

시나리오 분석을 통한 DC 배전시장 예측 모델의 적용

여서현*, 선휘일*, 박진욱*, 유동욱**, 송성근***, 박성준*
전남대학교*, 한국전기연구원**, 전자부품연구원***

A Prediction Model on DC Distribution using Scenario Analysis

Seo Hyun Yeo*, Hwi il Sun*, Jin Wook Park*, Dong Wook Yoo**, Sung Geun Song***, Sung Jun Park*
Chonnam National University*, KERI**, KETI***

ABSTRACT

본 논문은 다수의 국외 시장 전망 보고서를 기반으로 최근 해외 도입 및 국내 구축 예정인 DC 배전 시장 동향과 경제적 효용성을 분석하였다. 분석 방법은 3가지 시나리오에 따라 2030년까지의 시장 규모 추이를 예측하고, DC 배전을 구성하는 배전용 전력기기의 시장 규모를 도출하였다. 또한 시장점유율, 부가가치율, 온실가스 감축 등의 요소를 적용하여, 세계 시장에 대한 국내 기업 점유율에 따른 DC 배전의 편익을 계산하였다. 그 결과 2030년 기준 DC 배전 시장 규모의 긍정적 확장성을 예측할 수 있었으며, DC 배전용 전력기기 시장 규모와 이에 따른 경제적 편익을 확인하였다. 추후 연구에서는 DC 배전 시장을 구성하는 각 부분들의 규모 추이를 파악하고, 국내 DC 배전용 전력기기 개발 실패에 따른 적용하여 비용편익비(BCR)를 도출하고자 한다.

1. 서론

DC 배전 시대는 전력 산업 패러다임의 변화로 인해 빠른 속도로 현실이 되고 있다. 2015년 파리 기후변화 협정 체결은 온실가스 감축을 위한 정부의 구체적 행동으로 이어져 신재생 에너지 및 분산전원 확산에 영향을 주고 있고, EPRI 보고서에서는 직류 기반 디지털 부하의 급증으로 2020년 전체 부하의 50% 이상을 점유할 것으로 예측⁴하였으며, 이러한 변화는 DC 배전 구축의 동인이 되고 있다.

본 논문에서는 대표적인 미래 예측 연구 기법이자 그 틀이 가장 진화된 방법론으로써, 다수의 가능성에 대한 대안을 마련하여 미래 예측의 불확실성을 감소시킬 수 있는 시나리오 분석법을 기반으로 2030년까지의 DC 배전 시장 규모의 확장성을 예측하였다. 또한 DC 배전 시장에 국내 기업이 진출하였을 때를 가정하여 시장 점유율에 따른 DC 배전용 전력기기 시장의 경제적 편익을 확인하고자 한다.



자료: Tomi HKALA, "LVDC Pilot Implementation in Public Distribution Network", p.2 2015.06
그림 1. 핀란드 LVDC 실증 필드
Fig. 1. Field implementation setup of Finland LVDC

2. DC 배전 동향

신재생에너지 확산, DC 부하 증가 등의 원인은 세계 DC 배전 시장 규모 성장에 순영향을 미치고 있다. 기존에는 높은 초기 투자비용 및 기술적 한계가 있었으나 기술 발전에 따른 가격 인하 및 성능 향상으로 빠른 성장이 예측된다. 현재 DC 배전 시장 부문은 데이터센터, 통신타워, 그린에너지빌딩, 군용 등이 대표적이며, 이 중 특히 데이터센터 시장은 2024년까지 폭발적으로 성장(CAGR 47.8%)하여 DC 배전 확산에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. DC 배전 실증은 선진국 중심으로 활발히 진행 중으로 대표적인 핀란드는 AC 20kV/400V에서 DC 750V 계통 전환 타당성 실증 단계에 있으며, ABB, Eon 등의 선도 기업의 연구도 활발히 진행 중이다. 국내에서도 한전의 단계별 DC 배전 구축 계획 수립과 함께 서울대 상용 건물의 DC 배전 실증 및 거차도의 독립형 DC 배전 구축 사업 등이 진행되고 있다. 또한 DC 배전은 배전 인프라가 부족한 개발도상국에게도 열린 시장이 되고 있으며 급속한 성장 가능성이 예측된다.

