

마이크로그리드(MG)와 ICT 기술

김응상 (한국전기연구원 스마트배전연구센터)

1 서론

과거에 전력공급은 주로 원자력발전, 화력발전, 수력발전 및 기타 발전으로 전력을 공급해 왔으며, 이러한 발전시스템의 대부분은 회전기를 이용한 교류발전 형태이었다. 하지만 국제적인 에너지환경 문제가 대두되면서 그린에너지전원의 개발 및 보급이 확대되기 시작하였고 선진국을 비롯한 우리나라 역시 1990년대부터 태양광, 풍력, 연료전지 및 전력저장시스템 등 분산형전원의 보급이 확대되면서 독립형 및 연계형으로 마이크로그리드 형태로 전원공급이 변화되어가고 있으며, 이는 또한 기존의 회전기 형태가 아닌 전력변환장치를 이용한 전력공급 형태로 변화되어 가고 있는 추세이다.

이와 같은 여러개의 분산형 전원이 복합 연계되어 연계형이든 독립형이든 마이크로그리드 형태로 전력을 공급 하는 경우는 각자의 특성이 다른 전원들이 하나로 복합연계되어 부하로 전력을 공급해야 하므로 복합제어 기술이 우선 중요하며, 이러한 복합제어 기술은 국내외로 표준 및 기술기준화 하여, 공동대응하는 것이 또한 대단히 중요하다.

우선 태양광분야는 국제적인 전기에너지위원회 IEC TC 82, 풍력은 IEC TC 88 및 연료전지는 IEC TC 102의 각 워킹 그룹에서 전력변환장치 분야를 담당하고 국제적인 표준 및 기술기준 작업을 진행

해 왔고 전력저장시스템은 2012년 일본의 제안으로 IEC TC 120이 구성되어 각 워킹 그룹(WG : Working Group)에서 표준 및 기술기준 작업을 진행하고 있다. 한편 국내에서는 1990년대는 국가기술표준원 주관 하에 에너지관리공단이 주도적으로 추진하여 왔고 최근에는 스마트그리드가 대두되면서 한국스마트그리드 협회 산하 표준포럼에서 분산전원도메인 위원회 위주로 상기 업무를 주관하여 왔으며, 전력저장시스템의 전지 분야는 전지협회 중심으로 전지에 대한 표준작업을 수행해 왔다. 따라서 본 고에서는 태양광, 풍력, 연료전지 및 전력저장시스템 등 분산형 전원에 대한 전력변환장치의 국내외 표준화 작업 및 기술기준의 진행 상태를 정리해 보고자 한다.

2. 마이크로그리드(MG : Microgrid)

2.1 MG 개요

풍력, 태양광 등 고갈되지 않는 분산형전원을 효율적으로 이용할 수 있는 마이크로그리드(Microgrid : MG)가 주목 받고 있다. 마이크로그리드는 여러개의 분산형전원을 이용하여 독립 또는 연계형으로 전기와 열 등의 에너지를 공급하는 새로운 개념의 에너지 네트워크[1]이다. 이는 기존 전력시스템과 상호보완적인 관계를 가지고 있다.

마이크로그리드의 구성요소로는 전력변환장치인 PCS (Power conditioning system), 보호계전기 및 정지형스위치인 STS/IED(Static transfer switch / Intelligent electric device), 게이트웨이(gateway), 마이크로그리드 에너지관리시스템 (Microgrid management system, MMS) 등이 있다.

PCS는 분산형 전원들의 전력공급을 위하여 사용하는 경우가 많으며, 범용의 분산형 전원 기기들을 통합적으로 관리, 제어하기 위한 연계사단으로 게이트웨이를 사용하고 있다. 보호계전기 및 정지형스위치는 마이크로그리드의 계통연계점에 설치하여 전력계통 및 마이크로그리드 내부를 보호하는 계전기의 기능과 이상 검출 시 마이크로그리드를 전력계통으로부터 빠르게 분리하는 역할을 하는 정지형스위치가 결합된 기기로 계통사고시나 전력품질 저하 시 이를 검출하여 마이크로그리드를 계통에 재동기(re-synchronization)한다. 마이크로그리드 에너지관리시스템은 마이크로그리드의 운전 목적에 따라 에너지원, 저장장치들을 제어하게 되며, 필요에 따라서는 부하까지도 제어함으로써 운전하게 된다. 운전의 목적은 에너지비용의 최소화, 전력구입량의 일정화, 피크 컷, 무정전화 등이 될 수 있으며, 제약조건들을 고려하여 발전 계획을 세우고 이를 실시간으로 보정할 수 있다. 각각의 구성요소에 대한 기능은 표 1과 같다[2].

2.2 에너지저장장치

에너지저장장치(Energy Storage System, ESS)는 생산된 전력을 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하여 에너지 효율을 높이는 시스템을 의미한다. 기존의 단방향 전력흐름의 계통구조에서 양방향 구조로 변화시키기 위한 핵심 구성요소로써 신재생에너지원의 영향을 완화시키고, 전력사용량의

평준화 등 미래전력망의 핵심 기술에 활용되며, 전력공급 시스템 안정화에 기여한다.

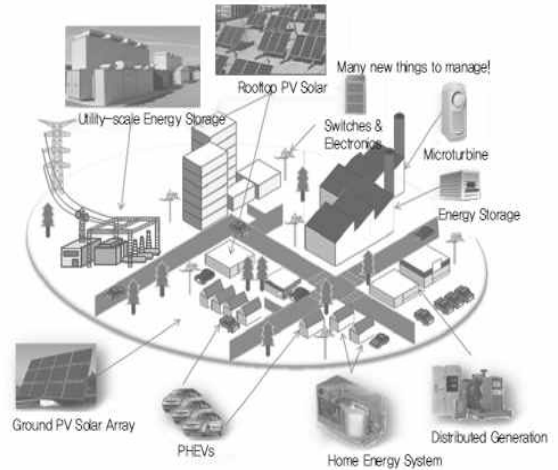


그림 1. 마이크로그리드의 구성

태양광 발전 및 풍력 등 신재생에너지 보급이 확대됨에 따라 전력의 품질 및 전력망의 안정성 문제가 대두되고 있다. 출력변동성이 심한 태양광, 풍력 등과 같은 신재생에너지 전원의 출력을 고품질 전력으로 전환하여 전력망에 연계하여 전력망의 안정성과 신뢰도를 향상시킨다.

에너지저장장치 기술을 전력계통에 적용하였을 때, 연료 측면에서는 위험을 방지할 수 있고 발전 측면에서는 기저부하를 중재하는 효과가 있으며 송배전 측면에서는 안정화를 도모할 수 있고 판매 측면에서는 전력품질을 향상시킬 수 있다[3].

