

## 마이크로그리드의 직류 배전 적용 방안

이순명 · 김정욱\*<sup>†</sup>

LG전자 에너지사업센터, 상명대 에너지그리드학과

(2016년 3월 2일 접수, 2016년 3월 23일 수정, 2016년 3월 23일 채택)

### The Application Method of DC Distribution in Microgrid

Soon-myung, Lee, Jeong-Uk Kim\*<sup>†</sup>

LG Electronics, Sangmyung University\*

(Received 2 March 2016, Revised 23 March 2016, Accepted 23 March 2016)

#### 요 약

본 논문에서는 새로운 기후변화 체제 수립 이후 신재생 에너지의 지속적인 증가와 디지털 부하의 증가로 DC배전으로 마이크로그리드 계통을 구성하고 운영하여 기존 교류기반의 배전계통에서 발생하는 전력변환 단계의 손실을 줄이고, 무효전력에 의한 손실을 배제하는 DC 마이크로그리드가 확대될 것이라는 주장을 국내 에너지 정책의 검토, 국내외 마이크로그리드 현황, 국내외 DC배전 현황으로 뒷받침하고, 실제 현장에서 마이크로그리드 구축에 DC배전을 적용하기 위한 방안을 제언한다.

**주요어 :** 마이크로그리드, 직류배전

**Abstract -** In this paper, After the Paris climate conference (COP21) in December 2015, 195 countries adopted the first-ever universal, legally binding global climate deal. As sustained increase of renewable energy and digital load, to implemented and operated Microgrid system's power distribution by DC power distribution. This reduce the loss of power conversion step occurring based on the AC power distribution system and eliminate the loss caused by the reactive power in power distribution system. For this reason, DC Microgrid will be extended to support evidence of National energy policies, Microgrid project status, DC distribution status, and to suggest process of DC power distribution in Microgrid construction project.

**Key words :** Microgrid, DC Distribution

### 1. 서 론

우리나라의 향후 에너지 정책 기준을 파악할 수 있는 제2차 에너지기본계획과 제7차 전력수급기본계획의 내용을 종합해보면 미래의 에너지 정책은 공급 위주 정책에서 수요 관리 정책으로의 변모가 이루어지고, 대형 발전소 및 대규모 송전망에 의한 전력 공급 방식에서 수요가 인근의 분산형 전원 공급 확대로 변

모 한다는 것을 알 수 있다.

그리고 이러한 신재생 에너지를 활용한 분산형 전원의 공급 확대 방안 중에는 수요가 인근에서 에너지를 생산·저장·소비하는 소규모 전력망인 마이크로그리드의 활성화가 중요한 역할을 할 것이다. 현재 국내의 마이크로그리드는 계통에 연결되지 않고 디젤발전기에 의존해서 전력을 생산하고 있는 도서지역의 친환경 에너지자립섬 구축을 위주로 진행되고 있다.

또한 향후 DC 전원인 신재생 에너지의 지속적인 증가와 디지털 부하의 급증이 전망되면서 마이크로그리드의 구성방식을 기존의 AC계통과 더불어서 DC계통으로 동시에 선정하는 사례가 미국 EPRI(Electric

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
Department of Energy-Grid, Sang-Myung Univ, 20,  
Hongimun 2-Gil, Jongno-Gu, Seoul, 110-743 Korea  
Tel : +82-2-2287-5327 E-mail : jukim@smu.ac.kr

Power Research Institute)에서 있었다. 이와 더불어서 현재 전 세계적으로 DC 마이크로그리드 구축 실증 작업이 활발하게 이루어지고 있는데, 이는 DC배전이 기존 교류기반의 배전계통에서 발생하는 전력변환 단계의 손실을 줄일 수 있고, 근본적으로 무효전력이 없는 경제적인 장점이 있기 때문이다.

하지만 현재 상태에서 DC배전이 적용된 마이크로그리드 사이트를 만들기 위해서는 DC배전 전압 표준의 부재, DC배전 전기 설비의 미상용화, DC배전에 대한 우려와 사용전 점검 등의 현실적인 문제가 해결되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 국내 에너지 정책의 검토, 국내외 마이크로그리드 현황, 국내외 DC배전 현황, 그리고 마이크로그리드 구축에 DC배전을 적용하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 에너지 정책

### 2-1 제2차 에너지기본계획과 제7차 전력수급기본계획

지난 '14년과 '15년에는 우리나라의 향후 에너지 정책의 기준이 되는 중요한 두 가지 계획이 발표되었다.

첫째는 '14년 1월에 발표된 제2차 에너지기본계획으로써 저탄소 녹색성장 기본법 제41조 및 에너지법 제10조 제1항에 의거하여, 20년을 계획기간으로 5년마다 수립·시행하며 ① 국내외 에너지 수요와 공급의 추이 및 전망, ② 에너지의 안정적 확보, 도입·공급 및 관리를 위한 대책, ③ 에너지 수요목표, 에너지원 구성, 절약 및 에너지 이용효율 향상, ④ 신재생에너지 등 환경친화적 에너지의 공급·사용을 위한 대책, ⑤ 에너지 안전관리를 위한 대책, ⑥ 기술개발, 전문인력 양성, 국제협력, 자원개발, 에너지 복지 등을 주요 내용으로 하고 있다.

