앞으로는 해당 발전기들을 실제 수요자들에 활용함으로써, 공급지원화사업의 가능성을 검증하는 절차에 돌입할 전망이다.

용량은 원자력 발전소 고가 발전기와 약 2GW 정도에 불과하지만, 사실상 사정된 자원인 비상발전기를 ‘재활용’하겠다는 시도로 큰 관심을 받았던 이번 사업의 성공 여부에 귀추가 주목된다.

지원화 사업은 국회가 전력산업기본조성사업 중 전력수요관리사업의 신규 사업으로 12억원의 예산을 편성하면서 지난해 초부터 시작됐다.

최근엔 지식경제부엔 산업부와 관련이 수행한 자가발전기 수요관리사업 활용 확대방안 연구 과제 이후 전력산업예안부의 지속적인 사업 추진 요구가 있었고, 국회에 걸린 가능성 검증에 따른 결과 추진이 결정됐다.

이는 초기 전력공급이나 계통운영 시 발생할 수 있는 다양한 기술적 문제, 높은 연

료비와 배전, 발전기 품질, 적절한 유지보수 시스템 부족 등에 대한 지역으로 활용 가능성이 낮다고 평가되었던 것과는 상반된 결과로, 그동안 등-하계 피크 시 공공기관 비상발전기를 활용함으로써 가능성을 검증받은 것으로 분석된다.

하지만 비상발전기를 본격적으로 활용하기에는 보다 정밀한 검증이 필요하다는 판단에 따라 시범사업의 성격이 강한 이번 지원화 사업이 시작됐다.

사업 주관기관은 비상발전기 검사 기관인 한국전기안전공사가 맡았다. 전기안전공사는 총 15만kW 발전 용량 확보를 목표로 지난해부터 올해 말까지 사업을 진행했다.

산업부와 전기안전공사는 이 과정에서 시범 대상 공급기관을 선정하고, 지원화 핵심 분야인 무정전전압제출비의 공인시험 방법과 기준, 규격 등을 정립했으며, 환경 시

중과 시후관리 등을 담당할 참여사업자 10여곳을 지정했다.

그 결과로 전국 8여 개 공공기관의 발전기에 대한 시설 개조가 마무리됐다. 향후 수요 관리에 활용될 예정이다.

사업에 대한 평가는 아직 이르지만, 전력 산업계는 해당 사업이 새로운 자원의 수급 조절 도모로 상황할 가능성에 기대감 섞인 시선을 보내고 있다.

수용가에 설치된 비상발전기는 비상상황 시 ‘특수’ 전기를 공급할 수 있는 최적의 자원으로, 국가 전력피크 시나 재난, 재해 발생 시 활용할 수 있는 가능성까지 엿보이기 때문이다.

특히 사업 성공 시 전력 부족 사태를 겪고 있는 개발도상국 등 해외에 수출할 수 있는 시스탬으로 성장할 수 있는 잠재력도 높게 평가되고 있다.

또 무정전전압제출을 도모함으로써 비상발전기의 수명 연장도 유지보수 용이성 확보, 피크타임 시 비상발전기 활용으로 전 기요금 기본료 절감, UPS·전동기·전산

장비 보호 등 활용성이 크게 확대된다는 점도 장점으로 꼽힌다.

그럼에도 비상발전기가 수요관리 자원으로 본격 활용되기까지는 아직 산적한 과제가 많다.

관련 업계가 가장 큰 걸림돌로 꼽은 문제는 연료비와 배연이다.

최근 국내 유가 하락으로 비상발전기의 주요 연료인 경유의 가격도 떨어지면서, 연료비 문제는 어느 정도 안정된 상황이다. 하지만 향후 국제 유가의 움직임에 따라 비상발전기의 경제성 문제가 수면 위로 올라올 수 있다.

이에 대한 대안으로 디젤과 천연가스를 동시에 사용하는 혼소발전기시스템이 주목받고 있지만, 보다 완벽한 해결책을 찾는 노력도 필요하다.

대만 문제도 산업부와 환경부의 협의가 있었지만, 장기적으로 봤을 때 방-규정 정비와 배연저감 시스템 확대 등 보다 구체적인 대책을 마련하는 것이 안정적일 것이다.

비상발전기에 대한 인식 제고와 설비 품질

검 고도화도 절실하다. 현 사업은 수용가 내부의 부하를 비상발전기 대체하는 방식이지만, 더 발전하면 비상발전기의 분산 전원화도 가능하다.

