

신재생에너지 발전 비율의 안정적인 확대를 위한 전력 자립형 스마트 그리드의 인터넷 산업단지 도입 타당성 평가

김주영 / 2020.12.20.

연구요약

신재생에너지 발전 비율의 확대를 위해서는 발전량의 유동성을 극복해야 한다. 이를 위해 독일은 전력 설비에비율을 높게 설정하는 전략을 취한다. 그러나 전력설비에비율을 높일 경우 전력의 과다 생산으로 인해 발전의 비효율이 증가한다. 따라서 스마트 그리드를 통해 전력 수요를 최대한 정밀하게 예측하여 불필요한 전력설비에비율 증가를 최소화할 필요가 있다.

대규모 온라인 서비스를 위한 전산시스템은 상당한 전력을 소비한다. 그렇기 때문에 같은 전력설비에비율을 가정하면 인터넷 산업은 다른 산업에 비해서 과다 생산되는 발전량이 많은 편이다. 온라인 서비스 제공 업체들은 빠르고 안정적인 네트워크 인프라 확보를 위해서 보통 판교테크노밸리와 같은 산업단지에 모인다는 점을 이용해서, 이런 산업단지들에 스마트 그리드를 적용하면 신재생에너지를 확대하더라도 전력설비에비율을 덜 높일 수 있어서 발전의 효율을 높일 수 있다.

하지만 외부 전력망에서 전력을 공급받는 스마트 그리드의 경우에는 효율이 떨어진다. 전력 사용량이 감축되는 정도가 수시로 바뀔에 따라, 발전량을 수시로 조정해야 하는데, 이것은 조상설비의 설정을 수시로 바꾸게 만든다. 따라서 내부에 발전 설비를 갖추고 있어, 발전량의 유동적인 조절이 보다 쉬운 전력 자립형 스마트 그리드를 도입할 것을 제안한다.

이 연구에서는 먼저 전력 자립형 스마트 그리드의 조건을 제시하고, 이것이 잘 정착될 수 있도록 정부와 소비자가 어떤 입장을 취할 수 있는지 살펴본 다음, 전력 자립형 스마트 그리드의 기대 효과를 판교테크노밸리에 전력 자립형 스마트 그리드를 도입하는 경우의 타당성을 중심으로 분석하였다.

1. 문제 상황

1.1. 전력설비에비율 상향 조정 정도에 대한 논의의 부재

대한민국은 전력설비에비율을 22%로 정하고 있으며, 이는 주요 국가들의 평균인 22.3%와 유사한 수치이므로 많다고 말할 수는 없다[1]. 하지만 대한민국은 에너지 전환의 일환으로 신재생에너지를 확대하고자 하며, 신재생에너지는 발전량이 일정하지 못하기 때문에 충분한 전력설비에비율을 갖추수록 신재생에너지 확대에 더욱 적극적일 수 있다[1].

그러나 전력설비에비율을 신재생에너지 선도 국가인 독일과 같은 36% 수준으로 급격하게 높일 경우 전력이 과다 생산되어 심각한 비효율을 초래한다. 따라서 신재생에너지를 확대하기 위해서는 전력설비에비율을 급격하게 높이지 않으면서도 전력 공급을 안정적으로 유지하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 세 가지 전략을 사용할 수 있다. 먼저 최대 부하 시간대를 중심으로 해당 시간대의 신재생에너지를 통한 최대 발전량을 최대한 정밀하게 예측하는 방법을 연구하는 전략이 있다. 신재생에너지를 통한 발전량이 불안정하더라도, 전력 저장 설비 등을 통해 미리 대비하여 전력설비에비율을 덜 높이는 전략이다. 그리고 스마트 그리드와 같이, 전력 소비자의 전력 수요 패턴을 찾아내서 전력 수요를 보다 정밀하게 예측하는 기술을 도입하는 전략이 있다. 신재생에너지를 통한 발전량이 불안정하더라도 과잉으로 대비하지 않고 적당한 만큼만 전력설비에비율을 높이는 전략이다. 근본적인 해결책은

되지 못하지만 상당히 편리한 마지막 전략은, 신재생에너지 기술이 발전할 때까지 신재생에너지의 발전량 비율을 제한적으로만 높이기로 하는 전략이 있을 수 있다.

정부는 최근 마지막 전략을 채택했다. 정부는 제3차 에너지기본계획(2019)에서, 기술 발전과 같은 미래 환경 변화와, 신재생에너지의 발전 변동성 증가로 인한 전력계통의 부담을 고려하여, 신재생에너지 발전량 비율의 2040년 목표를 30~35%로 정했다. 같은 문서에서, 정부는 35%의 목표를 한계치로 표현하였고, 목표 설정 과정에서 2040년에는 전 세계 평균 신재생에너지 발전량 비율이 40%에 도달할 것으로 예상된다는 점을 고려했음을 밝히고 있다. 그리고 정부는 신재생에너지 출력변동성을 극복하기 위해 통합 관제시스템을 구축하기로 하면서 첫 번째 전략 또한 조금은 채택하였다.