에너지저장장치는 크게 저장형태에 따라 리튬이온 전지(Li-ion Battery, LIB), 나트륨-황전지(NaS), 리독스 플로우전지, 납축전지(Lead-acid) 등으로 분류할 수 있으며, 용도에 따라 전력 수급조절을 위한 수요관리형과 심야의 잉여전력을 저장하여 피크시간에 공급하는 부하평준화 형 등 다양하게 적용할 수 있다.

표 1. 마이크로그리드의 적용대상에 따른 제어요구조건(1)

	Utility Microgrids	Industrial/Commercial Microgrids			고립 혹은 특수 마이크로그리드 (Remote and Special Microgrids)
	도시형 (Urban)	전원형 (Rural)	Feeder 레벨 (Multi-facility)	Lateral 레벨 (Single-facility)	
대상	도심지	관광지, 농어촌 등	산업단지, 대학캠퍼스, 대형쇼핑센터 등	빌딩, 아파트 등	도서계통 또는 함정, 우주선 등
목적	정전방지, 신재생에너지 이용, 조류병목현상 완화, 보조서비스	정전방지, 신재생에너지 이용, 장거리 송전손실 저감, 송전설비 절약	다품질 전력제어, 전기품질 및 신뢰도개선, 손실저감, 열병합, 수요관리	다품질 전력제어, 열병합, 수요관리	신재생에너지, 열병합 또는 특수목적(전략적 전력수요 관리, 부분 계통 파손 시 전력계통 복구 등)
운영	모드계통연계제어, 단독운전모드, 고립운전 모드 제어전력계통 사고, 유지보수를 위한 계획된 단독운전		계통연계제어, 단독운전 모드, 고립운전모드 전력계통 사고, 전기품질 관련, 에너지 비용고려, 수요관리 유지보수를 위한 계획된 단독운전		고립운전모드

2.3 MG 제어 기술

마이크로그리드에 접속되는 전원은 전력변환 컨버터(Converter) 혹은 인버터(Inverter)를 이용하여 연결되며, PWM(Pulse width Modulation) 방식을 이용하여 빠르고 정밀하게 제어된다. 마이크로그리드를 구성하는 중요한 장치들로는 인버터와 함께 에너지저장장치와 계통연계 스위치(Solid-state Inter-tie Breaker) 등이 있다. 마이크로그리드에 연계되는 전원들은 회전기의 경우 관성이 작거나 일반적으로 출력을 증감하는데 시간지연이 있어 커패시터를 이용하여 전원과 전력변환기 사이에 에너지버퍼로 사용하는 것이 일반적이다. 한편 배터리를 사용하여 평소에 에너지를 배터리에 저장하였다가 피크부하시에 에너지를 공급하는 방식도 있다.

마이크로그리드는 전원의 구성방식, 전력계통과의 연계방식, 그리고 전원과 부하의 종류에 따라 세부적인 제어목표에 차이가 있으며, 이는 표 2에서 확인할 수 있다.

마이크로그리드는 정상시에는 전력계통에 연계되어 운전하며 전력계통에 사고가 발생하였을 경우에는

계통연계 스위치를 차단하고 단독으로 운전하여 신뢰도와 전기품질을 개선시킨다. 마이크로그리드가 전력계통과 연계 운전할 때에는 부하의 변동은 크게 문제가 되지 않는다. 마이크로그리드 내의 부하와 발전량의 차이는 전력계통으로부터 공급받음으로써 전체계통이 안정된다. 반면 마이크로그리드가 단독으로 운전될 경우에는 마이크로그리드 내의 각 분산전원이 부하변동을 감지하여 각자 출력을 변동시켜야 한다.

마이크로그리드의 제어시스템은 다양한 계통상황 및 운영모드에서 다양한 요구조건을 만족시키면서 안정적으로 운영되는 것을 목표로 한다. 제어시스템은 기본적으로 각각의 분산전원에 설치되며 별도의 통신매체를 이용하여 전체 시스템의 운전상황 및 다른 분산전원의 정보를 얻을 수 있다. 그런데 전력시스템의 특성상 수요와 공급이 실시간으로 일치하지 못할 경우에는 안정도에 심각한 영향을 받는다. 따라서 실시간으로 부하를 추종하기 위해서는 드롭(Droop)제어가 가장 현실적인 대안이다.

드롭제어는 동기발전기의 제어에 사용되던 것을 인버터에 적용한 것으로 이미 많은 테스트와 검증을 거친 제어방식이다. 드롭제어의 원리는 부하가 증가

할 때 각 분산전원의 출력전압의 주파수를 일정비율로 낮추면서 출력전력을 증가하는 것이다. 반면 부하의 소비전력은 주파수에 대한 함수로 표현되는데, 일반적으로 주파수가 떨어지면 소비전력도 감소하게 된다. 즉, 분산전원들은 주파수를 낮추면서 출력을 증가하며 주파수가 낮아짐에 따라 부하가 감소하기 때문에 새로운 수요-공급의 균형점으로 수렴하게 된다[1].

2.4 MG 해석 기술

마이크로그리드 전체의 시스템을 이해하기 위해서는 대신호모델(Large-signal model)과 소신호모델(small-signal model)같은 시스템 모델이 필요하다. 대신호모델은 시스템의 동특성을 이해할 수 있으며, 소신호모델은 안정도 및 각 변수들의 민감도를 해석할 수 있다. 그리고 소신호모델은 시스템을 선형화하기 때문에 선형시스템 원리를 쉽게 적용할 수 있으나 모델이 동작점(operating point) 가까운 곳에서만 의미가 있으며, 운전모드 및 동작점이 심하기 때문에 소신호모델을 사용할 때는 주의가 필요하다.

그림 2의 (a)는 마이크로그리드 전체의 소신호모델을 개발하기 위한 블록다이어그램이다. 분산전원은 일반적으로 유효전력과 무효전력을 분리할 수 있는 dq축에서 제어되므로 소신호 모델도 dq축으로 나타내는 것이 유리하다. 각 버스에서 분산전원 및 부하의 dq축 모델을 구한 후에 각 버스의 위상 차이를 고려하여 글로벌 DQ축으로 변환하면 하나의 시스템으로 묶을 수 있고, 선형화 된 A 행렬을 구할 수 있다. A 행렬은 계통의 동작점 특성 및 제어제인 등의 함수로 나타내기 때문에 특정 동작점에서 제어제인에 따른 민감도를 해석할 수 있다.

그림 2의 (b)는 마이크로그리드의 시스템 레벨 제어기 설계를 위한 블록다이어그램이다. 마이크로그리드는 운전모드와 동작점이 크게 변하며 매우 복잡한 비선형시스템이기 때문에 제어기 설계 및 튜닝이 매우 번거롭다. 동작점 변화가 큰 비선형시스템 제어를 위해 고안된 적응제어(Adaptive control) 등을 적용할 수 있겠으나 마이크로그리드의 차수가 부담스럽게 크기 때문에 선형화하기에도 비선형제어를 하기 어려운 문제점이 있다[1].

