

탄소 중립 실현을 위한 재생 에너지 및 배터리 에너지 저장 장치의 소개

Takamasa Tojo^{*1} Tatsuya Uemoto^{*1} Kana Torigoe^{*1}
Yui Ishikawa^{*1} Kazuki Ootsu^{*1} Takeshi Matsushita^{*1}

배터리 저장소는 2050년까지 탄소 중립을 실현하는 데 필요한 가장 중요한 기술로 주목받고 있습니다. 또한, 배터리 저장소는 재생 에너지 발전량의 변동과 전기 수요의 변화에 대응하여 전력 그리드를 안정화시키는 수단으로써 필수적인 역할을 하고 있습니다. 이뿐 아니라, 배터리 저장 시스템은 재생 에너지원과 조합하여 에너지 관리에 사용되는 중요한 기술이 되었으며, 이는 기업 및 제품의 가치를 높이기 위한 목적으로 사용됩니다. 이러한 배경 가운데 우리는 에너지 관리에 배터리 저장 시스템을 활용할 것을 제안하고 있습니다. 우리는 배터리 저장 시스템 제조업체와의 협력을 통해, 배터리 저장소의 가치를 향상시킬 수 있는 활동을 촉진하고 있습니다. 이 논문에서는 이러한 활동을 위해 제안한 솔루션과 클라이언트 기업에 제공되는 가치를 향상시키기 위한 활동의 예를 소개 하였습니다.

개요

2050년까지 탄소 중립을 달성하기 위한 노력을 진행하면서, 재생 에너지의 도입이 증가하고 있습니다. 이러한 배경 가운데 전력 피크의 변동 및 재생 에너지 발전량의 변화에 대한 안정화 조치로서 배터리 저장소의 사용은 필수적인 것입니다. 10~20년 전에는 배터리 저장소의 비용이 부담되었지만, 현재는 그렇지 않습니다. 미래의 가격 추세에 관해서는 IRENA (International Renewable Energy Agency - 국제 재생 에너지 기구)가 “2030년까지 배터리 저장소의 설치 비용은 2017년 대비 최대 66%까지 감소할 것”으로 예측하고 있습니다. 전기 자동차 (EV) 시장과 함께 차량에 장착되는 배터리 저장 시스템 시장도 급격하게 성장할 것으로 예상되는 한편, 현재 차량에 장착되는 배터리 시장의 약 1/10 크기인 고정식 배터리 저장 시스템 시장은 탈 탄소 사회로 나아가면서 점진적으로 성장하게 될 것으로 예상됩니다.

이러한 배경 속에서 Yokogawa는 수요가 크게 확장될 것으로 예상되는 배터리 저장소를 사용한 에너지 관리 시스템을 제안하는 바입니다. 다음의 두 번째 섹션에서는 에너지 관리에 있어 배터리 저장 시스템을 적용하는 방안을 설명하고, 세 번째 섹션에서는 배터리 저장소 시스템의 운영과 가치 증대를 위한 노력에 대하여 설명합니다.

기업의 환경 가치 개선 및 배터리 저장소의 도입

더 높은 재생 에너지 사용률을 통한 기업 가치의 증대

2050년까지 탄소 중립을 달성하기 위한 목표로 인하여 기업들은 점점 더 많은 재생 에너지원을 도입하고 있습니다. 기업이 재생 에너지의 비율을 높이면서 얻을 수 있는 이점 중 하나는 CO₂ 배출량 감소로 인한 기업 가치의 상승입니다. 최근까지 기업은 제품 생산 및 다른 기업 활동에 필요한 전력을 보완하기 위해 사용하는 재생 에너지를 탄소 배출 감소에 기여하는 기업의 노력으로 홍보하여 왔습니다. 그러나 오늘날 기업들이 탄소 배출 경영 및 탄소 발자국 이니셔티브에 참여할 것으로 기대되는 사회적 배경 가운데, 이제 탄소 배출 감소는 심각하게 대처해야 할 사회적 문제입니다. 더구나, 기업 활동과 관

^{*1} Yokogawa Solution Service Corporation
Energy Storage & Renewable Energy Solution Department,
Consulting Center, Solutions Business Headquarters

런된 CO₂ 배출 감소는 기업을 자신의 경쟁 업체와 및 다른 제품과 차별화시키는 요소이며, 이는 곧 기업의 가치를 개선하는 요인으로 작용할 것입니다.