둘째는 '15년 7월에 발표된 제7차 전력수급기본계획으로써 전기사업법 제25조에 의거하여, 15년을 계획기간으로 2년 단위로 수립·시행하며 ① 안정적 전력수급을 최우선 과제로 추진, ② POST 2020 감축을 위한 저탄소 전원믹스 강화, ③ 에너지 신산업 적극 활용을 통한 수요관리 강화, ④ 원전산업의 중장기적 발전을 위한 고리 1호기 원전의 영구정지, ⑤ 신재생에너지 등 분산형 전원의 확충 등을 주요 내용으로 하고 있다.

이 두 가지 중요 계획의 공통된 특징을 정리해보면 다음과 같다.

첫 번째 특징은 수요관리 정책의 강화이다. 현재의

요금인상을 최소화하는 정책에서 합리적인 전력소비를 유도하는 정책으로의 방향 변화 및 이를 위한 요금 현실화, 다양한 선택형 요금제 개발·적용, ESS, EMS, 네가와트 등 ICT기반 에너지 수요관리 시장의 창출 등의 내용이 공통적으로 명시되어 있다.

두 번째 특징은 분산형 전원의 확대방안 제시이다. 이는 발전소 건설계획과 함께 송변전설비를 건설하던 기존의 방식이 지역주민과 환경단체 등의 반발로 발전소 자체의 건설지연 및 취소사례가 빈번해지고, 더불어서 전력 다소비지역과 발전소 소재지역간의 불일치로 인하여 수도권 방향의 송전망이 포화 상태에 이르면서 지역주민 반발로 인한 대형 송전선로의 추가 건설이 어려운 현실이 반영된 것이다. 이를 실현시키기 위해서 향후 '29년 총발전량의 12.5%, '35년 총발전량의 15% 이상을 소규모 분산형 전원을 통해 공급하겠다는 목표가 명시되어 있다.

따라서 제2차 에너지기본계획과 제7차 전력수급기본계획의 내용을 종합해보면 미래의 에너지 정책은 공급 위주 정책에서 수요관리 정책으로의 변모가 이루어지고, 대형 발전소 및 대규모 송전망에 의한 전력 공급 방식에서 자가발전, 집단에너지, 분산형 신재생에너지 보급 등의 추진 방안을 통해서 수요지 인근의 분산형 전원 공급으로 변모 될 것이다.

### 2-2 2016년 에너지 수요관리 · 신재생 정책설명회

한국에너지공단은 '16년 1월 26일부터 28일까지 서울, 부산, 인천, 대전, 광주, 대구 등 6개 대도시에서 '2016년 에너지 수요관리 · 신재생 정책설명회를 시행하였다.

해당 정책의 주요 내용을 정리하면 다음과 같다. 수요관리 정책에선 산업부문의 에너지진단 제도 개선, LED 민간금융 시범사업 확대, FEMS 설치 보급사업 추진, 기기부문의 최저소비효율제 도입 검토, 효율기준 강화 검토, 건물부문의 단열기준 강화, 고효율제품의 신규 설치 시 에너지이용합리화 자금 용자가 가능하도록 지침 개정 검토, 수송부문의 전기차 충전요금 기준 마련 및 충전사업의 법적근거 정비, 차량 소비효율 측정방법 전면 시행, 공공부문의 에너지효율 투자사업비 중 일부를 외부 구매방식의 추가를 통해 효율 시장 확대 방안 검토를 주요 내용으로 담고 있다. 더불어 신재생 정책에선 총 10가지, ① RPS사업의 태양광-비태양광 시장통합, ② RPS 의무공급량 확대, ③ 공공기관 신재생에너지설비 설치의무비율 확대, ④ 태양

광 대역사업 활성화, ⑤ 신재생에너지 보급사업 참여 기업 선정기준 개선, ⑥ 태양광 재활용센터 구축사업 본격실시, ⑦ 바이오혼소 REC 발급기준 변경, ⑧ FIT 설비의 RPS 전환 금지, ⑨ 신재생 산업통계를 정부승 인통계로 전환, ⑩ ‘16년 신재생에너지 예산(5386억) 의 집행 효율성 제고를 발표하였다.

‘2016년 에너지 수요관리·신재생 정책설명회의 내 용을 검토해보면, 제2차 에너지기본계획과 제7차 전 력수급기본계획을 통해 밝혔던 수요관리 정책으로의 변모와 분산형 신재생에너지 확대와 관련된 구체적인 실행 정책이 도출된 것이라고 판단할 수 있다.