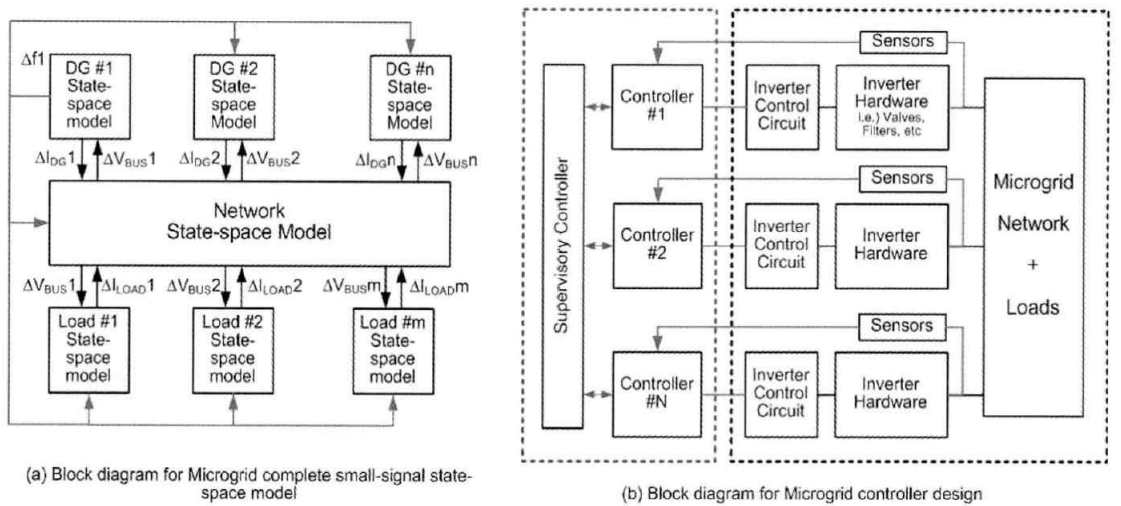


그림 2. 마이크로그리드 해석 모델 및 제어 모델 개발을 위한 개념도[1]

3. ICT 기술

3.1 ICT 기술 개요

IT의 Sensing, Networking, Computing, Actuating 기술이 부품 또는 모듈로서 내재화(embedded)되어 타 산업의 제품·서비스 및 공정을 혁신하거나 새로운 부가가치를 창출하는 현상이다. ICT 기술을 촉진하는 요인은 ICT 기술을 타 산업분야에 결합하여 새로운 제품, 서비스의 혁신을 가져올 수 있는 창의적인 엔지니어링(기획·설계) 역량, IT 융합제품·서비스의 품질을 결정하는 IT 부품·모듈의 기술력, ICT와 타 산업 간의 협력과 융합을 촉진할 수 있는 제도·법·문화 등 산업생태계로 설명할 수 있다[4].

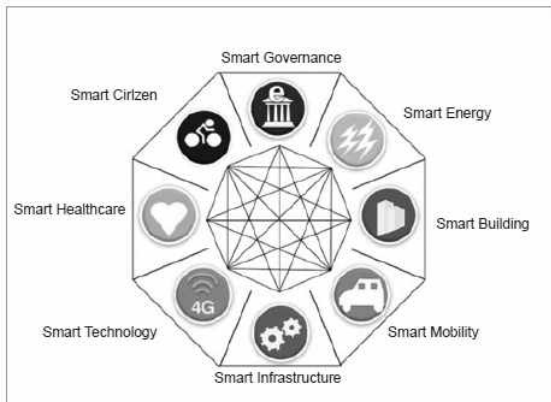


그림 3. 스마트 정부에서의 스마트시티 정의 및 구성도
[출처 : 슬라투데이]

3.2 스마트 홈/시티

지능형 정보생활기기가 네트워크로 연결되어 사람과 자연스러운 상호작용으로 인간 중심의 서비스 환경에서 유익한 그린·실감 생활 서비스를 제공하는 기술로서, 스마트시티 및 워크 등 다양한 IT 서비스와 융합된 홈 서비스의 기반을 제공하는 홈플랫폼 기술, 정보생활기기의 접속을 위한 홈네트워킹 기술, 및

층형 융합 서비스 제공을 위한 지능형 정보가전 기술, 쾌적하고 경제적인 생활환경 유지를 위한 그린 홈 기술, 시간과 장소에 얽매이지 않고 언제 어디서나 일할 수 있는 스마트워크 등을 주요 기술로 한다.

국내 홈 네트워크·정보가전 시장은 2009년에 5조 4,069억 원에서 연평균 15.6%의 성장률을 기록하였으며, 국내 홈 플랫폼 장비 생산은 2조 8,978억 원 정도의 규모로 2014년까지 3.7%의 성장률을 보였다. 스마트 TV, 스마트가전의 확산에 따라 가정과 외부를 연결하며 다양한 콘텐츠를 융합하여 제공할 수 있는 스마트 홈 허브 형태로 발전하며, 홈과 클라우드를 결합시키는 하이브리드 서비스 확인이 예상된다. 에너지 관리(HEMS, BEMS) 및 환경/에너지 모니터링에 대한 부분은 시장이 점차 형성되어 확대되고 있는 상황이며, 국가정보화전략위원회는 행안부·방통위와 공동으로 스마트워크 활성화전략을 수립하여 2015년까지 전체 노동인구의 30%선으로 스마트워크 근무율을 높이기로 하였으며, 이와 관련하여 국내 스마트워크 시장도 커질 것으로 예상된다.

세계 홈 네트워크·정보가전 시장은 2009년에 1,554억 달러에서 연평균 13.7%의 성장률을 기록하였으며, 홈 플랫폼 장비 시장은 2009년 759억 달러에서 연평균 1.7%의 성장률을 보이고 있다. 글로벌 기후변화 및 에너지 고갈에 따른 대체에너지 개발과 함께 ICT 기술을 활용한 에너지 절감 기술 시장 확대, 스마트그리드 및 xEMS 기술에 대한 기술개발 경쟁이 가속화 될 전망이다. 세계 스마트워크 보안 시장은 2010년 13억 달러에서 2020년 99억 달러에 이를 것으로 예상된다.

