

# 탄소중립을 위한 도서지역 AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 운영용량 결정 전략

조선희

대림대학교

e-mail:chosunho@daelim.ac.kr

## Determination Strategy for Operation Capacity of Energy Storage System in AC Island Micro-grid of for Carbon Neutrality

Sun-Ho Cho

Dept. of Electrical Engineering, Daelim University

### 요약

국가의 탄소중립 선언에 따라 화석연료를 사용하는 발전기의 가동률을 줄이고, 신재생에너지 전원 도입을 증대시키기 위한 정책들이 수립되어 진행되고 있다. 특히 도서지역 등에서 운영되고 있는 디젤발전기의 가동률을 최소화하는 대책 방안으로서 신재생에너지의 비중을 높여 CO2 배출을 감소시키고, 전력을 상시적으로 안정화하면서 운용할 수 있는 방안들이 연구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 도서지역에 보급되어 있는 디젤발전기의 가동률을 최소화하기 위하여 전력 저장용 전기 장치의 운용을 위한 적정용량 산정전략을 제안한다. 즉 도서지역 AC 마이크로그리드에 도입되는 전기저장 장치에 대하여 24시간 부하 패턴, 신재생 에너지원(태양광 전원, 풍력발전)의 상호 출력패턴을 고려하여 적절한 시간대에 운용되는 전기저장 장치의 운영용량을 고려하는 적정용량을 산정하는 전략을 제시하였다.

## 1. 서론

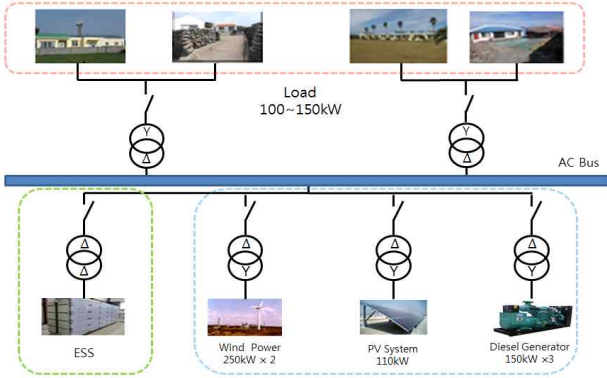
최근 지구 온난화 및 일본의 원전 오염수 방류, 고유가 등의 에너지 위기와 환경 문제가 전 세계적인 문제로 주목받고 있다. 이러한 에너지 위기와 환경문제를 해결할 수 있는 방안으로 전력시스템의 효율화와 신재생에너지의 도입 확대가 해결책으로 제안되고 있으며, 이를 위한 기술적인 수단으로 스마트그리드와 마이크로그리드의 적용이 검토되고 있다. 그중 마이크로그리드는 자립 운전용 전원과 재생에너지 전원 및 전기저장 장치들로 구성된 하나의 시스템을 의미하며, 최근 도서지역에서는 이 계통에 기 설치된 디젤발전기의 가동률을 줄이고 신재생에너지의 비중을 높여, 탄소중립을 달성하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 도서지역에 보급되어 있는 디젤발전기의 가동률을 최소화하는 동시에 계통의 안정성을 확보하면서 신재생 에너지원의 수요와 공급의 균형을 유지시키는 역할을 수행하는 전기저장 장치의 적정 도입용량 결정 전략을 제시한다. 즉 전기저장 장치의 도입 용량을 위하여 전력 저장용 전기저장 장치의 운용을 위한 적정용량 산정전략을 제안한다. 구체적으로 전기저장 장치의 적정 도입용량은 24시간 부하 패턴, 신재생 에너지원(태양광

전원, 풍력발전)의 상호 출력 패턴을 고려하여 결정하는데, 이 패턴들은 기존 도서지역에서 운영되는 패턴들의 평균치를 고려하여 시간대별 운영용량의 합으로 결정한다. 또한 이 운영 용량의 여유율을 두어 전기저장 장치의 용량 부족에 대한 대응방안의 기초 조건을 제시한다. 따라서, 본 논문에서 제시한 전기저장 장치의 적정용량 산정전략을 통해, 향후 도서지역에 도입되는 전기저장 장치의 도입 비용의 최적화에 기여할 수 있음을 확인하였다.