하지만 정부는 전력 소비자의 전력 수요를 보다 정밀하게 예측하는 전략인 두 번째 전략은 채택하지 않은 것으로 보인다. 신재생에너지의 발전단가가 화석 연료와 비교하여 점점 빠르게 낮아지고 있음에도 불구하고, 모든 전략을 사용하여 전력설비에비율 증가폭을 최대한 줄이지 않는 것은 국가 전체의 평균 발전단가를 낮출 수 있는 기회를 훨씬 비효율적으로 이용하는 일이므로, 재검토가 필요하다.



[그래프 1] 2020년 11월 일자별 전력공급예비율(%)

전력거래소에서 제공하는 전력수급실적 통계를 통해 작성한 위의 그래프는 2020년 11월 전력공급예비율의 자료이다. 전력공급예비율은 전력설비에비율에서 정비 등의 이유로 발전에 참여하지 않는 발전소의 발전능력을 제외한 것이다. 앞에서 대한민국의 전력설비에비율을 22%로 소개하였는데, 22%는 최저 한계치인 것이고 실제로는 훨씬 많은 전력을 생산함을 알 수 있다.

1.2. 인터넷 산업단지의 전력 사용 현황

대규모 온라인 서비스를 위한 전산시스템은 사용자의 요청에 대응하고 새로운 서비스 개발에 사용할 통계를 작성하기 위해 매일 24시간 데이터를 수집하고 가공한다. 이 과정에서 서버는 막대한 열을 발생시키는데, 서버 등의 전산 장치는 온도에 민감하기에 계속 냉각되어야 한다. 이와 같이 인터넷 산업은 많은 전력을 소비한다.

한편, 정부는 인터넷 산업에 대해서 별도의 전력 공급망을 갖추고 있지는 않으므로, 인터넷 산업에 대

해서 별도의 전력설비에비율을 설정하지는 못하고 있다. 따라서 인터넷 산업이 다른 산업에 비해서 많은 전력을 소비하는 것은, 곧바로 인터넷 산업이 과다 발전으로 인해 발전의 효율을 떨어뜨리는 데 기여하는 정도가 다른 산업에 비해서 크다는 것을 말해 준다.

다행히도, 전산시스템은 빠르고 안정적인 네트워크 확보가 필수적이므로, 대부분 판교테크노밸리와 같이 네트워크 인프라가 준비된 산업단지에 모인다. 따라서 인터넷 산업의 경우에는 앞에서 제시한 전략들 중에서 두 번째 전략을 개별 기업 단위가 아닌 산업단지 단위로 적용하여 효과를 높일 수 있다.



[그래프 2] 2020년 경기도 성남시 삼평동 월별 전력 사용량(MWh)

향후 인터넷 산업단지에서 전력을 얼마나 절감할 수 있는지 예상하기 위하여 월별 전력 사용량 자료를 수집하였다. 한국전력공사에 정보공개를 청구하여 얻은 자료로 작성한 위의 그래프는 2020년 판교테크노밸리가 위치하는 경기도 성남시 삼평동에서 사용한 전력량의 월별 자료이다. 삼평동에 소재한 주거지역의 전력 사용량이 포함되어 있으며, 2020년 월별 평균 전력 사용량은 45,961MWh이다.

1.3. 인터넷 산업단지의 전력설비에비율 감축을 위한 자체적 노력의 가능성

기업들은 막대한 전기요금을 극복하기 위해 전력 사용량을 줄이려고 하지만, 인터넷 산업은 안정적인 전력 공급이 무엇보다도 필수적이므로, 굳이 별도의 설비 투자를 통해서 전력설비에비율을 줄이려고 하지는 않는다. 이미 무정전전원공급장치(UPS) 및 비상 자가발전기 도입 등에 상당한 비용을 지출하고 있는 상황에서 정부가 전력설비에비율의 감축을 시도할 경우, 기업들은 전력 공급 안정을 위한 비용이 지금보다도 증가할 것을 우려하여 전력설비에비율 감축에 반대할 것이다.

한편으로는, 인터넷 산업의 서비스를 이용하는 소비자들 중 대다수는 자신들의 안정적인 서비스 이용을 인터넷 산업을 위한 과다 발전량을 줄이는 것보다 중요하게 생각하기 때문에, 기업들에게 이런 점에 관하여 더욱 노력하라고 목소리를 내는 소비자는 많지 않다. 물론 서비스 선택에 앞서 환경적 영향을 고려하는 소비자들은 데이터센터가 사용하는 에너지 중에서 신재생에너지가 차지하는 비율 등을 고려하기는 하지만, 극히 일부 대기업만이 신재생에너지 발전 시설을 스스로 갖추고 모든 전력을 직접 생산하여 데이터센터에 공급할 수 있기 때문에, 소비자들에게 선택지가 많지 않다. 게다가 전력설비에비율의 증가로 인한 전력 과다 생산의 문제는 소비자들에게 잘 알려져 있지 않은 것도 사실이다.