### 3. 마이크로그리드

우리나라의 Post-2020 온실가스 감축목표는 ‘30년 배출전망치(850.6백만톤 CO2-eq) 대비 37%로써, 제 21차 기후변화협약 당사국총회(COP21, 프랑스 파리) 에서 채택된 신기후체제 합의문(Paris Agreement)의 국가별 장기목표 설정에 부합하며, 향후 매 5년마다 상 향된 감축 목표의 제출 및 종합적인 이행점검의 도입 을 준수해야 할 것이다. 따라서 우리나라는 국가 온실 가스의 부문별(산업, 건물, 수송 등) 감축 시나리오 수 립을 추진하고, 이에 따른 실행 및 검토 체계를 마련 할 것으로 판단된다.

이러한 새로운 국제적 협약의 도출은 우리나라의 저탄소녹색성장 정책과 일치하며, 온실가스를 줄이기 위한 기술이나 제품을 생산하는 에너지신산업이 성장 할 수 있는 기회로 작용하게 될 것이다.

그러나 에너지신산업의 척도 중에 하나로 자주 이 용되는 신재생에너지 생산량 현황을 OECD 34개국과

비교해보면, 표1과 같이 우리나라의 1차 에너지 대비 신재생에너지 비중은 34위(2.1%)에 해당(‘13년 기준, IEA에서는 신에너지(연료전지), 폐기물 중 일부(부생 가스, 산업폐기물 등)를 제외하므로 국내기준과 수치가 상이함)하는 현실을 파악할 수 있다. 또한 신재생 분야에서의 국내 기술 수준은 선진국(유럽, 미국, 일 본)대비 86% 수준으로 기술 격차가 존재하는 것으로 한국에너지공단은 진단하고 있다.

하지만 향후 주요국들은 신재생에너지 보급을 표2 와 같이 지속적으로 추진할 예정이며 전 세계 국가들 의 동향 또한 다르지 않기 때문에 현재 빠르게 성장하 는 신재생에너지 시장의 선점을 위해서 정부와 기업 이 함께 노력해야 할 때이다.

향후 신재생에너지는 풍력, 태양광 등의 형태로 대 규모 발전소를 건설하고 이를 송전계통에 연결하여 수요처에 공급하는, 즉 기존의 화석 연료를 사용하는 발전소의 신규 건설을 대체하는 방식과 함께 화석연 료 및 재생에너지 기술(태양광, 풍력 터빈, 마이크로 터빈, 왕복 내연기관, 연료전지, 내연기관, 증기터빈), 에너지 저장 장치(배터리, 플라이휠), 열병합 시스템을 활용하여 최종 사용자 가까이 배전계통에만 연결되 어 전기나 열을 공급하는 분산형 발전 방식으로 분화 되어 성장할 것으로 예측된다.

이와 관련하여 영국 정부는 가스망이나 고압 송전 망에 연결되어 있지 않은 전력 및 열을 생산하는 다양 한 기술에 대해 분산형 에너지라는 용어를 사용하는 데, 여기에는 분산형발전, 열병합발전, 비가스열원이 포함된다. 분산형발전은 소규모의 저탄소 에너지를 사용하여 배전망에 직접 연결되며, 송전망보다는 배전 망에 공급하는 소규모 발전소, 소규모 태양광 패널,

Table 1. <2013 World Renewable Energy Production Status(OECD)>

| 순위           | 1위    | 17위    | 27위     | 29위    | 32위    | 34위   |
|--------------|-------|--------|---------|--------|--------|-------|
| 국가           | 아이슬란드 | 독일     | 미국      | 영국     | 일본     | 한국    |
| 신재생 보급(천TOE) | 5,273 | 37,445 | 146,796 | 10,842 | 22,252 | 5,465 |
| 신재생 비중       | 89.6% | 11.8%  | 6.7%    | 5.7%   | 4.9%   | 2.1%  |

Table 2. <The Main Countries Renewable Energy Rate Prediction>

| 국가       | 미국  | 일본  | 중국  | OECD 유럽 | 한국  |
|----------|-----|-----|-----|---------|-----|
| 2011년    | 5%  | 3%  | 9%  | 9%      | 3%  |
| 2035년 목표 | 13% | 13% | 10% | 21%     | 11% |

풍력 터빈 등 한 동의 건물이나 작은 커뮤니티에 전력을 공급하고 잉여 에너지를 잠재적으로 팔 수 있는 발전원을 말한다.

DOE(Department of Energy, USA)에서는 마이크로그리드를 일정 지역의 수용가에 에너지관리시스템, 분산전원 및 신재생에너지원, 에너지 저장장치를 갖춘 소규모 전력망을 구성하고, 에너지 서비스를 제공하여, 외부 전력계통에 연계 또는 독립적으로 운전할 수 있도록 하는 소규모 전력망(수백kW~수십MW 규모)이라고 정의하고 있다. 또한 국내의 한국전력공사에서도 이와 동일한 정의를 사용하고 있다.