스마트융합 정보가전 제어관리 기술에 대하여 국내에서는 사용자 프로파일, 감성(생체) 및 상황(환경) 정보를 활용하여 다양한 융합형 스마트 홈 서비스를 제공하기 위한 원천 기술 개발에 착수하고 있다. ETRI를 중심으로 홈 네트워크 연동 적응/자율형 디바이스 미들웨어 기술, 홈 디바이스와 서비스 장애

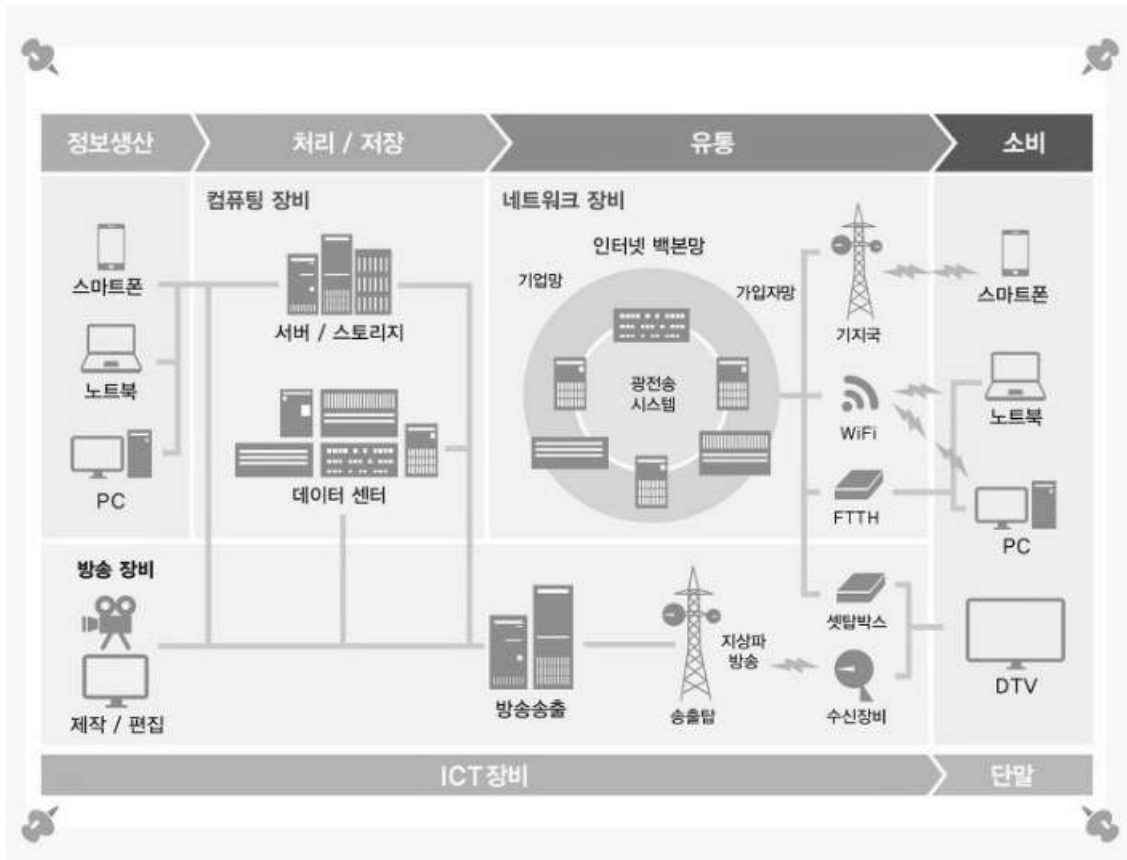


그림 4. ICT 기술의 개요 (출처 : 미래창조과학부)

상황 분석 및 자가 처리 기술 개발을 수행 중에 있다. 해외에서는 정보가전 기기가 스스로 상태를 체크하여 자기-진단, 자기-치유 및 자기-진화가 가능한 지능형 융합 정보가전 기기 및 이를 활용한 기기 간 자율 협업 및 홈 컨버전스(convergence) 미디어 기술에 대한 연구가 진행 중이다. 개인의 감성에 따른 서비스 지원을 위하여, 개인의 생체 신호를 기반으로 감성을 인지하고, 오감 정보 및 환경 센싱(sensing)을 통한 상황정보를 제공하는 원천 기술 개발을 추진 중에 있다.

그런 홈 에너지 기술과 관련하여 국내에서는 에너지 및 환경 모니터링을 중심으로 그린 홈 관리에 대한 기술 시장이 형성되고 있으며, 스마트그리드 시범사

업 추진을 통하여 전력수요에 대한 홈 분야의 선행적 시험 적용 및 효과를 검증 중에 있다. 해외에서는 Net 제로 에너지 하우스, 친환경 건축 등의 패시브(passive) 기술요소와 더불어 ICT 기술을 활용한 전력 에너지관리 및 신규 에너지 서비스 기술에 대한 솔루션 개발 및 일부 제품을 출시하고 있다. 스마트미터 기반의 AMI 및 수요관리 등 에너지 관리 서비스 기술 개발이 이루어지고 있으며, 스마트그리드를 통하여 신재생에너지의 수용과 에너지의 효율적이고 안정적인 운용을 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

스마트그리드 표준화 포럼, 스마트그리드 ICT 융합 포럼, TTA PG214 하부의 WG2142, 스마트홈 산업협회 등에서 스마트그리드 연계 홈/빌딩 에너지

관리, 그린 홈 에너지관리, 스마트미터, 전기자동차 충전 스테이션 표준 등에 대한 초기 작업이 완료 및 진행 중에 있다. ITU-T는 스마트그리드 포커스 그룹을 통해 스마트그리드 분야에 대한 표준화 작업을 시작하였고, ISO/IEC JTC1은 표준화 진행에 앞서 그린 IT분야에 대한 보고서 작업이 진행 중이고, IEC에서는 스마트그리드에 대한 표준화 로드맵을 발표하였다.

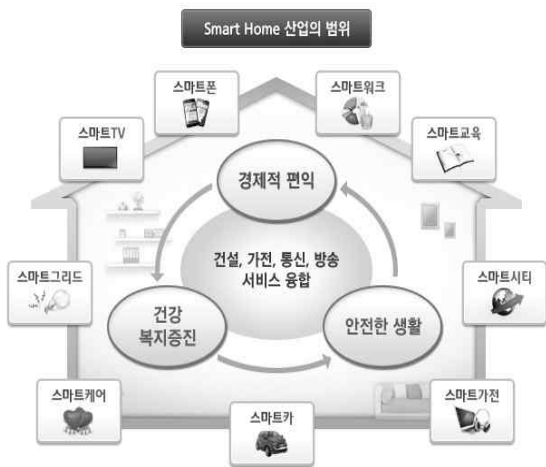


그림 5. 스마트 홈 산업의 범위
(출처 : 한국스마트홈산업협회)

그린 ICT의 중요성이 부각됨에 따라 에너지와 자원의 소비를 모니터링하고 효율화하며, 정보를 교환하는 체계가 필요하다. 그린 홈 기술은 주택의 에너지 소비의 절감과 환경의 개선을 추구하면서 적절한 에너지 및 환경의 모니터링과 제어를 통하여 소비 에너지의 20%, 비용과 CO2의 30% 절감을 추구하여 그린 스마트홈의 구축에 지대한 기여가 될 것으로 예상된다. 미국의 경우에는 일반 수용가를 기준으로 스마트그리드 연동을 통하여 30% 이상의 에너지 절감을 예측하고 있다.