이러한 점을 종합해 본다면, 별도의 정책적 유도 없이는 기업들이 전력설비에비율 감축을 위해 자체적으로 노력할 가능성은 없는 것으로 판단된다.

2. 전력 자립형 스마트 그리드 도입 제안

2.1. 스마트 그리드의 이점

한국전력 홈페이지의 스마트 그리드 설명 자료에 따르면, 스마트 그리드는 전력을 잠시 저장했다가 다시 공급하기 때문에, 발전주체가 시간대와 계절에 따라 불규칙한 전력 수요를 마치 규칙적인 것처럼 생각하고 발전량을 정할 수 있게 한다. 따라서 기존에는 가장 높은 수요의 상황에 맞추어 높게 정했던 전력설비에비율을 스마트 그리드 도입 이후에는 낮게 정할 수 있게 한다.

이러한 스마트 그리드의 전력 버퍼 역할은 전력 공급자와 전력 소비자를 바꾸어 생각해봐도 같은 이점을 가진다. 시간대와 계절에 따라 불규칙한 신재생에너지의 발전량을 마치 규칙적인 것처럼 생각하고 발전량을 정할 수 있다는 것이다. 이처럼 스마트 그리드는 전력망 양쪽 끝의 두 전력주체 모두의 불안정성을 극복하는 데 도움을 주기 때문에 전력설비에비율의 감축에 큰 도움을 준다.

이외에도 스마트 그리드의 도입에는 전력 수요 패턴을 분석한 결과를 기반으로 전력 소비자의 전력 사용량 절감을 유도하는 요금 체계를 도입할 수 있게 되는 등의 이점이 있다.

2.2. 대한민국의 스마트 그리드 도입 현황 및 사례

정부는 제2차 지능형전력망 기본계획(2018)을 통해 2023년까지 5년 간 4조 5천억 원을 투자하여 스마트 그리드의 도입 확대는 물론이고 신재생에너지 확대에 대응한 분산형 소규모 변전소 또한 도입하겠다는 계획을 세웠다. 지금까지의 대규모 스마트 그리드 실증사업 현황을 정리한 것은 다음과 같다.

지역	기간	주요 실증 내용
제주특별자치도 구좌읍	2009.12.~2013.05.	전력수요통계, 전력망 통합관제
구로디지털산업단지	2011.07.~2014.06.	전력수요관제, 에너지 절감 전략 제공
세종특별자치시 첫마을	2012.09.~2013.02.	냉난방을 포함한 모든 에너지원 통합관제
서울특별시 도심형 시범사업	2015.02.~2015.11.	도심형 종합기술시험(AMI, ESS, EMS, PE)
대구테크노폴리스	2016.01.~2017.10.	블록형 마이크로그리드
서울/광주광역시(1만 세대)	2019.10.~2023.10.	전력수요관리, 탄력요금제, 분산발전 통합관리

[표 1] 대한민국의 스마트 그리드 실증사업 현황(사업 시작월 순)

2.3. 산업단지 규모 스마트 그리드의 전력 자립의 필요성

위와 같은 실증사업들에도 불구하고, 특정 산업단지의 전력설비에비율을 줄이기 위해서는 스마트 그리드가 반드시 전력 자립형으로 도입되어야 한다. 외부 전력망에서 전력을 공급받아 다시 공급하는 스마트 그리드의 경우에도 전력 수요의 정밀한 측정과 예측은 가능하다. 그러나 특정 산업단지의 스마트 그리드가 전력 수요의 증감을 예상하더라도 스마트 그리드 외부에 위치한 발전소의 발전량을 이에 맞추어 조정하기는 어렵다. 특정 발전소에서 생산한 전력량이 변하면 전력계통 전체의 송전 흐름이 변하여 무효전력이 생기면서 조상설비의 설정을 수시로 변경해야 하는 문제점이 발생하기 때문이다.

따라서 스마트 그리드의 기대 효과를 극대화하기 위해서는 스마트 그리드에 공급되는 전력이 스마트 그리드에 직접 연결된 발전소에서 생산된 것이어야 하며, 별다른 조작이 없을 때에는 발전량이 안정적으로 유지되면서도 발전량을 유동적으로 조정하기 쉬운 발전 방식의 발전소가 유리하다.