최근 국내에서도 마이크로그리드에 대한 연구 및 실증 프로젝트가 활발하게 진행되고 있는데, 대표적인 사업은 국내 1세대 에너지자립섬 실증인 가파도 에너지자립섬, 국내 최초의 EMS 운영 에너지자립섬 실증인 가사도 에너지자립섬, 한전지사 건물을 대상으로 하는 스마트 그리드 스테이션 사업, 아프리카 모잠비크 마이크로그리드 활용 전화 사업 등이 있으며, 현재 진행 중인 울릉도, 거문도, 조도, 덕적도, 추자도, 삼시도의 에너지자립섬 사업이 있다. 또한 해외의 경우에는 이미 마이크로그리드와 관련된 많은 연구 프로젝트 및 실증 현장이 완료되어서, 본격적인 실제 현장 적용이 이루어지고 있는 단계이다. 대표적인 해외 사업은 미국의 경우는 UCSD, NYU, Cornell University, Fort Bliss, Fort Carson, USAF Academy, Marine Corps Air Station Miramar, Borrego Springs, Santa Rita Jail, Kodiak Island, 일본의 경우는 Sendai Tohoku Fukushi University, Hachinohe, Kitakyushu Smart Community, Miyako & Kurima Island, Higashi Matsushima Disaster Prepared Smart Eco Town, 유럽의 경우는 Genoa University, Denmark Samsø

Island, Denmark Bornholm, Kythnos Island, Malaga, Mannheim MVV, Belgium Linear Project 등이 있다.

마이크로그리드의 필요성은 신재생에너지의 생산 용량이 증가하면서 더욱 부각될 것이다. 그 이유는 신재생에너지는 무공해, 무한정의 청정에너지, 저렴한 발전 비용 등의 장점과 함께 낮은 에너지 밀도, 설치 장소의 제약, 높은 발전소 건설비용 등의 일반적인 단점과 계통 측면에서 간헐적이고 급격한 발전변동과 이에 따른 계통의 전압변동과 주파수, 고조파, 상불평형 등의 전력품질 문제를 내포하고 있기 때문이다. 따라서 신재생에너지가 계통에 많이 연계될수록 기존의 단일 전원 단방향조류의 계통이 다중전원 복잡조류의 계통으로 변화하면서 계통 운영의 변수가 증가하고 이에 따른 조류 분석 및 계통 운영 고도화가 필수적으로 수반되어야 하기 때문이다. 따라서 마이크로그리드는 이러한 복잡한 계통 내에서 신재생에너지의 생산 및 부하의 사용을 단위 셀처럼 배전망에서 자체적으로 해결하고, 이를 통해서 계통의 안정성을 확보해주는 새로운 송배전 계통의 패러다임이 될 것으로 판단된다. 특히나 마이크로그리드는 기존 송배전 선로의 노후화로 인한 신규 건설 및 미전화 지역의 전화 사업 등에 적합한 모델로 자리 잡을 것이다. 따라서 향후 신재생에너지를 활용한 분산형 전원의 공급 확대와 함께 마이크로그리드 분야의 기술개발 및 확산은 함께 이루어질 것으로 판단된다.

#### 4. 직류 배전

교류(AC, Alternating Current)와 직류(DC, Direct Current)의 정의를 비교해보면 그림1에서와 같이 교류의 경우는 시간에 따라 크기와 방향이 주기적으로 변

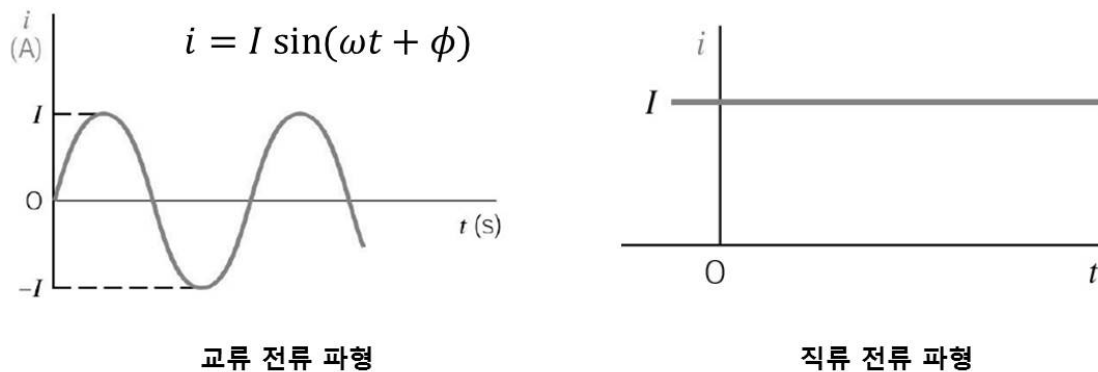
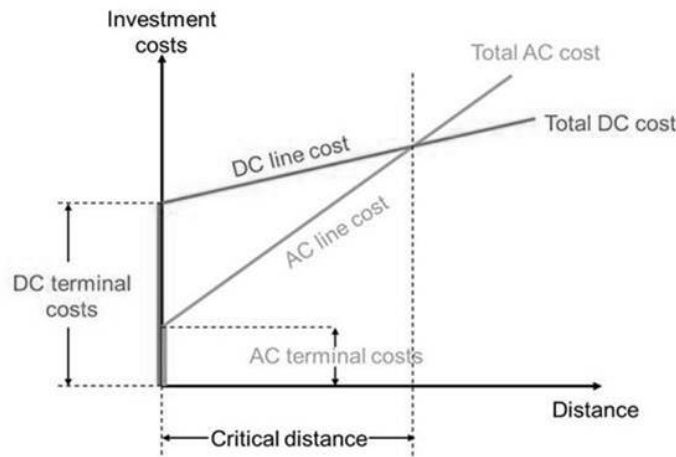