이런 방식으로 기업 가치를 향상시키기 위해, 먼저 도입된 재생 에너지량과 그 도입 효과를 연구할 필요가 있습니다. Yokogawa는 고객의 수요 데이터를 기반으로 설치 용량을 고려하며, 설치 전부터 문제를 해결할 수 있는 역량을 지원합니다. 또한 설치 이후에는, 전력 생산 자원의 가치를 더 높이기 위해, 잉여 전력을 활용하여 신뢰할 수 없는 재생 에너지원으로부터의 공급을 안정화시키는 작업을 수행해야 합니다. 이에 대응하여 Yokogawa는 에너지 효율과 기업 가치를 향상시키는 관리 시스템을 제공합니다.

배터리 저장소 도입을 통한 재생 에너지 비율의 개선

재생 에너지 발전의 사용률을 극대화하고 과잉 전력을 활용하기 위해 배터리 저장소는 필수적입니다. 태양광 발전의 경우를 예로 들어보면, 배터리를 설치하여 주간에 생성된 과잉 전력을 저장한 후 이를 밤이나 새벽에 발전되지 않는 동안에 사용할 수 있습니다. 이렇게 배터리 저장소를 활용하여 도입된 재생 에너지의 사용률을 개선할 수 있고, 자체적으로 가치를 높일 수 있게 됩니다.

배터리 저장소의 필요성이 증가함에 따라 Yokogawa는 그 가치를 높이기 위한 노력을 기울이고 있습니다. 예를 들어, 우리는 자체적으로 운영하는 시뮬레이터를 사용하고 있고 여기서 도출한 수요 동향 및 재생 에너지 발전 예측 분석을 기초로 하여, 설치된 재생 에너지 시설과 배터리 저장 시스템의 최적값을 정확하게 계산해 내는 분석 서비스를 제공합니다.

그림 1에서 시뮬레이터의 예를 확인할 수 있습니다. 위 부분은 수요 데이터가, 아래 부분은 태양광 발전량 (오렌지), 배터리 충전 또는 방전 (블루), 충전 상태 (그린)가 표시됩니다. 우리는 이 데이터를 사용하여 최적의 설치 용량과 그에 따른 특정 효과를 계산할 수 있는 근거를 제공합니다. 우리는 이 분석 결과를 CO₂ 배출 감소를 포함한 시스템 도입 효과를 시뮬레이션 하는데 사용할 수 있고, 또한 도입 비용과 관련된 시스템 수익성을 계산하는 데에도 사용할 수 있습니다.

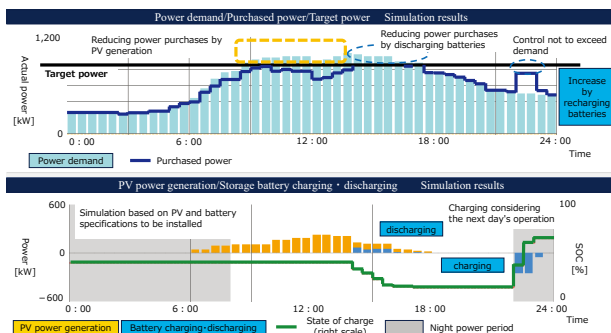


그림1 시뮬레이터 개요

그림 2에서는 태양광 발전에 배터리 저장소가 추가되었을 경우 과잉 전력, 구매 전력 및 자가 충족률의 변화를 확인할 수 있습니다.

다. 태양광 발전만 사용할 때 자가 충족률은 약 50% 정도이지만 약 10,000 kWh 용량의 배터리를 설치하는 경우, 자가 충족률은 약 80%로 크게 높아집니다. 그러나 이 효과는 수요 패턴 및 재생 에너지 설치 조건에 의존적이므로 실제 데이터를 사용한 분석이 필요합니다.