3. 전력 자립형 산업단지 규모 스마트 그리드 도입의 비용 및 편익 분석

3.1. 선행연구 분석 및 모델 설정의 필요성

이 연구의 효과를 분석하기 위해 여러 선행연구를 찾았지만, 산업단지 규모 스마트 그리드 도입이 절감할 수 있는 전력량을 수치로 제시한 것은 없었다. 국가 전체에 스마트 그리드 도입을 적극적으로 추진할 경우 국가 전체 에너지 사용량을 연간 소비전력량의 약 13.1% 절감할 수 있다는 연구는 진행된 바가 있으나(박수환 외 2, 2017) 산업단지 규모의 스마트 그리드 도입은 송배전 전력 손실 등에 큰 영향을 주지는 못하기 때문에 전력 소비 절감의 규모가 더 클 수도 있고, 작을 수도 있다.

스마트 그리드 실증사업 결과 보고서에서도 만족스러운 정보를 구하지 못했다. 제주 실증단지의 실적을 검토한 보고서조차, 스마트 그리드를 통해 에너지 절감이 어떻게 이루어지는지에 대한 분석이 미흡한 실정이며, 정량적 자료 부재로 전력시장 모델만을 평가할 수 있었음을 밝히고 있다[2]. 스마트 그리드가 2012년 7월 세종특별자치시 첫마을에 도입된 이후, 2014년 9월까지 2년 2개월간 해당 공공기관들의 전력 사용량은 스마트 그리드 도입 이전의 같은 기간과 비교하여 19.8% 감소하였다[3]는 자료가 있지만, 도입 규모가 매우 작고, 산업단지와 같이 경쟁에서 유리하기 위하여 전력 사용량을 계속 늘리는 건물이 아니기에 전력 사용량의 변동이 적다는 특성이 있어서, 산업단지에 적용했을 때에도 비슷한 결과가 있을 것이라고 직접 인용하기는 매우 어렵다.

종합해 보면, 스마트 그리드를 통해 전력 사용량을 얼마나 줄일 수 있는지에 대한 연구가 국가 단위보다도 산업단지 규모에 대해서는 특히 부재하며, 기존의 분석들은 스마트 그리드를 도입하면 전력 소비자에게 실시간 전력 사용량 정보를 제공하는 것과 수요에 따라 전력요금을 계속 바꾸는 것을 통해 전력 소비자의 자발적인 전력 사용량 절감을 유도할 수 있음을 기대 효과로 제시하고 있다.

이러한 선행연구들의 한계는, 실증단지가 주거 지역을 포함하고 있었기 때문에, 냉난방과 같이 산업 지역에서는 변동성이 덜한 전력 소비 요인이 분석에 영향을 미친 것과, 기대 효과를 분석할 때 스마트 그리드를 정확히 어느 지역에 어떤 유형으로 도입할 지에 대한 모델 설정이 없이 추상적인 분석을 하여 오차 범위가 크게 나온 것에 기인한다.

이 연구에서는 이러한 선행연구의 한계를 회피하기 위하여, 판교테크노밸리에 전력 자립형 산업단지 규모 스마트 그리드를 도입하는 경우를 중심으로 기대 효과를 분석하기로 하였다.

3.2. 판교테크노밸리 전력 자립형 스마트 그리드 도입의 비용 예측

판교테크노밸리는 성남시 분당구 삼평동의 절반 정도를 차지하며, 매우 가까운 곳에 한국지역난방공사 판교지사의 열병합발전소(LNG)가 위치하고 있다. 공공데이터포털의 자료에 따르면 판교에 위치한 해당 열병합발전소는 2014년 1월 한 달 동안에 112,760MWh의 전력을 생산했고, 이는 앞에서 제시한 성남시 삼평동의 월간 전력 사용량을 고려하면 판교테크노밸리에 공급하기에 충분하다.

따라서 판교테크노밸리는 이미 인근에서 생산되는 전력을 사용하고 있으므로 새로운 발전소의 도입은 불필요하다고 판단할 수 있다. 그리고 많은 선행연구에서 스마트 그리드의 도입 이후 유지보수비와 운영비는 도입 비용과 비교하면 대단히 적다는 결론을 내렸다. 따라서 이 연구에서는 유지보수비와 운영비 및 발전소 도입 비용은 모두 고려하지 않고 스마트 그리드 도입 비용만 고려한다.

판교테크노밸리가 특별히 다른 지역에 비해 스마트 그리드 도입 비용이 높을 이유는 없으므로 다른 지역의 도입 비용을 참고할 수 있다. 세종특별자치시 한솔동 첫마을의 경우, 초등학교와 주민복합센터 등의 5개 공공기관에 한해 소규모로 도입되었고, 도입 비용은 28억 원이 소요되었다[3]. 이보다 더 작은

규모인 서울특별시 도심형 스마트그리드 시범사업의 경우 8억 원이 소요되었다. 제주특별자치도 구좌읍 실증단지의 경우 민간 투자 금액을 포함하여 2,465억 원이 소요되기는 하였으나, 스마트 그리드를 처음 도입하는 사업이기 때문에 사업비가 증가한 것과, 주거 지역에 스마트 그리드를 도입할 경우 산업 지역에 비해서 스마트 전력 계량기를 훨씬 더 많이 설치해야 한다는 점을 고려하면 제주 실증단지의 사례보다는 앞의 두 사례를 참고하여 계산하는 것이 더 합리적이다.