3. DC 배전의 편익 분석

3.1 분석 대상 및 연구 방법

본 논문에서는 전 세계 DC 배전 시장과 DC 배전용 전력기기의 시장을 대상으로 시장 규모 추이 및 경제적 편익을 예측하였다. 구체적 범위는 표 1과 같다.

표 1. DC 배전망 경제성 분석 대상 및 범위
Table 1. Economic Analysis Target&Scope of DC Distribution

| 분석 대상 | 분석 범위 |
|-------------------|--|
| DC배전망 시장 | 데이터센터, 통신타워, 그린에너지빌딩, 군용 포함 |
| DC배전망 배전용 전력기기 시장 | 변압기, 스위치기어, 애자 및 금구류, 케이블 및 전선, 인버터/컨버터, FACTS, 제어/예측 기기 |

본 논문의 연구 방법은 우선 시장 규모를 예측하기 위하여 국외 시장 전망 보고서를 기초자료로 확보하고 구성된 시나리오를 기반으로 대륙별, 부문별 시장 규모를 확인하였다. 이를 토대로 2030년까지의 DC 배전 시장의 성장 추이를 CAGR 기법으로 예측하였으며, 전체 송배전 전력기기 시장 대비 배전용 전력 기기가 차지하는 비중(%)을 파악하여 예측된 배전 시장 규모에 적용하여 CAGR 기법으로 성장 추이를 분석하였다.

또한 시장 규모 예측치를 이용하여 편익 분석을 진행하였다. 국내에 DC 배전 시장이 형성되었을 때, 배전용 전력기기의 시장 규모와 편익을 예측하였으며, R&D 부문 편익 추정치에 다수 적용되는 시장수요접근법에 따라 편익 추정식을 구성하였다.

3.2 분석 모형

DC 배전망 편익 추정을 위한 분석 모형은 다음 수식(1)과 같다.

$$B_{DC} = \sum_{n=1}^n M_W \cdot KM_r \cdot C_r \cdot S_r \cdot A_r \cdot PVF \cdot E + RCO_2 \quad (1)$$

(B_{DC} : DC배전망 편익, M_W : DC배전망 시장규모, KM_r : 한국의 시장 점유율, C_r : R&D기여율, S_r : R&D사업화성공률, A_r : 부가가치율, PVF : 현재가치계수(수식3참고), E : 환율, RCO_2 : CO2감축편익, n : 편익기간)

편익 추정식에 적용된 각 요소들은 공신력있는 국외 시장 전망 보고서 및 국가 통계자료, 일반화된 공식을 기본으로 산정되었다. 미래시장규모의 경우 Navigant 2015에 따른 전망치를 이용하였으며, 시장점유율은 Goulden Report의 전세계 배전용 전력기기 시장 대비 국내 배전용 전력기기 시장 규모 비중 평균치(1.52%) 및 국내 전력전자 기술 발전을 고려한 도전적 수치(5%)를 적용하였다. R&D기여율, R&D사업화성공률은 신뢰할 수 있는 기관에서 제시한 기준인 각 제3차 과학기술기본계획의 35.4%, 산업기술개발사업의 평균성공률 32.7%를 적용하였다. 부가가치율은 2010 한은 산업연관표의 기술별 전기기기 품목의 부가가치율(부가가치액/산출액)을 적용해 21.1%로 도출하였다.