## 2. 도서지역용 AC 마이크로그리드의 특성

국내 많은 도서지역에서는 에너지 자립과 CO2 저감을 목표로 신재생 에너지원인 태양광 전원, 풍력발전, ESS, 디젤발전 등으로 구성된 AC 마이크로그리드가 운용되고 있다. 이중 대표적인 도서지역용 마이크로그리드 모델로 A섬 지역의 계통 구성을 살펴보면, 그림 1과 같이 150[kVA]급 디젤발전기 3대, 250[kW]급 풍력발전기 2대, 116[kW]급 태양광 전원과 계통연계를 위한 고압/저압 차단기 및 유압변압기, 전력의 공급과 수요를 안정적으로 유지시키는 전기저장 장치 등으로 구성되어있다. 또한 A섬의 전압 레벨은 고압측 22.9kV-y, 저압측 380V-y/220V이고, 이 계통용량은 약 2MW(경부하 시 150kW)이다. 하지만 A섬의 경우, 계통용량의 1/2 정도 용량

으로 도입된 신재생 에너지원은 기후의 영향에 따라 발전량이 변동하는 특성이 있어 전력 저장공간의 충분한 확보를 위하여 계통용량(2MWh)만큼 전기저장 장치가 도입되었다. 하지만 A섬의 전기저장 장치의 도입용량은 수요와 공급패턴을 고려하지 않아, 총용량의 1/3 이내로만 사용되고 있는 실정이다.



[그림 1] A 도서지역의 마이크로그리드

### 3. AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 도입용량 결정 전략

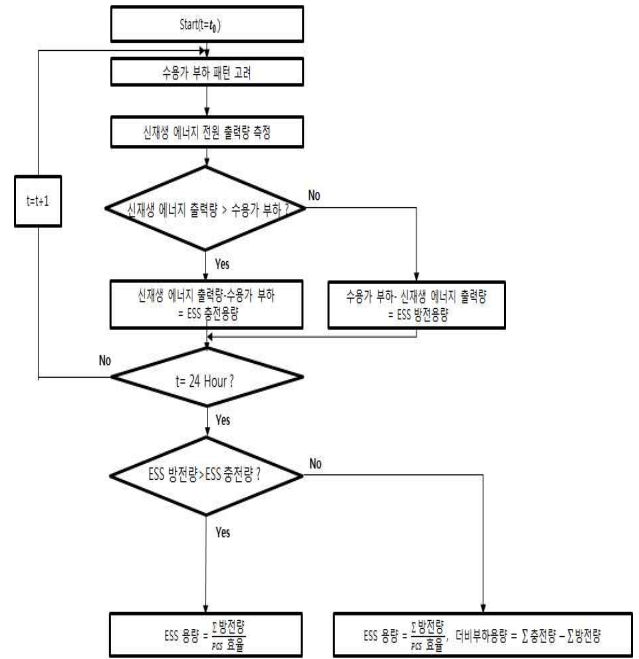
디젤발전기의 가동률을 최소화하여 탄소 배출량을 최대한 저감 하고, 신재생 에너지원의 운영 효율을 최대화하면서 수요와 공급을 유지시키는 기능을 수행하는 AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 최적 도입용량 결정방안은 아래의 절차에 의하여 수립된다. 즉, 수용가의 부하 패턴과 신재생 에너지원(태양광 전원, 풍력발전)의 출력패턴을 고려하여, ESS의 적정용량을 산정하면 다음과 같다.

[Step 1] 부하의 경부하시와 중부하시, 그리고 신재생 에너지원의 발전패턴이 최대출력일 경우와 최소 출력일 경우의 데이터를 통해 운영 특성을 분석한다.

[Step 2] 각 시간대 별로 신재생에너지 전원의 발전량과 수용가 부하량을 비교하여, 신재생 에너지원의 발전량이 큰 경우에는 전기저장 장치의 충전 용량으로 가정하고, 수용가 부하가 발전량보다 큰 경우에는 방전 용량으로 결정한다.

[Step 3] AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 적정 도입용량은 충전 용량이 아닌 최대 방전 용량을 기준으로 그 크기를 산정한다.

따라서, 상기에서 설명한 절차를 나타내면 그림 2와 같다.



[그림 2] 마이크로그리드용 전기저장 장치의 적정용량 산정 알고리즘

### 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

#### 4.1 시뮬레이션 조건

본 논문에서 제안한 AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 적정용량 결정 전략의 유용성을 입증하기 위한 시뮬레이션 조건은 아래와 같다.

- 1) 수용가의 부하 패턴은 경부하시와 중부하시의 패턴으로 구성
- 2) 신재생에너지원 출력패턴은 실제 출력특성 적용
  - 풍력발전기: 중부하(경부하)의 90%, 중부하(중부하)의 63%
  - 태양광전원: 경부하시의 21%, 중부하시의 15%

#### 4.2 수용가 부하 패턴

일 기준으로 대상 수용가의 중부하량은 표 1과 같이 840[kWh]와 1,140[kWh]의 두 가지 경우를 가정한다. 여기서, 경부하 시간대는 8시간(0시 ~ 8시), 피크 시간대는 총 4시간(13시 ~ 16시), 나머지는 중간부하 시간대로 가정한다.