판교테크노밸리에는 80여 개의 건물이 있고, 앞의 두 사례에서 건물 당 사업비의 평균은 8.27억 원이므로 단순히 곱하면 661.33억 원이 소요된다는 예측이 가능하다. 하지만 판교테크노밸리의 경우에는 발전 설비의 도입이 필요하지 않다는 점을 고려해야 하고, 전력이 여러 송전원에서 공급되는 것이 아니라 판교테크노밸리와 매우 가까운 발전소에서 공급되기 때문에 해당 시설에 운영센터를 마련했을 때 전력망 관제가 용이하다는 점을 고려하면, 최대 600억 원 이내에서 사업이 가능할 것이다.

3.3. 정부에 의한 기업의 투자 참여 유도 방안

국비로 600억 원을 모두 지출할 이유는 없다. 기업의 입장에서는 기업마다 각자 전력요금 절감을 위해 노력하는 것보다 이런 인프라에 투자하여 전력요금을 낮추는 것이 경제적이므로, 판교테크노밸리에 독립적인 데이터센터 혹은 사옥을 가지고 있는 20개 정도의 기업들이 10억 원씩을 나누어 투자한다고 가정한다면, 투자금으로 200억 원을 모을 수 있다. 데이터센터의 건설 비용은 규모와 도입 장비에 따라 그 편차가 매우 크지만, 일반적으로 최소 1천억 원이기 때문에, 데이터센터를 가지고 있는 기업이라면 10억 원의 투자금은 전혀 무리가 없는 금액이다. 데이터센터가 없는 기업이라고 하더라도 판교테크노밸리에 독립적인 사옥을 가지고 있는 기업이라면 매출을 고려했을 때 역시 무리가 없다.

기업으로부터 투자를 유치하기 위해서는 적절한 보상을 제시해야 한다. SK C&C 대덕데이터센터가 지출한 2011년 전기 요금은 29억 6천만 원이며[4], 판교에 있는 데이터센터들이 이보다 규모가 작다는 점과, 전력 사용량을 절감하기 위한 노력이 있어 왔음을 고려하면 데이터센터가 있는 기업들은 전기요금으로 연간 최소 10억 원 이상을 지출할 것으로 예상된다. 투자한 기업들을 대상으로 전기요금을 매년 8천만 원씩 15년 간 감액하기로 한다면 화폐 가치 하락을 고려하여 13년이 지났을 때 투자금을 회수하고, 추가로 2년 간 혜택을 받게 된다. 여기에 스마트 그리드의 도입을 통해 전력 사용량을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 전력 사용량에 대한 더 많은 정보를 얻으면서 계약전력을 줄일 수 있고 이를 통해 계약요금과 설비 투자를 줄일 수 있다는 점을 함께 고려한다면 기업들에게 상당히 매력적인 제안이 될 것이다. 그리고 이와 같은 계산은 조세특례제한법 제25조제1항제2호 규정에 따라 에너지절약시설투자 세액공제를 받을 수 있다는 장점은 반영하지 않은 것이다. 기업의 규모에 따라 다르겠지만 이것을 계산에 포함할 경우 기업의 참여 의사 및 투자 규모는 더욱 높게 평가될 것이다.

정부도 전기요금 감액으로 인한 손실보다는, 기업들이 특히 탄소배출권 거래제 시행 이후 전기요금 인하 요구를 강하게 하고 있다는 점을 고려했을 때 정부가 전기요금 인하 요구에 직면하는 것을 한동안 피할 수 있다는 장점이 있다.

3.4. 소비자에 의한 기업의 투자 참여 유도 방안

소비자들의 경우, 항상 인터넷 산업이 제공하는 서비스의 가격과 질이 우선이다. 그런데 인터넷 산업의 경우 제조 원가 변동과 같은 외부의 가격 결정력이 떨어지기 때문에, 서비스의 가격과 질은 해당 기업의 재정 상황에 의해 크게 좌우된다. 게다가 판교테크노밸리 입주 기업이 제공하는 대규모 온라인 서비스의 경우 보통 동급이거나 차이가 적은 대체재가 없다. 그러므로 소비자들은 기업의 전력 사용량

절감을 위해 직접 행동에 나서기는 어렵지만, 정부가 기업의 전력 사용량과 관계된 비용을 늘려서 기업이 전력 사용량 절감에 보다 노력을 기울이도록 할 것을 요구할 수는 있다. 그런데 이것의 유일한 방법은 전기요금의 대폭 인상이다. 따라서 소비자들은 인터넷 산업에 한정한다면 기업들에게 도의적인 차원에서의 전력 절감 요구 이외에 실질적인 행동에 나서기는 어려운 것으로 보인다.