또한 편익 분석의 기본 요소인 사회적 할인율은 경제성 분석 지침⁵에 따라 사회적시간선호율(STPR, social time preference rate) 수식 (2) 결과에서 지속적 저성장 및 장기적 저금리 추세를 고려하여 조정된 5.5%를 적용하였으며, 할인율 변동에 따른 편익 변화를 확인하고자 $\pm 1\%$ 를 조정하여 추가 적용하였다. 환율은 기초 자료인 국외 시장 전망 보고서의 기준년도(2015년)에 따라 2015.12.31의 매매기준율을 적용하였으며, 현재가치계수(PVF, Present value factor)는 일반화 공식인 수식 (3)으로 적용하여 도출된 0.5167~0.9157(할인율 4.5%), 0.3888~0.8817(할인율 5.5%), 0.3888~0.8817(할인율 6.5%)을 적용하였다.

$$STPR = p + \mu \cdot g \quad (2)$$

(p : 현재 소비에 대한 미래 소비의 할인율(1인당 소비 불변 가정), μ : 소비의 한계효용 탄력도, g : 연간 1인당 소비증가율)

$$PVF = 1 / (1 + STPR)^{(당해년도 - 2015)} \quad (3)$$

추가 편익 산정에 의한 CO2 감축 계산은 미국 PNNL 보고서의 부문별 CO2 감축률 중 해당 부문 합산치 8%, 에너지 관리공단 CO2 감축 계산법(1kWh당 0.0004tCO2), 제 7차 전력수급계획에 따른 배출권 가격(1tCO2e 당 25000원)을 적용하여 계산하였다. 또한 편익 기간은 5년, 10년, 14년으로 세분화하였으며 이로써 최종적으로 재구성된 시나리오는 표 2와 같다.

표 2. 경제성 분석을 위한 시나리오 모형

Table 2. Scenario Models for Economic Analysis

| 구분 | 기본 정의 (Navigant) | 시나리오 재구성 | | | |
|--------|---|-----------|--------------|-------|-------|
| | | 시장점유율 | 관측기에 따른 시나리오 | | |
| | | | 5년 | 10년 | 14년 |
| 시나리오 1 | 잠재용량 및 수익의 최자치 현재의 정책 동향 유지 | 1.52% (A) | 1-A-1 | 1-A-2 | 1-A-3 |
| | | 5% (B) | 1-B-1 | 1-B-2 | 1-B-3 |
| 시나리오 2 | DC 시범사업 최선 가정 정책 환경 역동적 반영 NEW 사업자/제품 수용 | 1.52% (A) | 2-A-1 | 2-A-2 | 2-A-3 |
| | | 5% (B) | 2-B-1 | 2-B-2 | 2-B-3 |
| 시나리오 3 | 모든 부문 최선치 반영 기술/정책 발전의 급속혁신 민간의 배전급 진출 인정 | 1.52% (A) | 3-A-1 | 3-A-2 | 3-A-3 |
| | | 5% (B) | 3-B-1 | 3-B-2 | 3-B-3 |

4. 편익 분석 결과

4.1 시장 규모 추이 분석 결과

본 논문에서 예측한 2030년까지의 DC 배전망 시장 규모 추이는 그림 2와 같다. 2030년 시나리오 1(실선)은 13조1600억원(CAGR 10.5%), 시나리오 2(파선)는 15조8030억원(CAGR 11.9%), 시나리오 3(점선)은 23조2380억원(CAGR 15.0%)의 규모가 될 것으로 예측된다. 기술 및 정책의 최선치가 반영된 시나리오 3의 전망에서 성장 폭이 가장 크게 나타났다.

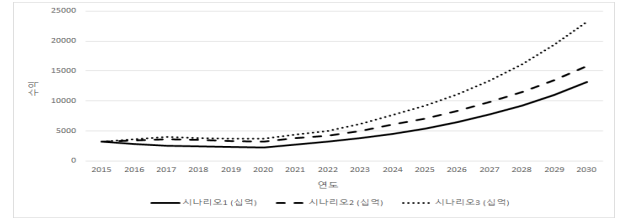


그림 2. 시나리오별 2030년까지의 DC 배전 시장 규모 예측
Fig. 2. DC Distribution Revenue by Scenario, World Markets : 2015-2030

4.2 편익 분석 결과

DC 배전망 시장에서 국내 기업이 배전용 전력기기 시장에 진출하였을 때를 가정한 발생 편익을 분석한 결과는 표 3과 같다. Goulden Report로 도출된 시장점유율인 1.52%에서의 편익은 최저 26억원에서 최고 218억원으로 나타났으며, 도전적 시장점유율 5%를 가정한 경우 최저 84억원에서 최고 718억원으로 대부분 시나리오에서 100억원대 이상의 편익이 도출되었다. 향후 국내 전력전자 기술 발전으로 인한 전력기기 시장의 확대를 고려한다면 도전적 시장점유와 같이 편익 발생의 긍정성을 예측할 수 있다. 또한 연간 온실가스 평균 감축치 23,672,307tCO2를 반영한다면 추가적인 경제적 효율의 긍정성을 예측할 수 있다.