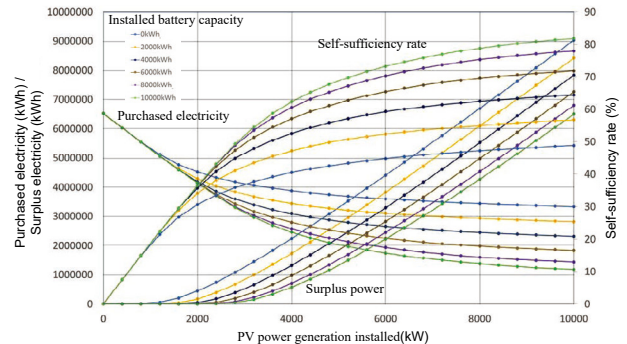


그림2 재생 에너지, 설치된 배터리 저장소의 용량 및 자가 충족률 사이의 상관 관계

그림 3은 설치 비용에 대한 상대적인 결과를 시뮬레이션 한 결과이고, 우리는 약 10,000 kWh 용량의 배터리 저장소를 설치한 후 전기 요금의 감소 효과 (투자 수익률)를 확인할 수 있었습니다. 배터리 저장소의 설치 비용을 1Wh 당 50엔으로 가정하는 경우, 배터리 저장소 시스템을 설치하였을 때 큰 초기 투자 비용이 필요하였음에도 불구하고 미래 수익이 증가하게 될 것이라는 사실을 확인할 수 있습니다.

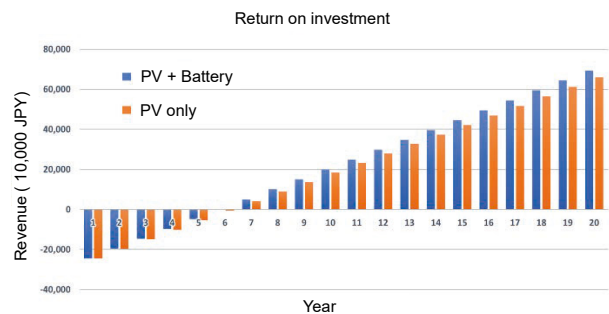


그림3 투자 수익률 이미지

최근 재생 에너지와 배터리 저장 시스템이 보다 널리 보급되면서 시스템 가격은 더 쉽게 접근할 수 있게 되었지만, 투자 회수 기간을 단축하기 위해 그림 3과 같이 자원을 효율적으로 사용하는 것이 중요합니다.

재생 에너지와 배터리 저장소를 사용하기 위한 솔루션 분산된 에너지 자원의 관리

재생 에너지와 배터리 저장소를 효과적으로 이용하려면, 필수적으로 에너지를 잘 조율하여 관리해야 합니다. 우리의 “생성” (재생 에너지가 포함된 최적의 발전 제어) 및 “활용” (운영 계획과 함께 효율적인 전력 발전 제어) 접근 방식 외에도, Yokogawa는 리튬 이온 배

터리를 사용한 에너지 저장 시스템에 대한 솔루션을 추가하여 “저장” (배터리 시스템에 대한 최적의 충, 방전 조정)하여 전체적으로 “활용” 하는 방법을 제공하고 있습니다. 그림 4는 에너지 관리를 위한 개념 도입입니다.