반대로, 정부는 전력 요금을 조정하여, 기업들이 전력 사용량 절감에 앞장서지 않을 경우 서비스의 질을 유지하지 못하게 함으로써, 소비자들이 전력 사용량 절감에 앞장선 기업의 서비스를 우선적으로 사용하게 만들 수 있다. 그런데 정부는 스마트 그리드 도입에 투자하면 전력 요금을 절감할 수 있다고 홍보해야 하는 상황에서 전력 요금을 일괄적으로 높이기 어렵다. 그러므로 정부는 기업들이 지금보다 전력 사용량을 줄이면 유리하고, 그렇지 않으면 불리하도록 일반용 및 산업용 을종 전력 요금에도 주 택용과 같이 누진요금제를 도입해야 한다. 갑종 전력 요금에도 누진요금제를 도입할 경우, 중소기업 및 벤처기업들에 대한 전력 요금이 크게 인상되므로, 오히려 이들의 전력 사용량 절감 설비 투자가 지체 될 수 있다. 따라서 전면적 누진요금제 도입은 신중히 검토해야 할 것이다.

누진구간의 제안과, 새로 제안한 누진구간에 따른 새로운 전력 공급 가격의 제안은 기업 단위의 상세한 전력 사용 통계를 사용하는 장기간의 연구가 필요하기 때문에, 이 연구에서는 진행하지 않는다.

일반용 및 산업용 을종 전력 요금에 누진요금제를 도입하는 것은 기업들이 전력 사용량 절감을 위해 스스로 노력하게 하는 효과도 있지만, 앞에서 제안한 전력 자립형 스마트 그리드 도입 사업에 기업들이 투자하도록 유도하는 효과 또한 있어서 이중의 효과를 가질 것으로 예상된다.

3.4. 판교테크노밸리 전력 자립형 스마트 그리드 도입의 편익 예측

기업의 입장에서 투자에 참여하는 것이 편익이 크다는 것은 앞에서 보였기 때문에, 사회적인 측면과 환경적인 측면만을 고려한다. 먼저 사회적인 측면에서 위의 제안은 소비자에게 전혀 불이익을 주지 않으면서도 산업단지에 더 많은 기업들이 유입되도록 함으로써 산업용지 관리의 효율화를 이끈다. 그리고 전력 요금 절감에 크게 신경을 쓰지 않았던 다른 지역의 기업들이 판교테크노밸리의 사례를 보고 전력 사용량 감축에 나서게 되는 파급 효과를 가질 것으로 보인다.

균형 예산의 관점에서, 정부가 전력 자립형 스마트 그리드에 투자하는 것은 다른 환경 관련 정책에 투자하는 것보다 고효율 투자이기도 하다. 전력 자립형 스마트 그리드에 투자하는 것은 동시에 전력 수요를 정밀하게 예측하는 기능을 가진 신재생에너지 발전 설비에 투자하는 것이고, 동시에 전력망 고도화를 통해 무효전력 조상설비에 투자하는 비용을 줄이는 것이 된다.

성남시의 재정을 활용하고 민간의 투자를 추가로 유치한다면, 판교테크노밸리의 경우에는 정부가 부담하는 사업비를 300억 원 이내로 줄일 수 있다. 제2차 지능형전력망 기본계획에 따르면 스마트 그리드 분야에 대한 정부의 5년 간 투자 예정 규모는 이미 4조 5천억 원인데, 이를 고려하면 판교테크노밸리 전력 자립형 스마트 그리드 도입은 전체 규모에 비해 적은 비용으로 기업을 지원할 수 있고 정부도 많은 편익을 얻을 수 있는 사업이다.

환경적인 측면에서는 전력 사용량과 탄소배출량, 그리고 전력설비에비율의 감축이 기대된다. 선행연구들을 바탕으로 예상해 보건대, 스마트 그리드가 판교테크노밸리에 도입되면 전력 사용량을 아무리 적어도 현재의 10% 이상은 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 앞에서 확인한 전력 사용량 자료를 고려하면 이는 연간 50,000MWh 이상의 전력 사용량 절감 가능성을 의미하는 것이다. 다만 전력 사용량 절감의 규모는 판교테크노밸리에 소재한 기업들이 들이는 노력의 정도에 따라 크게 달라진다는 점도 충분히 고려되어야 할 것이다.

탄소배출량의 경우, 대부분의 선행연구가 스마트 그리드를 통해서 줄인 전력 사용량에 화석연료 전력 원단위를 곱한 것으로 제시하였다. 정리하면 아래와 같다.