또한 기존 유사 사업을 유추한 대략적인 비용을 산정하여 비용편익비(BCR)를 도출해보았을 때, 시장점유율 1.52%에서 0.06~0.47로, 시장점유율 5%에서 0.18~1.56으로 계산되었다. 즉, 시장점유율 5%에서 BCR이 1 이상인 시나리오(2 B 3, 3 B 3)가 도출됨에 따라 향후 적극적 시장 진출 시 경제적 긍정성이 예측된다.

표 3. 편익 분석 결과

Table 3. Results of Benefit Analysis

| 시나리오 (점유율) | 할인율에 따른 편익(억원) | | | 시나리오 (점유율) | 할인율에 따른 편익(억원) | | |
|------------|----------------|------|------|------------|----------------|------|------|
| | 4.5% | 5.5% | 6.5% | | 4.5% | 5.5% | 6.5% |
| 1-A-1 | 28 | 27 | 26 | 1-B-1 | 91 | 87 | 84 |
| 1-A-2 | 69 | 64 | 60 | 1-B-2 | 227 | 212 | 198 |
| 1-A-3 | 129 | 117 | 107 | 1-B-3 | 424 | 385 | 351 |
| 2-A-1 | 39 | 38 | 36 | 2-B-1 | 128 | 124 | 119 |
| 2-A-2 | 93 | 87 | 82 | 2-B-2 | 307 | 287 | 269 |
| 2-A-3 | 167 | 152 | 139 | 2-B-3 | 550 | 501 | 457 |
| 3-A-1 | 44 | 42 | 41 | 3-B-1 | 145 | 139 | 134 |
| 3-A-2 | 113 | 106 | 99 | 3-B-2 | 372 | 348 | 325 |
| 3-A-3 | 218 | 198 | 180 | 3-B-3 | 718 | 651 | 592 |

5. 결론

본 논문에서는 국외 시장 전망 보고서를 기반으로 2030년까지의 DC 배전시장 규모 추이와 DC 배전을 구성하는 배전용 전력기기의 시장 규모를 CAGR 기법으로 예측하였다. 또한 시장 수요접근법에 따른 편익 추정식을 구성하여 세계 시장에 대한 국내 시장 점유율 및 편익 기간에 따라 시나리오 분석법으로 DC 배전의 발생 편익을 도출하였다. 그 결과 2030년 기준 DC 배전 시장 규모의 긍정적 확장을 예측할 수 있었으며, DC 배전용 전력기기 시장에서 국내 기업의 도전적 점유 시, 최고 718억의 높은 편익을 확인할 수 있었다. 추가로 대략적 비용을 산정한 비용편익(BC) 분석에서 일부 시나리오의 긍정적 결과를 확인하였다. 추후 연구에서는 DC 배전 시장을 구성하는 각 부분들의 규모 추이를 파악하고, 상세 비용 분석을 통한 비용편익비(BCR)를 도출하여 경제적 효율성에 대해 확장 연구하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Multi Terminal 직류 송배전 시스템 상세보고서, 산업통상자원R&D전략기획단, 2013.12
- [2] Peter Asmus, Mackinnon Lawrence, "Direct Current Distribution Networks Research Report" Navigant Research, 2015.
- [3] "The World Market for Transmission & Distribution Equipment & Systems (2012-2022)", Goulden Reports, 2013.
- [4] Karl Stahlkopf, "Power for a Digital Society", EPRI, 2000.10
- [5] "연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침", KISTEP, 2016