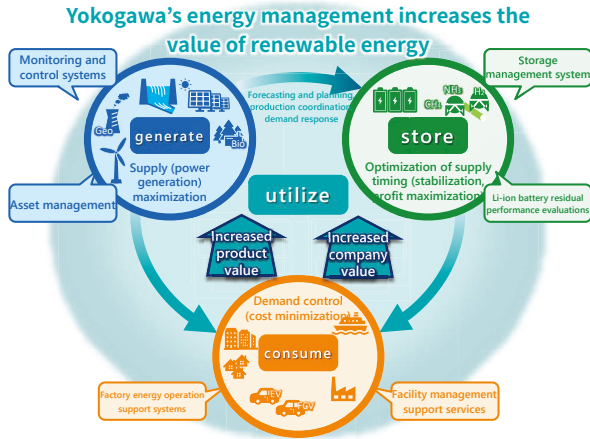


그림4 재생 에너지와 배터리 저장소의 활용을 위해 제안된 솔루션

그림 5는 분산된 에너지 자원에 대한 관리 시스템 다이어그램입니다. 이 관리 시스템은 CO₂ 감소의 극대화 또는 전력 비용의 감소와 같은 목표를 달성하기 위해 현장 발전 자원과 배터리 저장소를 연결하고, 수요 정보를 클라우드에 게시하며, 클라우드 기반 전력 발전 및 수요를 예측함으로써 시스템을 최적화하고, 배터리 저장 시스템의 충전 및 방전을 제어하여 시스템을 효율적으로 운영하게 해줍니다.

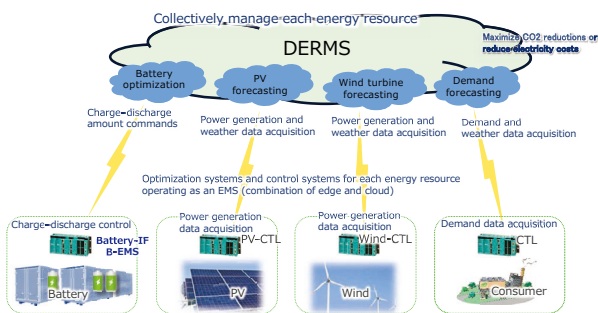


그림5 분산 에너지 관리 시스템

그림 6은 충전 및 방전 계획에 대한 구현 이미지입니다. 배터리 저장소의 용량은 유한합니다. 따라서 시스템을 개발할 때 주어진 조건으로 최대 효과를 얻기 위해 예측 결과를 기초로 최대 48시간 동안의 충전 및 방전 계획을 최적화합니다. 현장 컨트롤러는 개발된 계획을 사용하여 배터리의 최적화된 충전 및 방전 작업을 수행하게 됩니다. 이 작업을 수행하는 중, 예측 요인의 변동과 실제 결과와의 편차를 보상하기 위해 충전 및 방전 계획을 주기적으로 업데이트하여 최적의 운영 결과를 구현합니다.

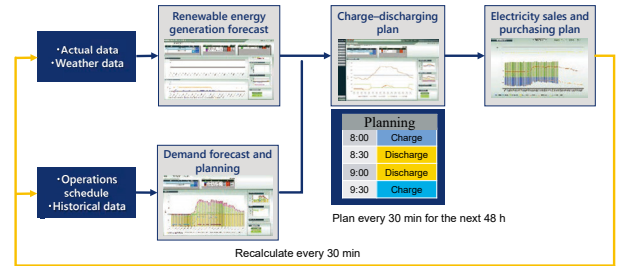


그림6 충전 및 방전 계획

온라인 진단을 통한 리튬 이온 배터리 저장소 시스템의 가치 증가

현재 대부분의 배터리 저장 시스템은 리튬 이온 배터리를 사용하지만 이를 효율적으로 운영하기 위해서는 그 상태를 정확하게 평가할 필요가 있습니다. 배터리 저장소의 상태를 결정하는 중요한 요소에는 전체 시스템의 사용 가능한 잔여 용량과 각 배터리 셀의 변동으로 인한 비효율적인 용량 감소가 포함됩니다. 배터리 저장 시스템은 일반적으로 여러 개의 “셀” (가장 작은 배터리 단위)을 직렬 및 병렬로 연결하여 구성합니다. MWh급 배터리 저장소 시스템의 경우, 수천 개에서 수만 개의 셀을 연결하여 구성할 수 있습니다.