상용전원으로 활용해도 될 정도로 비상발전기의 설비-전기 품질이 우수하다는 것을 알려 ‘비상발전기=비상전원’이라는 인식을 깨는 동시에 제품의 품질을 고도화하는 노력이 동시에 이뤄져야 할 필요가 있다.

아울러 ▲산단급·전력 없이 시공 후 공사비 일시 지급으로 공공사업체의 자금 회전 곤란 해소 ▲시공 재원서 작성을 빌미로 시공업체에 무리한 요구를 하는 대상 공공기관들의 회로 등 사업 추진 과정에서 불거진 여러 문제들을 해결하는 것도 숙제로 남아 있다.

한 사업 관계자는 “대상 기관의 확인이 필요한 사업비를 받을 수 없는 시스템을 빌미로 공공기관이 사업업체에 호소 압력을 가할 수도 있다. 약속한 작업 내역을 사전 협의 없이 대용량으로 떠넘기는 바람에 재계약과도 연쇄적으로 내야 했다”고 말했다. “사업 과정에서 불거진 여러 문제들만 잘 해결하면 다른 비상발전기를 새로운 자원으로 활용하는 날도 멀지 않을 것”이라고 전했다.

김영일 기자 (kso@k)

비상용 발전기 공급지원화 사업 시설 개조 작업 완료...조만간 수요 관리 활용 전기안전공, 총 15만kW 발전 용량 확보 목표, 지난해 부터 9개월간 사업 진행

전기신문 / 2015년 7월 27일 (월)

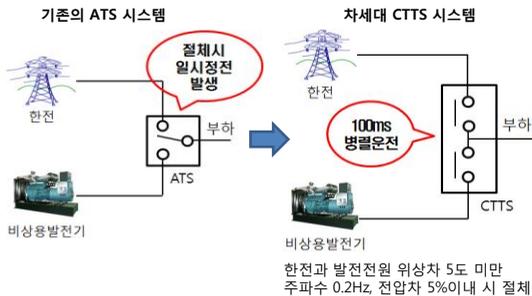
KESCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

4. 기술개발 (스위치 개발)

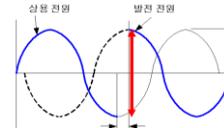
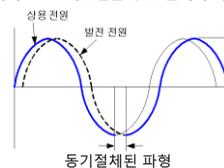


CTTS(Closed Transition Transfer Switch)

- 한전 전원과 발전기 전원의 주파수 및 전압 동기를 맞춤
- 100ms 이내 동안 병렬운전을 한 후 **무정전으로** 발전기 측으로 전환하는 스위치



차세대 CTTS 시스템을 통한 절체시 파형



180° 위상차 발생된 상태에서 절체시 파형

KESCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

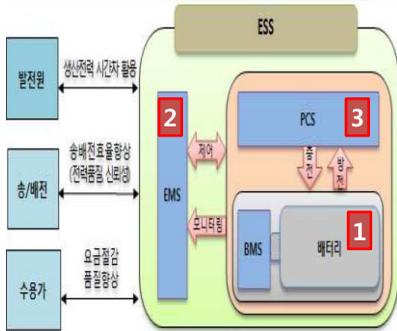
4. 기술개발 (에너지저장장치 개발)



✓ 에너지저장시스템(Energy Storage System, ESS)

- 생산된 전기에너지를 저장하여 필요 시 사용 가능한 시스템
- 에너지저장기술 개발은 현재 전력 저장 위주로 진행되고 있음 (배터리를 이용한 ESS)

✓ ESS 구성요소



구성요소	종류
1. 저장장치	배터리, 압축공기저장소, 저수지 등
2. 변환장치	전력변환장치(Power Conditioning system, PCS), 압축기/팽창기, 발전기 등
3. 제어장치	배터리관리시스템(Battery Management System, BMS) 에너지관리시스템(Energy Management System, EMS)

주1) PCS : 주파수, 전압을 계통 및 부하 특성에 맞게 변환하고 관리하는 시스템

주2) BMS : 배터리(전지) 시스템과 배터리의 충방전 상태 관리 및 제어

주3) EMS : 모니터링하고 제어하기 위한 시스템

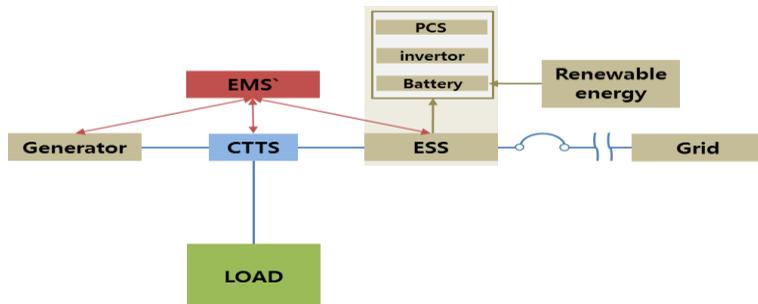
KEPCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