그린홈의 DC 전력관리 관점에서는 효율적 DC 전력 관리를 통한 신재생에너지 및 전기자동차 사용환

경 기술 수준을 개선시키며, DC 배전을 통한 전력에너지 효율성 증대 및 에너지 정보 네트워크를 통해 에너지관리 효율성을 향상시키고 이를 통해 탄소 배출 및 에너지 소비를 절감시킬 수 있다.

그린홈의 스마트 수요반응 관점에서는 전력계통의 안정화를 위해 전력사업자가 도입하는 수요반응 기술과 연계하여 신재생에너지 및 전기자동차 활성화를 통한 에너지 절감 및 탄소배출 저감과 수용가 DR기술 적용을 통한 맥내 가전기기 에너지 소비를 최적화시킨다. 이에 따라 실시간 CO2 발생량 정보 표시 기능, 실시간 전력가격 정보 표시 기능, CO2 발생량 10% 이상 감축, 피크전력 절감 10% 이상 감축 등의 기술 수준을 가지고 있다.

그린홈 에너지 관리 기술을 통해 가정의 정보생활 기기 및 융합 IT 기기의 전력소비 모니터링 및 전력소모에 능동적 제어/관리를 통하여 가정의 에너지 절감에 기여한다. 또한 세계적 에너지효율화 움직임의 일환으로 최근 대두되고 있는 스마트그리드는 국내에서도 2030년까지 전 부문에 도입될 예정이며, 수용가 부문은 2020년까지 도입될 예정이다(4).

3.3 Green ICT

ICT 제품, 네트워크 및 서비스의 수명주기 전반에 대한 에너지 소모 절감, 에너지 효율 향상, 유해물질 배제 및 재사용/재활용을 통해 녹색화하고, 다른 산업 기술 분야와 ICT를 융합하여 에너지/자원의 효율적 이용을 극대화함으로써 저탄소 사회 전환을 촉진하고, 국가적인 기후변화 대응력 강화에 연관된 그린 ICT 기반의 기술이다.

우리나라는 온실가스 에너지 목표관리제에서 요구하는 바, 온실가스 배출원에 따라 설비 또는 공정에 대하여 에너지의 계측을 요구하고 있다. 2010년 약 460개 사업장이 온실가스 에너지 목표관리제 대상사업장으로 추산되었으며, 향후 지속적으로 증가하고

있다. 이러한 법적 규제를 만족하기 위해 온실가스 시장은 온실가스 측정 및 계량화에 대한 지속적인 시장의 요구가 있을 것으로 예상된다.

국내 IDC(Internet Data Center)는 최근 콘텐츠의 다양화 및 데이터양의 증가, IT 인프라의 복잡화, 유틸리티 컴퓨팅을 비롯한 신규서비스 부각 등으로 데이터센터의 수요 및 에너지 사용량이 증가함에 따라 데이터센터의 전력사용량의 급증으로 인해 에너지 효율화 및 가상화 기술을 적용하여 그린 데이터 센터로의 전환을 추진하고 있다. KT는 기존 IDC를 효율화하기 위해 전원분야를 48V DC 배전으로 약 18%의 효율 개선에 적용 중이며, DC 300V로 서버를 시범 적용하고 있고, 냉방설비 분야는 인버터 냉방기, 국부냉각/지역냉각 시스템을 도입하여 고효율 그린데이터센터 구현을 추진 중에 있다. KIDC는 에너지 효율화를 위해 외부순환냉각장치를 도입하여 20%의 에너지 효율을 높였고, Rack 단위의 전력량 측정 시스템을 구축, AC 방식에서 DC 방식으로 전환하여 30%의 효율을 높일 계획에 있다. SKT는 IDC 리노베이션 사업을 ‘단순화/표준화/가상화’라는 주제로 추진 중에 있다. 하드웨어 플랫폼을 통일하고, 전 서버를 공유 인프라로 구축하고 서비스 시스템의 최적화를 추진 중에 있다. 삼성그룹은 고효율의 데이터 센터 운영을 위해 지속적인 에너지 관리를 위한 ‘그린 액션 21+(Green Action 21+)’ 전략을 추진 중이며, 이를 통해 10~20%의 에너지 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대한다.

해외에서는 기업 및 개발 사업들에 대한 온실가스 배출량 평가 방법이 표준으로 제정되어 있어 많은 회사 및 사업들에서 쓰이고 있고, 이에 따른 컨설팅 및 검증 시장이 형성되어 있으나, ICT 분야에 특화된 평가 방법론이 없어 이에 따른 시장은 미형성 상태이다. 전 세계 데이터센터의 전력 소비에 따른 배출량은 2002년 7,600만 톤으로 2020년에는 2억 5,900만 톤으로 증가될 예정이다(GeSI, 2008).

건물에너지관리시스템(BEMS)은 냉난방, 환풍기, 엘리베이터, 조명 등 건물 기반시설 운영을 최적화하여 에너지 절감(전 세계적으로 2020년에는 BEMS에 의한 CO2감축량이 16.8억 톤에 이를 것으로 전망한다(GeSI, 2008)).

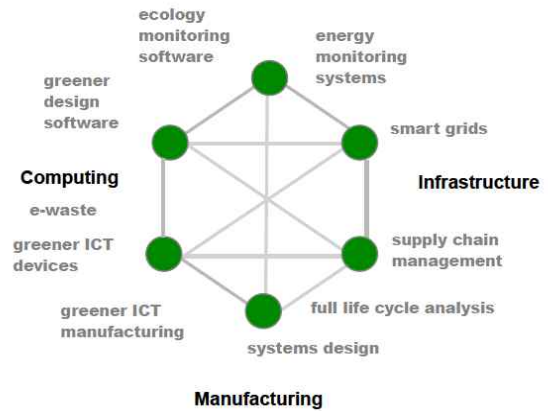


그림 6. green ICT 개념도 [출처 : deeptech]

지능형 교통시스템(ITS) 및 스마트 물류 체계 구축으로 차량 운행 최적화 및 물류 효율성이 제고될 것으로 전망한다. ITS는 최적 경로를 안내하고 에코 드라이브를 지원하는 등 불필요한 연료 소비를 절감하고, 스마트 물류 체계는 최적 수요를 예측하고 지능형 화물운송관리 등으로 물류 효율성 및 공간 활용도를 극대화 시킨다. 전 세계적으로 2020년에는 I.TS와 스마트 물류를 통한 CO2 감축량이 35.8억 톤에 이를 전망이다.

해외에서는 ICT 분야에 대해 널리 알려진 온실가스 감축 사업 사례가 없으며, 온실가스를 ICT 제조 공정에 직접 사용하는 경우에 대한 감축 사업 사례는 있으나 ICT 기기, 서비스 등에 대한 사례는 아직 없다. ICT 활용을 통한 온실가스 감축이 다양한 분야에서 추진되고 있는 상황이며, 에너지 문제, 기후변화 대응 및 국제기구를 통한 온실가스 감축에 대한 요구가 확대되는 상황에서 이러한 감축 노력은 더욱 증대

되리라 예상된다.