연간 전력 사용량 절감 규모	화석원료 전력원단위(유동현 외 3, 2009)	연간 절감 CO ₂ 규모
50,000MWh	0.70583tCO ₂ /MWh	35,291.5t

[표 2] 예상 연간 경기도 성남시 삼평동 전력 사용량 및 CO₂ 절감 규모

마지막으로 전력설비에비율의 경우, 많은 선행연구에서 스마트 그리드를 도입하여 전력 수요를 정밀하게 예측할 경우 전력설비에비율을 더 낮게 설정할 수 있음은 밝히고 있으나, 구체적으로 얼마나 더 낮게 설정해도 되는지에 관한 선행연구는 부족하여, 예측하지 못하였다. 신재생에너지 확대에 의한 전력 설비에비율 상향 조정 규모를 전력 자립형 스마트 그리드 도입을 통해 줄인다면, 전력 공급의 안정성을 유지하면서도 신재생에너지 확대와 화력 발전소 감축의 속도를 더욱 높일 수 있을 것이다.

4. 결론

4.1. 연구 결과 및 고찰

이 연구에서는 신재생에너지 확대를 위해 전력설비에비율을 높여야 하는 상황에서, 전력 자립형 스마트 그리드를 인터넷 산업단지에 도입할 경우, 최대수요전력이 안정화되면서 전력설비에비율 증가폭을 줄일 수 있고, 기업들의 전력 요금 부담이 감소하며, 화력발전소의 조기 폐쇄를 통해 탄소배출량 감축 효과를 얻을 수 있을 것임을 여러 선행연구를 바탕으로 설명하였다. 특히, 열병합발전소를 통해 전력을 공급받고 있고, 밀도 있게 조성된 판교테크노밸리에 적용해 보면서 비용과 편익을 예측하였다.

판교테크노밸리에 스마트 그리드가 도입되면 연간 최소 3만 5천 톤의 이산화탄소를 절감할 수 있을 것으로 예상되나, 필요한 여러 가지 통계 자료의 부재와 이로 인한 선행연구의 미비함으로 인하여 환경적인 효과를 보다 정확하게 예상하지 못한 것은 이 연구의 한계이다. 그럼에도 불구하고, 이산화탄소 배출 절감량을 고려했을 때 판교테크노밸리에 전력 자립형 스마트 그리드를 도입하는 것은 환경적으로 타당하고 효과적일 것으로 판단된다.

스마트 그리드의 확대를 준비하는 정부가 이 연구를 계기로 스마트 전력 계량기의 도입 비용이 큰 주거 지역보다는 산업단지에 먼저 스마트 그리드를 도입하는 것을 검토하기를 바란다.

4.2. 추가적인 제안

산업단지 규모의 스마트 그리드는 마이크로 그리드로 분류되기도 한다. 마이크로 그리드에 가장 효율적인 발전 방식은 집단에너지이며, 그 중에서도 열병합발전 방식이 가장 효율적이라는 박지훈(2018)의 연구가 있다. 판교테크노밸리는 이미 열병합발전(LNG)을 통해 생산된 전력을 공급받고 있으므로, 다른 산업단지와 비교하면 전력 자립형 스마트 그리드를 도입하기에 최적이라고 판단된다.

한국산업단지관리공단은 최근 스마트그린산업단지 추진사업을 통해 개별 산업단지의 특성을 고려한 산업단지의 맞춤형 에너지 혁신을 주도하고 있다. 하지만 2018년 12월 기준 전국 1,207개 산업단지 중에서 한국산업단지관리공단이 관할하는 주요 산업단지는 63개뿐이고, 그 중에서도 일부 산업단지에 서만 사업을 진행하고 있다. 이 사업을 모든 산업단지에 추진하기 어렵다면 대신 사업 과정에서 얻은 노하우를 스마트 그리드 도입 대상 지역에 공유하여, 스마트 그리드를 도입함과 동시에 여러 가지 다

른 방법의 에너지 혁신을 함께 진행할 수 있도록 하는 것을 적극적으로 검토해볼 필요가 있다.

제2차 지능형전력망 기본계획은 산업단지에서의 혁신보다는 대국민 사업 및 시범도시 위주의 사업으로 채워져 있다. 이 연구에서 제안한 것과 같이, 차기 지능형전력망 기본계획에는 스마트 그리드 도입을 통해 산업단지에서의 전력 사용량을 절감하겠다는 계획 또한 포함되어야 할 것이다.

산업단지에 스마트 그리드의 적용을 시도한 사례가 충분히 많지 않으므로, 국내 스마트 그리드 관련 업체들은 최대수요전력을 특히 산업단지의 특성을 고려하여 정밀하게 시뮬레이션해본 경험이 다소 부족할 것으로 예상된다. 이에 관하여 박상원(2017) 등의 연구가 있으니 산업계에서 선행연구를 적극 활용하여 보다 다양한 스마트 그리드 도입 경험을 확보하기를 희망한다.