Fig 1. <Active Current Wave & Direct Current Wave>

**Table 3.** <Technical differences between the AC and DC>

| 항목      | AC             | DC             |
|---------|----------------|----------------|
| 전압 변환   | 변압기            | DC/DC 컨버터      |
| 송전 방식   | 3상 송전          | 2상 송전          |
| 절연 비용   | 직류보다 높음(1.4배)  | 교류보다 저렴        |
| 제어 변수   | 주파수, 위상, 전압    | 전압             |
| 직류전원 연계 | 계통 연계 복잡       | 계통 연계 용이       |
| 부하 종류   | AC 부하 비율 감소 추세 | DC 부하 비율 증가 추세 |
| 전력변환단계  | 증가             | 감소             |
| 전자기파 영향 | 근접기기에 유도 장애    | 유도 장애 없음       |
| 전압 제어   | 무효전력에 의해 제어    | 유효전력에 의해 제어    |
| 아크 소호   | 유리             | 불리             |
| 보호 기기   | 상용화 완료         | 상용화 미완료        |



**Fig 2.** <Cost Comparison of AC and DC power transmission>

하는 전류로써 Sine 파형이 가장 일반적이며 파형이 주기적이기 때문에 평균값이 0이 되므로 실효값을 사용하는 특징을 갖고 있고, 직류의 경우는 시간에 따라 크기와 방향이 일정한 전류를 의미한다.

전력시스템의 송배전기술로써 교류와 직류의 기술적 차이점을 정리하면 표3과 같이 교류의 경우는 변압의 용이성, 아크 소호의 용이성, 다양한 상용화 제품 등의 강점을 갖고 있고, 직류의 경우는 아크 소호의 어려움, 상용화 제품의 부족과 같은 단점이 아직은 존재하지만 DC 부하 비율의 증가, DC 전원인 신재생 에너지의 증가와 함께 계통 연계의 용이성, 무효전력이 없는 효율성 등으로 1880년대 테슬라와의 치열했던 표준 전기 시스템 선정에서 패했던 에디슨의 직류

방식이 다시 주목받고 있는 실정이다.

이미 전세계적으로 직류 기술 중에서 초고압 직류 송전 HVDC(High Voltage DC Transmission) 분야는 지중 및 해저 송전, 대형 해상 풍력 단지 계통의 연계, 비동기(50Hz, 60Hz) 국가간의 계통 연계 등에 사용되고 있다. 또한 그림 2에서와 같이 교류와 직류의 송전 비용을 비교해보면 교류의 경우는 교류를 송전하기 위한 터미널 비용이 저렴하지만 거리가 늘어날수록 송전 자체 비용이 가파르게 증가하고, 반대로 직류의 경우는 직류를 송전하기 위한 터미널 비용은 고가이지만 거리가 늘어날수록 송전 자체 비용의 증가 비율이 낮기 때문에 송전 거리가 길수록 직류 송전이 경쟁력을 갖는 것을 확인할 수 있다.

그리고 기존 데이터센터(IDC, Internet Data Center)의 사례에서는 직류 배전과 함께 직류 서버를 함께 공급하여 절감률을 최적화하고 상용화 수준에서 직류 배전의 효과가 이미 검증이 된 상태이다. 해외의 중요 사례로는 취리히 웨스트 데이터센터, 덴버 데이터센터, NTT 데이터센터, Google 데이터센터, 페이스북 데이터센터 등이 있으며, 국내에선 KT 남수원 IDC에 48V DC 배전 사업을 시범적으로 추진한 사례가 있다.

이렇게 효과가 검증된 분야에서 상용화가 지속적으로 추진되고 있는 직류 배전과 관련하여, 미국 EPRI (Electric Power Research Institute)에서는 향후 디지털 부하의 급증에 대비하여 마이크로그리드의 구성방식으로 교류와 직류계통을 동시에 선정하였으며, IEC SMB(Standard Management Board) SG4(저전압DC 배전 시스템)에서는 1500V 이하의 DC배전에 필요한 과제 및 표준화 항목에 대해 논의 및 로드맵을 만들고 있다. 또한 북미의 업체단체인 Emerge Alliance는 직류빌딩의 표준을 선점하기 위해서 24V DC표준을 발표하였다. 하지만 국제적으로 직류 배전 전압 표준에 관한 규정은 아직 제정되지 않은 상태이다.