유럽의 경우 온실가스 배출권 거래를 위한 온실가스 관리 및 측정에 대한 수요는 편리성과 자료의 객관성을 확보할 수 있으므로 지속적으로 증가하고 있다.

외국의 시장현황은 일반 제품에 대해 LCA 관점에서 환경 영향평가가 이루어지고 있고, 국내와 마찬가지로 ICT 분야의 제품/서비스/네트워크에 대한 환경 영향평가의 필요성이 인식되고 있으며, 현재 각 사실 표준화기구에서 특정 ICT 제품군의 환경영향에 대한 계량화 방법론이 개발되고 있다. 현재 ITU-T에서 관련 표준이 개발되고 있으며, ICT 분야 및 타 분야에서 이에 대한 활용이 확산될 것으로 전망된다.

ICT 분야에서 일어나는 각종 ICT 기기 및 서비스에 대한 구축, 적용, 활용 사업에서 에너지 효율을 높여 온실가스를 감축하는 효과를 낼 수 있으며, ICT 활용에 의한 온실가스 저감 효과의 평가 지침은 ICT 활용에 의한 저감 효과를 계량화 및 평가의 기준으로 사용된다. 그리고 온실가스 저감을 극대화할 수 있는 최적의 ICT 활용을 유도한다.

ICT 제품/서비스/네트워크 환경영향평가 표준은 다양한 ICT 제품, 서비스, 네트워크에 대한 온실가스 배출량 또는 에너지 소모량의 계량화 방법 표준으로서 평가결과를 활용하여 ICT 제품, 서비스, 네트워크의 그린화를 촉진시킬 수 있다.

그린 ICT 제품 및 사업장 등 환경성과의 정보공개를 통해 대내·외적인 그린사업전략 및 그린경영시스템 확산, 그린 ICT 제품, 청정 생산, 신재생 에너지, 에너지 고효율 사업장 등 환경저감 기술개발의 촉진을 유도한다. 그리고 산업의 그린화 목표관리의 효율성을 확보하며, 그린 ICT로 인한 생산/구매/설계 등 업무효율성 개선을 통해 업무부담 경감을 유도하고 에너지 절감, 온실가스 배출감소, 자원절약 등 사업장 내 환경 부담과 비용을 혁신적으로 감소할 수 있는 기회를 마련한다[4].

4. 국내 MG 표준 및 기술기준

4.1 국내 MG용 표준

국내에서의 ESS용 전력변환장치 관련 단체표준은 스마트그리드 표준화 포럼(SGSF, Smart Grid Standard Forum)에서 작업을 진행하고 있다. 스마트그리드협회의 스마트그리드 표준화 포럼을 중심으로 국내 표준을 만들어 표준협회에 인준을 거친 뒤 국내 표준을 만든다. 스마트그리드 표준화 포럼 조직도[5]는 그림 7과 같다. 그 중 분산자원(DER, Distributed Energy Resource) 도메인위원회에서는 신재생 발전원을 포함하는 분산자원에 대한 독립형 및 기존 전력망과의 안정적인 연계 및 운용과 관련된 기술 분야의 표준화를 진행한다.

스마트그리드 표준화 포럼의 표준문서 제·개정 절차[5]는 그림 8과 같다. 새로운 표준문서 및 기술 보고서 제정을 위해서는 NP(New Work Item Proposal)를 제안하여야 한다. 이는 PT(Project Team)를 통하여 표준 문서 및 기술보고서(WD, Working Draft)로 작성되고 도메인위원회에서 투표를 거쳐 CD(Committee Draft)라는 표준문서 및 기술보고서가 제정된다. 최종적으로 운영위원회를 대상으로 투표를 거쳐 FDFS(Final Draft Forum Standard)의 최종 표준문서 및 기술보고서가 작성되며 이를 포럼표준(SGSF)로 제정하게 된다. SGSF 표준을 작성한 후 표준협회에 단체표준의 절차를 거쳐야 한다.

4.2 국내 MG 기술기준

국가기술표준원이 주도하고 산하에 전문위원회에서 Task Fost 팀을 만들어 작업을 수행 후 초안을 만들어 공청회를 통해 국가 기술기준을 작성한다. 기술표준원의 KS 표준 제정 방법[6]은 그림 9와 같다.



그림 7. 스마트그리드 표준화 포럼 조직도



그림 8. SGSF 표준문서 제·개정절차

학회, 협회, 연구소 등 전문가 또는 자체조사 연구를 통하여 초안 작성을 한 뒤 관련 행정기관의 소관사항과 표준의 적용 및 사용에 지장이 없는지를 검토한 후, 공청회를 개최한다. 이 후 산업표준심의회를 통하여 심의를 거쳐야 하는데 전문 기술 분야 등 전문위원

회의 검토가 필요할 경우는 전문위원회로 이송시켜 검토하며, 전문위원회 심의는 전문분야별로 구성된 전문위원회가 기술심의회로부터 이송된 표준안에 대하여 심의하고 심의결과를 기술심의회에 통보한다. 정해진 절차를 완료하고 표준안이 확정되면 국가기술 표준원장은 한국산업표준으로 제·개정, 확인 또는 폐지 고시하고 관보 및 국가기술표준원 인터넷 홈페이지에 게재함으로써 KS표준이 확정된다.

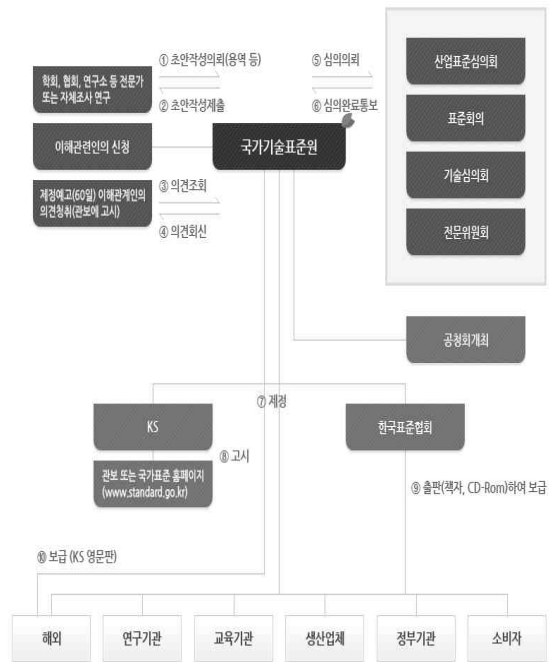


그림 9. 국가기술표준원 KS 표준제정 방법

5. MG용 전력변환장치 표준 및 기술기준

5.1 국내 MG용 전력변환장치 표준 및 기술 기준

국내 태양광 발전 시스템 전력변환장치 기술기준으로는 기술표준원에서 제정한 태양광 발전 시스템용 전력변환장치의 안정성 제1부 일반요구사항(KS C IEC 62109-1)[7]과 태양광 발전 시스템용 전력변

환장치의 안정성 제2부 인버터에 대한 특정 요구사항 (KS C IEC 62109-1)[8]이 있다.