개발된 셀의 잔여 용량을 결정하고 변동을 조정(셀 밸런싱) 하기 위해서는 배터리 저장 시스템을 특정 상태로 유지해야 합니다. 이전에는 이 작업을 수행하기 위해 배터리 저장 시스템의 작동을 주기적으로 중단해야 했고, 따라서 이로 인한 활동 손실이 발생하였습니다. 따라서 Yokogawa는 배터리의 상태를 추정하여 개별 셀의 상태를 실시간으로 진단할 수 있는 기술을 개발하였고, 이렇게 함으로써 사용물의 손실을 줄일 수 있게 되었습니다⁽²⁾. 이 기술을 통해 배터리 저장 시스템에 대한 온라인 진단 서비스를 제공할 수 있게 되었고, 또한 온라인 진단 메커니즘으로써, BMS (battery management system - 배터리 관리 시스템)와 게이트웨이를 배터리 저장 시스템에 연결하였으며, 이렇게 하여 개별적인 셀 상태에 대한 수집 정보를 Yokogawa의 관리용 클라우드로 전송하게 됩니다 (그림 5의 개념도에서 확인할 수 있음).

클라우드는 각 셀의 잔여 용량을 추정하고, 개별 셀의 잔여 용량과 시스템 잔여 용량 사이의 차이를 진단한 후, 그 정보를 BMS에 전송합니다. BMS는 셀 밸런싱 조정 회로를 사용하고, 또한 이 때 전송된 데이터를 기반으로 개별 셀의 잔여 용량의 편차를 수정함으로써 시스템 전체의 잔여 용량을 보정합니다. 배터리 저장 시스템의 경우, 일반적으로 잔여 용량과 셀 사이에 불균형이 존재하기 때문에 일정량의 여유 용량을 유지해야 합니다. 그러나, Yokogawa의 진단 기술을 사용하는 경우, 잔여 용량을 정확하게 측정할 수 있기 때문에 이러한 여유 용량을 줄일 수 있습니다. 또한 이전에는 셀 간 밸런싱 및 잔여 용량을 측정하기 위해 시스템을 중단할 필요가 있었지만 셀 진단 작업을 실시간으로 수행할 수 있기 때문에 (즉, 배터리 시스템이 운영 중일 때), 시스템을 중단할 필요가 없고, 이로써 시스템 중단으로 인한 비활동 손실을 감소시켜 시스템 용량을 극대화할 수 있게 되었습니다.

재활용된 배터리 저장 시스템으로 에너지 저장 시스템 구축하기

확장되고 있는 EV 시장을 고려할 때, 앞으로 중고 배터리를 활용한 저장 시스템이 만들어질 것은 명확해 보입니다. 따라서 재사용 및 재활용의 관점에서 볼 때 중고 배터리 저장 시스템은 재활용 자원의 한 형태로 주목받고 있습니다. 특히 일본에서는 EV 배터리를 고정형 배터리 저장 시스템으로 재활용하는 계획이 시연 단계로 진행되고 있고, Yokogawa는 배터리 저장소 진단 전문가로서의 역할로 중고 배터리 저장 시스템의 재활용 계획을 지원하고자 합니다.

그림 7은 폐EV 배터리를 고정형 배터리 저장 시스템으로 재활용하는 공정과, 그러한 공정 중 배터리 진단의 역할을 나타내고 있습니다. 먼저 Yokogawa는 협력 파트너로부터 수집한 중고 배터리를 진단하여 고정형 배터리 저장 시스템으로 재활용할 수 있는지 여부를 판단합니다. 그 후 아직도 사용할 수 있는 배터리는 저장 시스템으로 재활용합니다. 이 기술을 적용하여 중고 배터리 팩을 고정형 배터리 저장 시스템에 그대로 다시 사용하는 경우와 비교하였을 때, Yokogawa의 독점적인 시연 기술을 통해 부피 당 용량을 20배 더 획득할 수 있는 가능성을 입증하였습니다.

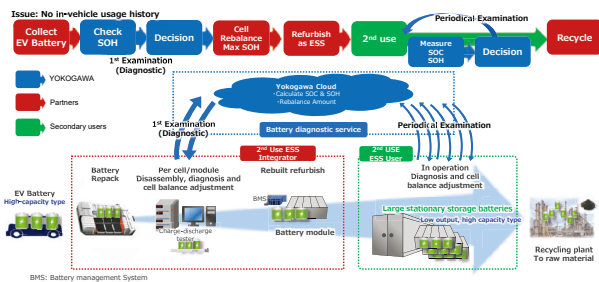


그림7 EV 배터리 재활용 및 리퍼비시를 위한 ESS 플로우 개요

리퍼비시(Refurbish) 배터리를 사용하는 고정형 배터리 저장 시스템은 위와 같은 방식으로 사용자에게 제공되고, 위에서 설명한 배터리 저장소 진단용 독점 기술은 사용자에게 개선된 안전성과 극대화된 용량을 제공할 수 있습니다.