현재, 국외에서는 핀란드의 저부하 장거리 LVDC 실증 수행, 체코 Nupharo Park Project의 MVDC-LVDC 통합 전력공급 모델 실증, 일본 Nushima 섬의 태양광, ESS, 직류 부하를 포함한 DC 마이크로그리드 구축 실증 등의 DC 마이크로그리드 실증 프로젝트가 진행 중에 있다.

또한 국내에서도 한국전력은 고창전력시험센터에 DC배전 실증인프라 구축을 추진 중에 있으며, 이는 태양광 및 ESS 등 신재생에너지를 연계하고 DC Home

및 DC 부하 연계를 통하여 발전원부터 부하까지 DC 배전망을 구축하는 것이다. 또한 DC배전 실증인프라 구축 완료 이후 소규모 도서지역의 DC 독립섬 구축 계획을 갖고 있다.

향후 직류로 전력을 생산하는 분산전원이 증가하고, 수요가 측에서 디지털 부하가 지속적으로 증가하면, 기존 교류기반의 배전계통에서는 전력변환 단계에 의한 손실이 지속적으로 발생하게 된다. 따라서 배전계통이 직류로 구성된다면 직류로 생산된 전력을 교류로 변환하지 않고 직류 부하에 연결하여 사용함으로써 에너지효율을 높일 수 있게 된다. 따라서 분산전원으로 에너지를 생산하고 소규모 전력망을 구성하여 수요가에 공급하는 마이크로그리드에서는 직류 배전의 적용이 에너지효율을 높이는 중요한 요소가 될 것이다.

### 5. 마이크로그리드의 DC배전 적용 방안

현재 실제 마이크로그리드를 구축하면서 DC배전이 적용된 사이트를 만들기 위해서는 실제 현장에서 해결해야 할 문제들이 많은 것이 현실이다. 그 이유는 첫째로 아직 DC배전 전압 표준이 마련되지 않았고, DC배전 시장이 일반화되지 않았기 때문에 DC배전을 위해 필요한 전기 설비를 모두 상용화 제품으로 조달할 수 없기 때문이다. 둘째로 DC배전을 통해 운영될 DC 부하 또한 제조사에서 DC 전용 제품을 출시하지 않았기 때문에, 일반적으로 소비자가 제조사로부터 받을 수 있는 품질 보증이나 A/S 등의 서비스를 제공할 수 없다는 것이다. 셋째로 상용 건물에서 일반화되지 않은 DC배전을 적용하면서 발생할 수 있는 준공

Project Site 전기/기계설비의 용량 산정, 수배전/냉온열원 계통 등의 기본 설계 완료 이후,

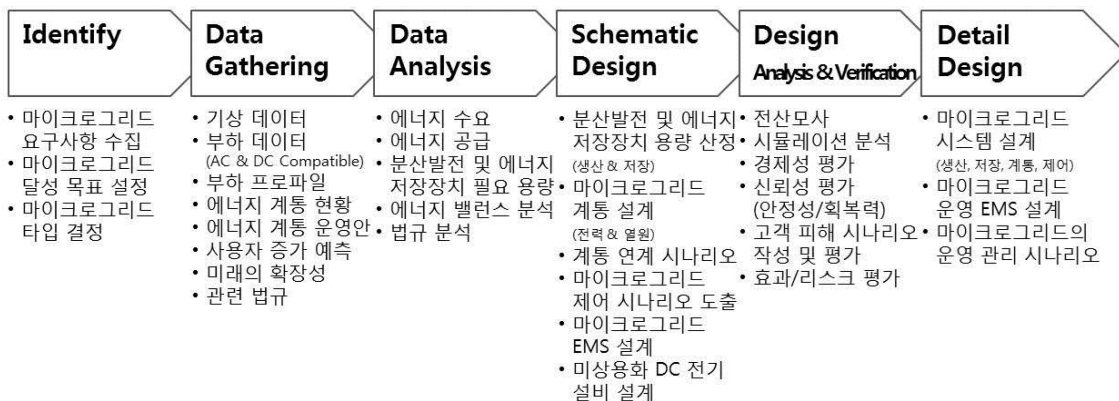


Fig 3. <Microgrid Design Process>

이후 운영관리상의 문제점과 전기 안전에 대한 우려를 건축주, 설계사, 건설사, 운영사로부터 받게 되고, 이를 해결하지 못하면 현장 적용 자체가 불가능하다는 것이다.