11

4. 기술개발 (에너지관리시스템 개발)



✓ 에너지관리시스템, EMS(Energy Management System)



<ESS-신재생에너지 연계 EMS 모식도>

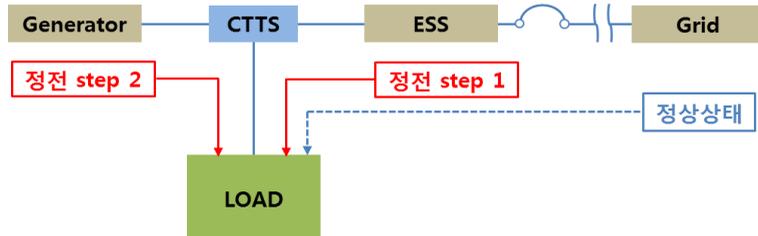
- 에너지 흐름의 모니터링 기능과 제어기능을 제공
- 분산된 신재생에너지 자원 사용을 최적화하여 운영 효율성을 높임

KEPCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

4. 기술개발 (에너지관리시스템 개발)



✓ 에너지관리시스템, EMS(Energy Management System)



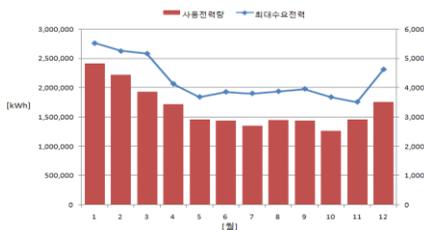
<정전 발생시 무정전 전력 투입 모식도>

- 정상상태 : 정상적으로 전력망에 전력 공급
- 정전 step1 : ESS 를 통해 전력을 공급 (비상발전기 가동 전까지)
- 정전 step2 : 비상발전기가 전력 공급 (비상발전기가 전력공급 가능한 시점부터)

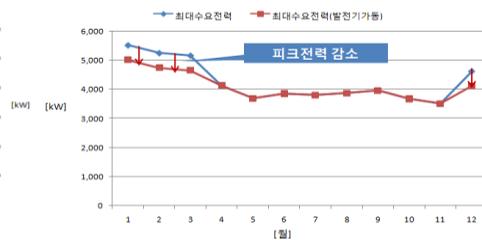
5. 경제성 분석



✓ 피크제어를 통한 경제성 확보 (대한민국)



<월별 최대수요전력 및 사용전력량>



<비상발전기 가동에 따른 최대수요전력>

- 피크 전력시간의 비상발전기 가동으로 피크 전력 감소 → 전기요금 절감
- 고객과 국가 모두 경제성 확보 가능
 - 기존 자원 활용으로 경제성을 확보할 수 있음 / 발전소, 송전탑 건설 회피
 - 중앙급전 발전소와 건설비용 비교 : 양수발전(1/5.2), 화력발전(1/6.5), 원자력발전(1/15)

5. 경제성 분석



✓ 정전에 따른 손실 분석

무정전시스템 구축 비용 (1MW 기준)		정전시 예상되는 손실 비용		
		정전시간	정전비용	예상 손실액
비상발전기	10만원/kW	1분 이하	42,288원/kWh	0.07억/1회
CTTS	1억원	30분 이하	62,689원/kWh	0.3억/1회
ESS 가격	50만원/kWh	1시간 이하	71,661원/kWh	0.7억/1회
무정전시스템 구축가격	7억원 (1억원+1억원+5억원)	투자비 상환조건	1분 이하 정전 100회 30분 이하 정전 24회 1시간 이하 정전 10회	

* 무정전시스템 구축가격 = 비상발전기 가격 + CTTS 가격 + ESS 가격

- 정전 : 사전대비가 불가한 이벤트 → 비교적 큰 경제적 영향 발생 → 사전 대비 절실
- 무정전시스템(1 MW 부하 가정) 구축으로, 10~100회 정전 발생 후 투자비 상환 가능

5. 경제성 분석



✓ 베트남 현지 사업별 경제성 분석 (진행 중)