ESS에 있어 리퍼비시 배터리의 환경적 가치

순환 경제 관점에서 볼 때, ESS (energy storage system)에 사용되는 리퍼비시 된 중고 EV 배터리는 국내뿐 아니라 국제적으로도 주목을 받고 있습니다.

리퍼비시 된 ESS를 널리 사용하려면 새로운 배터리와 비교하였

을 때 그들의 환경적 가치를 분명하게 정의하는 것이 필요합니다. 예를 들어, 새로운 배터리와 리퍼비시 된 ESS에 대한 PCR's (Product Category Rules - 제품 범주 규칙)을 정의하여 CO₂ 배출 저감을 기준으로 환경적 가치를 비교할 수 있게 하는 것입니다.

CO₂ 배출 관점에서 보면, 우리는 리퍼비시 된 ESS와 관련된 배출량을 계산할 때 EV 측에서 이미 설명한 배출량은 무시해도 된다고 믿고 있습니다. 보다 구체적으로 설명한다면, 리퍼비시 된 ESS 배터리의 제조 및 폐기와 관련된 프로세스에서 발생한 CO₂ 배출량은 0으로 간주해도 될 것입니다. 그러나 이는 이전에 EV에서 사용되었던 저장용 배터리이기 때문에 새로운 배터리와 비교하였을 때 방전 용량이 더 낮을 수도 있다고 가정할 수 있습니다. 따라서 Yokogawa는 "kWh 방전 당 CO₂ 배출량"을 정의하여 CO₂ 배출과 방전을 모두 고려하는 방안을 제안하는 바입니다. 이를 통해 저장용 배터리에 필요한 사양과 환경적 영향력을 모두 고려하는 PCR의 정의와 함께, 리퍼비시 된 ESS의 가치를 올바르게 결정할 수 있게 될 것입니다.

Yokogawa의 배터리 저장소 진단 기술은 새로운 배터리와 리퍼비시 된 배터리 모두의 방전 용량을 ESS에서 극대화시킬 수 있다는 사실에 유의해 주시기 바랍니다. "kWh 방전 당 CO₂ 배출량"에 대한 가치 개선을 제안할 수 있기 때문에, 우리는 배터리 저장 진단 기술과 함께 PCR과 결합된 리퍼비시 배터리 ESS를 제안하고자 합니다.

결론

탄소 중립 실현에 있어 배터리 저장소의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있습니다. 동시에 배터리 저장소 시스템의 설치 비용에 대한 투자 수익률, 시스템으로써의 효과적인 활용, 그리고 운용 방법과 같은 문제에 대한 인식 역시 높아지고 있습니다.

Yokogawa는 배터리 저장 시스템의 설치 용량 계산으로부터 분산된 에너지 자원 관리 시스템의 효율적인 운영 및 배터리 저장소 진단 서비스까지 모든 과정을 지원합니다. 더 나아가 중고 EV 배터리를 활용하는 ESS의 제작과 같은 활동을 촉진하기 위해 파트너 기업과의 협력이 필수적이고, 따라서 우리는 우리의 파트너들과 함께 협력하여 탄소 중립 실현하는데 기여할 수 있게 되기를 희망하는 바입니다.

REFERENCES

- (1) IRENA, Power Storage Technologies and Renewable Energy: Costs and Markets for 2030, 2017 (in Japanese)
- (2) S. Torai and M. Kazumi, "Technology for Estimating the Battery State and a Solution for the Efficient Operation of Battery Energy Storage Systems," Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 60, No. 1, 2017, pp. 25-30

* All company names, organization names, product names, service names and logos that appear in this paper are either trademarks or registered trademarks of Yokogawa Electric Corporation or their respective holders.