태양광발전시스템용 전력변환장치의 안정성 제1부 일반요구사항기술은 안정성에 대해 일정한 기술적인 수준이 요구되는 태양광 발전(PV) 시스템에서 사용 중인 전력변환 장치에 적용된다. 이는 감전, 에너지, 화재, 기계 기타 위험에 대한 보호를 목적으로 전력변환장치의 설계와 제작에 대한 최소한의 요건을 정의한다. 모든 유형의 태양광 발전 전력변환 장치에 적용될 수 있는 일반적인 요건을 제공하며, 기타 유형의 전력변환장치에 대해서도 개별적인 요건을 제공하기 위해 개별 표준이 발행될 예정이다.

태양광발전시스템용 전력변환장치의 안정성 제2부 인버터에 대한 특정 요구사항은 계통 연계형 및 독립형 인버터에 대한 요구사항을 제시한다. 그리고 인버터의 기능을 가지고 있거나 다른 기능에 더해 인버터의 기능을 하는 제품은 물론 DC/AC 인버터 제품과 태양광 발전 시스템용으로 사용되는 인버터 기능을 수행하는 기타 제품에 대한 특정 안전 요구사항을 다룬다. 이는 1부에서 규정한 안전 요구사항과는 다른 요구사항을 규정하며 잠재적으로 위험한 입력 전원과 출력 회로, 내부 부품, 기능과 특징을 갖고 있다.

5.2 국외 MG용 전력변환장치 기술기준

IEC 62477(9)은 전력전자 변환시스템 및 기기에 대한 그룹안전(group safety)에 대한 표준으로, 전력변환장치 관련 일반적인 안전을 다루고 있다. IEC62477에는 IEC 62477-1과 IEC 62477-2이 있다. IEC 62477-1은 태양광, 풍력발전, 연료전지, 무정전전원장치, 인버터 등 모든 전력변환장치에 대한 그룹 안전 요구 사항 관련 기술기준이며 현재 작업 중(FDIS상태, FDIS : Final Draft International Standard)에 있다. IEC 62477-2는 전압범위가 교류 1,000V(직류 1,500V)이상 및 직류 35kV까지

의 전력변환시스템의 안전 요구사항에 대한 기술기준이며 현재 작업 중(PNW단계, PNW : Proposed New Work)에 있다.

IEC 62109(9)는 태양광용 전력변환 장치 및 그 주변장치에 대한 제품안전(product safety)에 대한 표준이다. IEC62109에는 IEC62109-1, IEC62109-2, IEC62109-4가 있다. IEC62109-1은 태양광 발전시스템 전력변환장치의 안전에 관한 일반적 요구사항에 대한 내용을 표준화하여 제정하였다. IEC62109-2는 태양광 발전시스템 전력변환장치 중 인버터에 대한 요구사항을 표준화하여 제정하였다. IEC62109-3은 태양광 발전시스템 전력변환장치 중 결합박스(Combine Box)에 대한 요구사항으로 표준화 작업 중(PNW단계, PNW : Proposed New Work)에 있다.

IEC 62059(9)는 TC 82 태양광 기술위원회에서 작성한 것으로 태양광 에너지를 저장하기 위한 배터리 제어기에 관한 것이다. 배터리는 납축전지이고, 전압은 120V, 전류는 100A 이하용이다.

IEC 61000-3-15(9)은 신재생 에너지를 전력계통에 연계할 때 고조파 등 전자기적합성(EMC, Electromagnetic Compatibility)에 대한 내용을 다루고 있다.

IEC 61850-90-7(9)은 전력설비자동화용 통신 네트워크 시스템-태양광, 에너지저장 및 다른 분산전원 인버터를 위한 IEC 61850 객체모델이며, 추후 IEC 61850-7-420로 통합될 예정이다.

6. ESS용 전력변환장치 표준 및 기술기준

6.1 ESS용 전력변환장치 표준

국내 ESS용 전력변환장치 표준으로는 SGSF에서 제정한 '에너지저장시스템용 전력변환장치의 성능요구사항(SGSF-04- 2012-07)'[10]이 있다. 그리고

‘전지저장시스템 - 제1부 : 단상 저압 연계용 전기저장시스템 일반 요구사항 및 시험방법(SGSF-045-1-1)’은 현재 KSA 단체표준 제안에 있으며, ‘전기저장장치-제2부 : 삼상 저압연계용 전기저장장치 일반 요구사항 및 시험방법(SGSF -04-2013-03)’은 KSA 단체표준 제정이 완료된 상태이다. ‘전기저장시스템-제3부 : 수요관리용 전기저장시스템 일반 요구사항 및 시험방법(SGSF-045-1-3)’은 KSA 단체표준 제정이 완료된 상태이고, ‘전기저장시스템 - 제4부 : 전기저장시스템 정보교환 요구사항(SGSF-045-1-4)’은 현재 KSA 단체표준 제안된 상태이다.

표 3. 에너지저장시스템용 전력변환장치 안전 시험 항목

시험 항목	
1. 절연성능 시험	절연저항시험
	절연내력시험
	감전보호시험
	절연거리시험
2. 보호기능 시험	입력과전압 및 부족전압 보호기능시험
	출력과전압 및 부족전압 보호기능시험
	주파수상승 및 저하보호기능시험
	단독운전 방지기능 시험
	입력 돌입전류 보호기능시험
	출력 과전류 보호기능시험
3. 외부사고 시험	복전후 일정시간 투입 방지 기능 시험
	출력측 단락시험
	부하차단시험
	누설전류시험
	온도상승시험
4. 주위환경 시험	계통 전압 순간정전, 순간강하 시험
	습도시험
	온습도 사이클 시험
5. 전자자기 적합성 시험	정전기 방전 내력 시험
	전기적 과도현상 내성 시험
	순시정전, 전압강하 및 전압변동 내성 시험
	전자자기 전도 내성 시험
	전도 방출 시험

이 중 ‘에너지저장시스템용 전력변환장치의 성능요구사항’은 에너지저장 시스템용 전력변환 장치의 요구사항인 안전시험, 성능시험, 기능시험에 대한 기준을 명시하며, 이 표준에 명시되지 않은 사항은 KS 및 IEC 관련 표준에 따른다.

ESS용 전력변환장치는 용도와 분야에 따라 변전소 적용 에너지저장시스템용 전력변환장치, 신재생에너지적용 에너지저장시스템용 전력변환장치, 수용가 적용 에너지저장 시스템용 전력변환장치로 분류하고, 적용된다.