- 산업분야별 설문조사를 통해 차세대 전력산업 경제성 분석
- 공통사항과 특이사항 구분을 통한 산업별 특화 전력산업 디자인

구분	경공업	중공업	서비스업
	의류, 봉제 등	금형, 주물틀 등	정부, 공공, 전산, 빌딩, 서비스 등
공통사항	노동력관련 장비감가상각 복구비용	좌동	좌동
특이사항	제품신뢰도	정전으로 인한 원자재 품질 저하	좌동

<산업분야별 비용 발생 항목>

5. 경제성 분석



✓ 베트남 현지 사업별 경제성 분석 (예시 : H 社)

대분류	소분류	계산식
노동력	정전시간 동안 순수 노동력	인원×시급×정전시간 @50명 ↑ X 21만원 X ¼ X 12회 = 3,150만원 ↑
	복전 후 정상화에 필요한 노동력	인원×시급×정상 가동에 걸리는시간×정전횟수 @50명 ↑ X 21만원 X 1 X 12회 = 12,600만원 ↑
	추후 야간 작업으로 인한 노동력	인원×추가수당×추가근무시간 @50명 ↑ X 0.1만원 X (¼+1) X 12회 = 75만원 ↑
장비 감가상각	전정으로 인한 장비손상	장비가격×장비손상률 @5억 X 0 = 0만원
복구비용	정전복구비용	복구비용 @100만원 ↑ X 12회 = 1,200만원 ↑
특이사항	제품신뢰도(경공업)	균일도를 통한 제품신뢰도 및 기업이미지비용 @10억 ↑ X 0.05 = 5,000만원 ↑
	기업이미지(중공업)	
	원자재 손실에 따른 감가상각	중공업×품질저하율 @0.1억 X 0 = 0만원

5. 경제성 분석

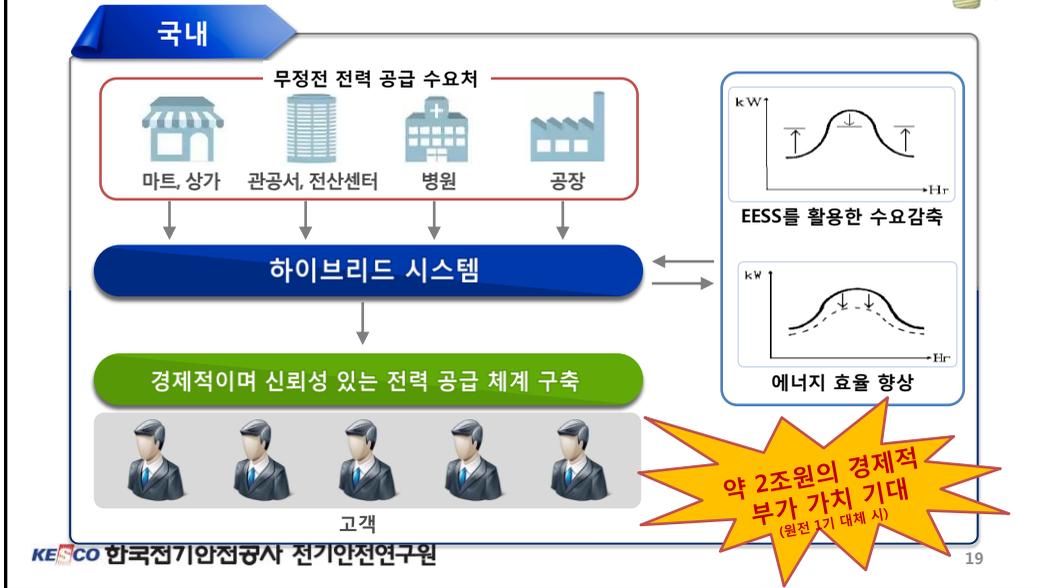


✓ 베트남 현지 사업별 경제성 분석 (예시 : H 社)