이러한 해결 과제를 정확하게 인지하고 해결할 수 있어야만 실제 현장에서 DC배전이 적용된 마이크로그리드를 구축할 수 있기 때문에 이를 마이크로그리드의 DC배전 적용 방안으로 규정하고 구체화할 필요성이 있다. 이러한 목적으로 마이크로그리드를 구축하면서 DC배전을 적용하기 위해서는 그림3에 도식화된 프로세스와 프로세스별 내용을 검토해야 한다. 본 논문에서는 각 프로세스 상에서 DC배전과 연관된 부분의 구체적인 내용을 검토하기로 한다.

프로세스의 1단계에서는 마이크로그리드를 통해서 달성하려고 하는 목표를 설정해야 한다. 예를 들면 한 전 계통과 연계되어 있는 현장에서 마이크로그리드를 구축하고 분산전원에 의한 에너지의 생산 및 ESS를 통한 저장을 통해서 에너지 절감을 하려는 것인지, 한 전 계통과 연계하지 않고 에너지자립섬과 같은 형태로 마이크로그리드를 구축해서 일정 수용가의 계통을 독립적으로 운영 하려는 것인지 목표를 명확하게 설정하여야 한다.

프로세스의 2단계에서는 마이크로그리드에 DC배전을 적용하기 위해서 해당 프로젝트 현장의 부하 분석을 세분화해서 수행해야 한다. 일반적인 마이크로그리드 설계에서의 부하 분석은 부하의 용량 산정과 부하의 사용 패턴에 따른 프로파일 확보에 집중되어 있지만, DC배전을 적용하기 위해서는 해당 현장의 부하 중에서 DC Compatible 부하가 어느 것인지, DC부하로 활용했을 때 전환 효율의 개선을 달성 할 수 있는 부하가 어느 것인지, 또한 DC배전으로 구현했을 때 추가적인 효과가 있는 부하가 어느 것인지 등의 내용이 추가적으로 확인 되어야 한다.

프로세스의 3단계에서는 법규 분석을 필요로 하는데, 현재 상태에서 마이크로그리드의 DC배전 적용에서 가장 어렵고 중요한 부분은 상용 제품이 없는 상태에서 제작품 등으로 전기설비에 대한 설치 또는 변경 공사를 진행하고, 전기를 공급받기 전 수행하는 사용 전 점검의 절차를 안전하게 이행하는 것이다. 이러한 과정을 준비함에 있어서 가장 최근에 개정된 산업통상자원부 공고 제2015-44호, 전기설비기술기준의 판단기준의 내용을 준수해야 한다. 특히나 마이크로그리드의 DC배전을 위해서는 제8장 지능형전력망 제3절

저압 옥내직류 전기설비 부분의 판단기준을 준용하여 시설해야 한다. 해당 내용에는 전기품질, 저압 옥내직류 전기설비의 접지, 저압 직류과전류차단장치, 저압 직류지락차단장치, 저압 직류개폐장치, 저압 직류전기설비의 전기부식방지, 축전기실 등의 시설에 대한 내용이 명시되어 있다.

프로세스의 4단계에서는 상용화 되지 않은 DC 전기 설비의 설계가 이루어져야 하는데, 대표적인 설비는 직류용 수배전반, 태양광용 DC/DC 컨버터, DC 디지털 전력량계, 직류차단기, 직류누전차단기 등이 있다. 예를 들어, 직류차단기의 경우는 전류의 크기가 Zero Point를 지나는 교류와 달리 항상 일정한 값을 유지하기 때문에 이에 대응하기 위한 아크소호 방법이 필요한데, Blow out 방식, 가스 소호 방식, Magnetic 방식, 아크 슈트 방식 등이 존재한다. 이 중 형상이 간단하고 크기가 작아서 차단기에 적용이 용이한 방식은 영구자석을 사용하는 Magnetic 방식으로써 그 원리는 다음과 같다. 점접의 개폐부 주위에 영구자석을 배치하여 일정한 자속이 유지되도록 하면, 아크 발생 시 플레밍의 왼손 법칙에 따라서 이동경로가 길어지게 되고 이에 따라 발생전류를 감소시켜 아크 소호에 유리한 상태가 된다.

프로세스의 5단계에서는 도출된 설계 내용을 기반으로 마이크로그리드의 경제성 및 신뢰성을 평가하게 되는데, 일반적인 경우에는 분산발전 및 에너지 저장장치에 의한 투자비와 분산발전에 의한 생산 에너지, 에너지 저장장치에 의한 피크부하 저감 등의 에너지 절약에 따른 효과로 경제성을 평가하고, Off-grid 형태에서는 기존 디젤 발전에 의한 운영 상태 대비 신뢰성의 향상 효과를 평가하게 된다. 여기에서 DC배전이 적용되는 마이크로그리드의 경우는 태양광과 같은 신재생에너지에서의 발전과 이를 ESS에 저장했다가 필요 시점에 사용하는 경우, DC/AC, AC/DC의 전력 변환 과정이 생략 되므로 변환 손실이 개선되게 된다. 한국전력의 자료에 따르면 예를 들어서, 태양광 생산-ESS 저장-조명 사용의 경우, AC배전에서는 DC/AC 변환, AC/DC 변환, DC/AC변환, AC/DC변환의 4단계를 거치게 되고, 이 과정에서 최소 20%의 변환 손실이 발생하게 된다고 명시하고 있다. 반면에 DC배전의 경우에는 DC/DC 변환 과정들만 존재하게 되며, 이 과정에서의 변환 손실은 최소 8% 수준이라고 표현하고 있다. 따라서 DC배전이 적용된 마이크로그리드의 경제성 평가에서는 DC배전의 구성을 위한 투자비

와 변환 손실의 감소에 따른 경제성 평가가 추가 되어야 한다.