변전소 적용 에너지저장시스템 전력변환장치의 사용 목적은 계통이용률 향상, 자력 기동, 주파수 조정이며, 기능으로는 전력품질 개선, 부하 평준화, 간헐적 최대 부하 저감, 자력 기동 등이 있다. 신재생에너지용 전력변환장치의 기능으로는 전력품질 향상, 주파수 조정, 단주기 전력 안정화, 시간 지연, 주파수 조정 등이 있다. 수용가용 전력변환장치는 수요 감축, 주파수 조정, 부하 평준화 기능, 독립 운전 기능 등을 가지고 있다.

표 4. 에너지저장시스템용 전력변환장치 성능 시험 항목

시험 항목	
1. 정상특성 시험	교류전압, 주파수 추종범위 시험
	효율시험
	교류출력 역률 시험
2. 과도응답 특성 시험	교류출력전류 왜형률 시험
	입력전력 급변시험
	계통전압 급변시험
3. 내전기 특성 시험	계통전압 위상 급변시험
	계통전압 왜형률 내량시험
4. 배터리 연계 시험	부하 불평형 시험
	정격 충전 시간 시험
	정격 회복 시간 시험
	배터리 리플 전류 시험

에너지저장시스템용 전력변환장치의 안전 시험 [10]은 절연성능시험, 보호기능시험, 외부사고시험, 주위환경시험, 전자자기적합성 시험으로 구성되고 시험 항목 표 3과 같다. 에너지저장시스템용 전력변환 장치의 성능 시험[10]은 크게 정상특성시험, 과도응답 특성 시험, 내전기 특성 시험으로 구성되고, 시험 항목은 표 4와 같다.

6.2 국내외 ESS용 전력변환장치 기술기준

에너지저장장치는 앞서 언급한 IEC TC 120의 각 워킹 그룹(WG)에서 표준 및 기술기준 작업을 진행하고 있다. IEC TC 120 WG별 표준 개발의 주요 내용은 표 5와 같다.

표 5. IEC TC 120 WG별 표준개발 주요 내용

WG1	전력저장시스템의 용어
WG2	전력저장시스템의 성능평가를 위한 시험방법
WG3	전력저장시스템의 유닛파라미터, 계획/설치 정의
WG4	전력저장시스템이 환경에 미치는 영향 및 시험방법, TC111(전자기기 및 시스템 환경 기준)
WG5	전력저장시스템 관련 안전 항목

IEC 61427(9)은 2005년에 제정되었으며, 태양광에너지 시스템용이며 현재 IEC 61427-1과 IEC 61427-2 표준으로 개정되고 있다. IEC 61427-1은 태양광용 독립형 응용 2차 셀 및 배터리 표준이고, IEC 61427-2는 계통 연계 분산전원용 2차 셀 및 배터리 표준이다.

IEC 62485-1(9)과 IEC 62485-2(9)는 2차 배터리 및 설치에 대한 안전 요구사항을 다루고 있다. IEC 62485-1은 현재 NP(New Proposal)단계이며, 2차 배터리에 대한 일반적인 보안 정보를 다루고 있다. IEC 62485-2는 2010년에 발간되었으며 고정형 배터리의 안전요구조건을 다루고 있다. IEC

62485-1과 IEC 62485-2는 모두 가정용 전기저장 장치에 내장된 배터리에도 적용 가능하다.

7. 결 론

마이크로그리드와 ICT 기술이 발전함에 따라 에너지의 효율성이 각광받고 있으며, 전력산업에 미치는 파급효과도 광대할 것으로 예상된다. 본 고에서는 국제적인 에너지환경 문제 대두로 인해 기존의 회전기형 전력공급 형태에서 전력변환장치를 이용한 전력공급이 증대되고 있는 상황에서 태양광, 풍력 및 연료전지 등 마이크로그리드의 핵심 기술과 ICT 기술의 동향 및 전망을 정리하였다. 마이크로그리드의 개요와 제어 및 해석 기술을 정리하였고, 떠오르고 있는 ICT 기술인 스마트 홈/시티와 에너지 효율 향상을 위한 Green ICT 기술을 소개하였다.

그리고 마이크로그리드용 전력변환장치와 에너지저장장치용 전력변환장치의 국내외 표준 및 기술기준의 진행 현황을 요약 정리하였다. 국내적으로는 기존의 에너지관리공단에서 추진하여왔던 표준 및 기술기준 현황을 정리하였고 최근 마이크로그리드가 대두되면서 한국스마트그리드 협회의 표준화 포럼 중심으로 추진하여 온 표준현황 전지협회 중심으로 추진하여 온 현황과 국제 전기위원회의 주도로 추진하고 있는 표준 및 기술기준에 대한 현황을 정리하였다.

이상에서와 같이 마이크로그리드에 대한 전력변환장치로 특별히 표준이나 기술기준을 정한 바는 아직 없고 국가기술표준원 지원 에너지관리공단 주도로 2005년 분산형전원의 계통연계기술기준이 고시되어 현재 운영 중에 있고 전력저장시스템용으로는 국가기술표준원 산하에 전력저장시스템 전문위원회를 운영하고 있으며, 한국스마트그리드협회 중심으로 단체표준이 일부 제정되어 운영 중에 있고 더 필요한 사항은 추가적으로 작성 중에 있다. 또한 전지협회 중심으로 에너지저장장치용 전지에 대한 단체표준이 일부 제정

되어 운영 중에 있으나 기술기준은 아직 제정되지 않았으며, 현재 진행 중에 있으며, 국가 기술표준원 산하 전문위원회 중심으로 국제 표준 및 기술기준 작업에 적극적으로 대응하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 정일엽, 마이크로그리드의 제어 및 에너지관리 기술동향, 전기의 세계, 제57권 제10호, pp.35-42, 2008.
- [2] 안종보, 마이크로그리드 기술 동향, 조명전기설비학회 제 23권 제6호, pp.3-10, 2009.
- [3] 지능형전력망협회, 스마트그리드 ESS 기술동향 보고서.
- [4] ICT 표준화 전략맵 종합보고서-ICT 융합, 한국정보통신기술협회, 2012.
- [5] 스마트그리드표준화포럼 홈페이지, www.sgstandard.org
- [6] 국가기술표준원 홈페이지, www.kats.go.kr
- [7] 태양광 발전 시스템용 전력변환장치의 안정성 제1부 : 일반 요구사항, 산업통상자원부 국가기술표준원, 2012.
- [8] 태양광 발전 시스템용 전력변환장치의 안정성 제2부 : 인버터에 대한 특정 요구사항, 산업통상자원부 국가기술표준원, 2013.
- [9] KATS 기술보고서 스마트그리드용 에너지저장시스템(ESS) 산업현황 및 표준화동향, 지식경제부 기술표준원2012.
- [10] 에너지저장 시스템용 전력변환장치의 성능 요구사항, 스마트그리드 표준화 포럼, 2012.

◇ 저 자 소 개 ◇



김응상(金應相)

1962년 6월 21일생. 1997년 숭실대학교원 전기공학과 졸업(박사). 1991년 ~현재 한국전기연구원 차세대전력망연구본부 스마트배전연구센터 책임연구원.