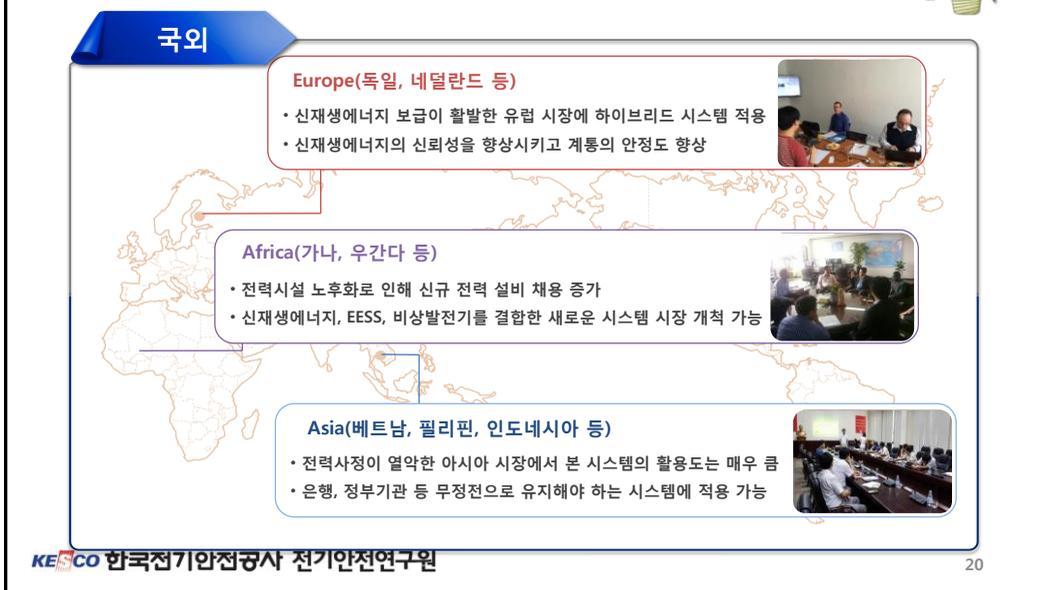
항목	대분류	소분류	비용
정전으로 인한손실 (년간)	노동력	정전시간 동안 순수 노동력 (3,150만원)	1억5,825만원
		복전 후 정상화에 필요한 노동력(1억2,600만원)	
		추후 야간 작업으로 인한 노동력(75만원)	
	장비 감가상각	전정으로 인한 장비손상(0만원)	1,200만원
특이사항	정전복구비용(1,200만원)	50백만원	
	기업이미지(중공업) (5,000만원)		
		원자재 손실에 따른 감가상각(0만원)	
		합계	2억2,025만원
무정전설비 구축 비용 (주요부하 기준)	수전용량	전체 용량 : 3,600 KW (4,500 KVA)	
		대상 용량 : 1,440 KW(주요부하용량 40 %)	
	무정전 설비 구축 단가	7억원/1 MW	약 10억원

* 투자비 상환 조건 : 약 5년

6. 전력기술 사업화 전략(국내)



6. 전력기술 사업화 전략(국외)



7. 설치사례

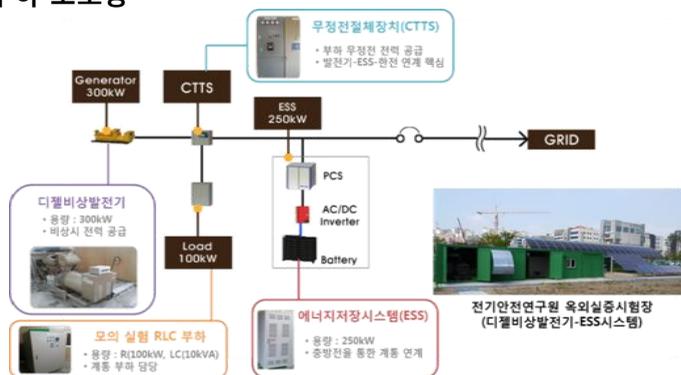


1. 중요부하 (병원, 군사시설, 데이터센터)
2. 송전선로 설치 불가지역 (오지, 도서지역)
3. 마이크로그리드
(태양광, 풍력 등 신재생 에너지원과 ESS가 복합된 차세대 전력망)

7. 설치사례



✓ 주요부하 보호용



- 한국전기안전공사 전기안전연구원(전북 완주) 실증시험장
- 디젤발전기, CTTS, ESS, 모의 RLC 부하로 구성

7. 설치사례



✓ 도서지역



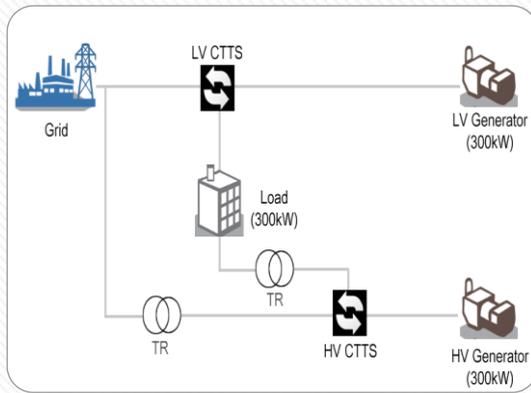
- 가파도 마이크로그리드 섬 (제주) 구축
 - 태양광 및 250kW급 풍력발전기 2기, 134세대에 전력 공급
- 삼마도 마이크로그리드 섬 (전남) 구축
 - 200kWh생산, 92세대에 전력 공급 → 투자비용 34억원 / 전기요금 5.8억/1년