이 연구에서는 스마트 그리드 도입 이후 전력 수송 경로 단축을 통해 감소하는 전력 수송 손실이 얼마나 되는지에 대해서는 다루지 않았다. 이미 같은 지역에서 생산한 전력을 사용하고 있는 판교테크노밸리를 모델로 설정함으로써, 전력 수송 손실을 개선할 수 없는 사례에 대해서 기대 효과 분석을 실시하게 되었기 때문이다. 스마트 그리드를 몇몇 산업단지에 적용한다고 해서 국가 전체 전력 수송 손실에 대단한 영향을 주지는 못하기 때문에 연구의 편익이 크다고 하기는 어려우나, 앞으로 이와 관련된 후속 연구가 진행된다면 보다 정확한 기대 효과 예측이 가능할 것이다.

인용 문헌

1. 논문

- 박상원 (2017). "분산전원을 활용한 중소 산업용 수용가의 최대수요전력 저감에 관한 연구". 한국산업기술대학교 일반대학원 석사학위청구논문.
- 박수환, 한상준, 위정호 (2017). "지능형 전력망(스마트 그리드) 적용을 통한 에너지 절감 및 CO₂ 감축 효과 분석". 대한환경공학회지 제39권 제6호. 356-370쪽.
- 박지훈 (2018). "분산형 전원의 효용가치 정량화 평가". 포항공과대학교 엔지니어링대학원 석사학위청구논문.
- 유동현 외 3 (2009). "스마트그리드의 에너지 절약 및 온실가스 감축 효과분석 연구". 지식경제부 연구 용역. 에너지경제연구원 주관. 37쪽.

2. 보고서 및 기사

- [1] 박명덕 (2019). "주요국의 전력설비에비율 비교 연구". 에너지경제연구원 수시연구보고서 18-05.
- [2] 김기윤 (2011). "스마트그리드 실증단지 사업모델 분석 연구". 지식경제부 전력산업 인프라구축 지원사업. 광운대학교 산학협력단 주관. 132쪽.
- [3] 중앙일보 (2016). "IT 활용해 에너지 사용 20% 절감...세종시, 스마트 전력망 늘린다".
<https://news.joins.com/article/19820094>
- [4] 조선비즈 (2012). "[르포] SK의 심장 '대덕데이터센터' 가다".
https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2012/04/29/2012042900577.html

참고 자료

- 강승부 (2011). "제주 Smart Grid 실증사업 추진현황 및 전망". 제주지역 녹색성장 실천과제와 전망 세미나 발표자료. 에너지경제연구원, 제주특별자치도 주최.

- 고동수 (2009). "녹색성장 구현을 위한 지능형 전력망(Smart Grid) 도입". 산업연구원 Issue Paper 2009-244.
- 고동수 (2011). "주요국의 스마트그리드 추진 현황과 정책적 시사점". 산업연구원 Issue Paper 2011-267.
- 김현제, 박찬국 (2011). "스마트그리드 시범사업 성과 평가기준 설정 연구". 에너지경제연구원 기본연구보고서 11-06.
- 문승일 외 11 (2015). "대구시 테크노폴리스 분산전원형 에너지자족도시 조성계획 수립 연구용역". 대구광역시 연구 용역. 기초전력연구원 주관.
- 산업통상자원부 (2018). "제2차 지능형전력망 기본계획".
- 산업통상자원부 (2019). "제3차 에너지기본계획".
- 서울특별시 기후환경본부 (2014). "서울 도심형 스마트그리드 시범사업 시행계획".
- 손종천 외 7 (2017). "지능형전력망 제2차 기본계획(2017 ~ 2021) 수립을 위한 사전연구". 산업통상자원부 연구 용역. 한국스마트그리드사업단 주관.
- 에너지관리공단 글로벌전략실 (2015). "무효전력, 유효전력 그리고 역률". 주간 에너지 이슈 브리핑 제89호.
- 왕광익 (2016). "제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구(세종시 건설지역 일부 생활권을 대상으로)". 국토연구원 수시 16-54.
- 이창훈 외 3 (2016). "국내 에너지신산업 육성을 위한 정책방안 연구". 산업통상자원부 연구 용역. 한국스마트그리드사업단 주관.
- 정보통신산업진흥원 (2013). "미래 지능형 전력망 - 스마트 그리드". 산업융합과 신성장동력 제40호.
- 키타큐슈시 환경국 외 9 (2014). "키타큐슈시의 지역 에너지 정책" 외 9. 동아시아경제교류추진기구 제9회 환경부회 발표자료. 울산광역시 주최.
- 한국경제조사연구원 (2019). "성남시 환경에너지시설(600톤, 100톤, 판교) 민간위탁 운영 평가 용역". 성남시 민간위탁 운영 평가 용역.
- 한국산업기술진흥원 (2011). "전기요금 줄이는 똑똑한 전력망 '스마트 그리드'".
- 한국에너지공단 (2020). "스마트 시티에서의 스마트 그리드 적용". KEA 에너지 이슈 브리핑 제80호.
- 행정중심복합도시건설청 (2014). "행복도시, 친환경 스마트그린시티 조성". 행복도시 이야기 제35호.
- K-MEG사업단 (2013). "한국형 마이크로 에너지 그리드 브로슈어".