프로세스의 6단계에서는 5단계에서 수행한 시뮬레이션 분석 결과와 경제성 및 신뢰성 평가 결과, 고객 피해 시나리오 평가 등의 효과 및 리스크 평가 결과를 종합하여, 최종 마이크로그리드 시스템을 설계하게 된다. 그리고 이렇게 최종 설계된 마이크로그리드 시스템의 운영을 위한 EMS의 설계가 운영 관리 시나리오에 기반 해서 함께 이루어져야 한다.

## 6. 결론

마이크로그리드 분야의 시장규모는 시장 조사 기관 자료에 의하면 전세계적으로 '15년 70억달러 규모에서 '20년 200억달러 규모로 연평균 20% 이상씩 성장하는 것으로 전망되고 있다. 또한 DC분야의 시장규모도 '15년 65억달러 규모에서 '20년 171억달러 규모로 연평균 20% 이상씩 성장하는 것으로 전망되고 있다. 이러한 전망은 두 가지 분야 모두 2015년 12월에 체결된 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP21)의 최종 합의문 채택으로 향후 전세계가 동참하게 될 온실가스 감축에 부합하는 기술이라는 점에서 타당성이 있다고 판단된다.

따라서 향후 디지털 부하가 많은 건물과 미전화 지역의 전화 사업에 DC배전으로 마이크로그리드 계통을 구성하고 운영하여 기존 교류기반의 배전계통에서 발생하는 전력변환 단계의 손실을 줄이고, 무효전력에 의한 손실을 배제하는 DC 마이크로그리드가 확대될 것이라고 판단된다. 또한 이러한 변화는 태양광 패널을 지붕에 설치하고, ESS를 가정에 설치하며, 전기자동차를 이용하는 일반 소비자가 증가하게 되면 Home Appliance의 DC화와 함께 주택 규모의 DC배전 형태로 빠르게 도래할 것이라고 예측된다.

이러한 관점에서 에너지 정책의 검토, 마이크로그리드 현황, DC배전 현황, 그리고 마이크로그리드 구축에 DC배전을 적용하기 위한 방안을 제언을 수행하였으며, 향후 후속 연구를 통해서 마이크로그리드의 DC배전 적용 방안을 상세히 설명하고 마이크로그리드의 경제성과 신뢰성을 평가 할 수 있는 방안을 도출하고자 한다.

1. Ministry of Trade, Industry & Energy : "The 2nd Energy Master Plan", Ministry of Trade, Industry & Energy, (2014)
2. Ministry of Trade, Industry & Energy : "The 7th Electricity Supply Plan", Ministry of Trade, Industry & Energy, (2015)
3. Cho Young Tak : "The 2nd Energy Master Plan's Main Contents and Future Challenges, Journal of the Electric, volume 447, pp.58-63 (2014)
4. Ministry of Trade, Industry & Energy : "The 7th Electricity Supply Plan", Ministry of Trade, Industry & Energy, Department of Electric Power Industry, (2015)
5. Ministry of Trade, Industry & Energy : "2016 Energy Demand Management & Renewable Energy Policy Briefing", Ministry of Trade, Industry & Energy, Korea Energy Agency (2016)
6. Korea Institute of Energy Research : "Renewable Energy Pros & Cons", <http://www.kier.re.kr>>Energy Information, (2016)
7. Department and Trade and Industry : "The UK Government's Business Task Force on Sustainable Consumption and Production", pp. 7 (2008)
8. Park Geon Woo : "DC low-voltage power distribution Technical Status and Outlook", Journal of the Electric, volume 453, pp.61-67 (2014)
9. Lee Seung Yun : "KEPCO's DC Power Distribution Efforts to Promote New Power Industry Markets", Journal of the Electric Webzine, pp.38-43 (2015. 7)
10. Lee Soon myung : "A Study on the Microgrid Design Process", The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Fall Season Symposium, (2015)
11. Kim Seong Yeol : "Economic Evaluation of Grid-connected Renewable Energy of the DC Power Supply Rate", Journal of the KIIEE, (2014)
12. Kim Seong Man : "Application and Operating Practices of Microgrid Technologies", Journal of the Electric Webzine, pp.37-44 (2014. 11)

## References