7. 설치사례



전기안전연구원

✓ 무정전 저압 및 고압 연계 실증 시험장 구축



<전기안전공사 전경>



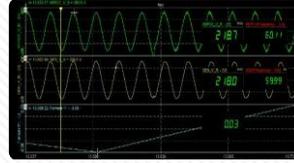
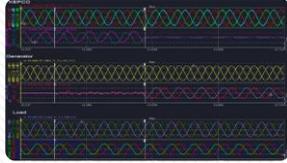
<실증시험장 전경>

7. 설치사례



전기안전연구원

비상발전기-계통 동기 조건 동작 성능 시험을 통한 시스템 신뢰성 확보

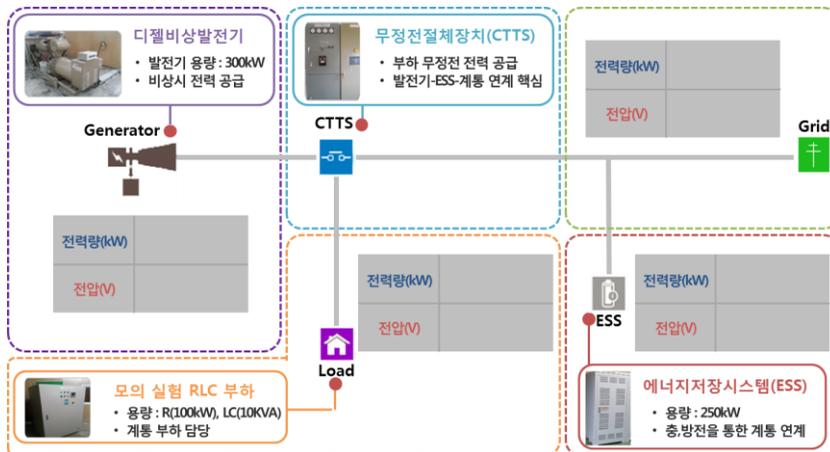


- 비상발전기-계통간 동기 조건 성능 시험
 - 전압차 : 0.7V
 - 주파수차 : 0.03Hz
 - 위상차 : 0.03°
 - 병렬운전시간 : 67.51ms
- } **UL 1008 기준 만족**
- 비상발전기-계통 간 동기 조건 및 100ms 이내 병렬운전 만족, 부하 무정전 유지

7. 설치사례



비상발전기 기반 Micro Grid 실증 시험장 구성도



7. 설치사례



- ✓ 완전 무정전 전력공급시스템 구성도



KEPCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

구성 요소

- 디젤 비상발전기
- 고압, 저압
- 에너지저장시스템(ESS)
- 무정전절체설비(CTTS)
- 고압, 저압
- 모의실험 RLC 부하

27

7. 설치사례



- ✓ 완전 무정전 전력공급시스템 정전 시뮬레이션
- 정전에서 복전까지 무정전으로 전력 공급
 - CTTS 제어, 중앙 급전 → EESS → 비상발전기 → 중앙 급전

KEPCO 한국전기안전공사 전기안전연구원

28

8. 결론



- ✓ **차세대 전력망을 통하여, 전력불안정을 해결할 수 있음**

 - 전력품질 향상으로 정전 시간 및 정전 횟수를 줄일 수 있음
 - 2015년부터 수요량이 한정된 공급량을 넘어서게 되는 문제 해결
- ✓ **차세대 전력망을 통하여, 경제성이 확보됨**

 - 정전시 발생하는 정전비용을 보상받을 수 있음
 - 안정적인 전력환경 구축을 통하여 산업활성화를 유도할 수 있음
- ✓ **차세대 전력망을 통하여, 도서지역 오지 등에 전력사용이 가능**

 - 발전소, 송전선로 설치가 어려운 지역에도 전력 공급이 가능
 - 안정적인 전력공급을 통하여 지역사회 균형 발전이 가능