[표 1] 수용가 부하 패턴

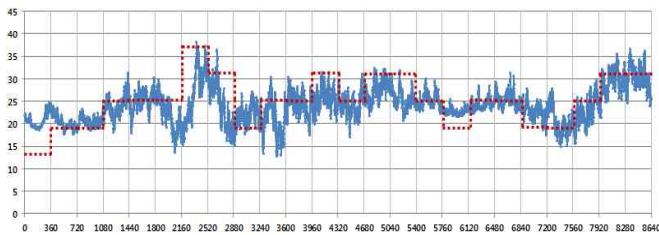
Classification	Capacity [kWh]	Off-Peak (h)	Middle peak (h)	Peak to Peak (h)
Case 1	840	8	12	4
Case 2	1140	8	12	4

### 4.3 태양광전원, 풍력발전기의 출력 패턴

풍력발전(45kW)의 시간대 별 출력량은 표 2와 같이 실제 계통에서 운용되는 출력 패턴을 적용하였고, 이를 통해 1일 동안 출력된 총 용량은 720[kWh]로 계산되었다. 여기에서 출력량은 24시간 동안의 발전용량의 합을 의미한다.

[표 2] 풍력발전의 출력 패턴

풍력발전 출력											
시간(H)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
용량(kW)	20	25	25	30	30	30	40	35	25	30	30
시간(H)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
용량(kW)	30	35	35	30	25	30	30	25	25	30	35

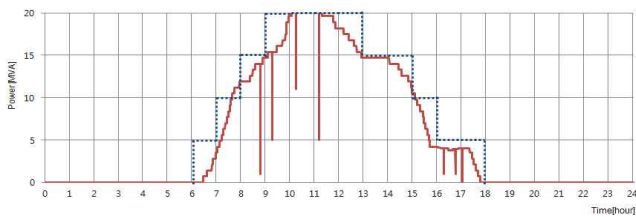


[그림 3] 실제계통에서의 풍력발전의 출력 패턴 분석

또한, 태양광 전원(20kW)의 시간대 별 출력은 표 3과 같으며, 출력에 대한 패턴을 표현하면 그림 4와 같다. 여기에서 태양광 전원은 6시부터 18시(12시간)까지 운용되며, 이를 바탕으로 1일 동안 발전된 총 용량을 계산하면 180[kWh]이다.

[표 3] 태양광전원 출력 패턴

Photovoltaic System											
Time(h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacity(kW)	0	0	0	0	0	0	5	10	15	20	20
Time(h)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Capacity(kW)	20	15	15	10	5	5	20	0	0	0	0



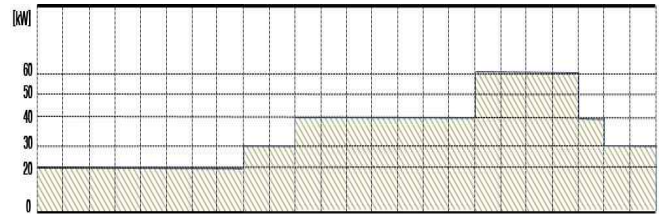
[그림 4] 실제계통에서의 태양광전원의 출력패턴

### 4.4 마이크로그리드용 전기저장 장치의 적정용량 산정

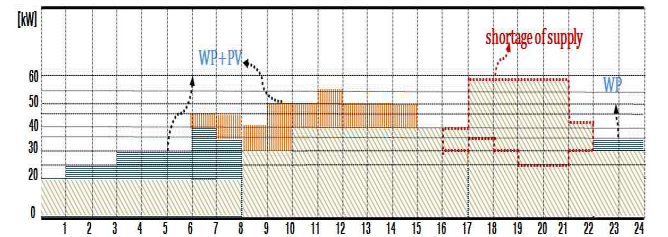
Case 1 : 수용가 부하가 840[kWh]인 경우

수용가 부하 패턴과 신재생에너지의 발전량을 비교하여 각 시간대 별 전기저장 장치의 충·방전 용량을 산정하면, 그림 5와 같이 충전은 1시 ~ 15시 및 22시 ~ 24시에서 동작하게

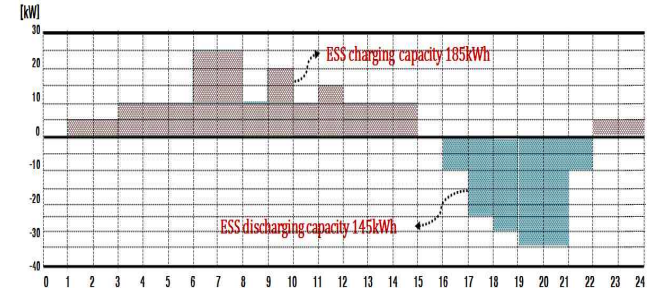
되어 충전용량은 총 185[kWh]로 결정된다. 또한 전기저장 장치의 방전은 16시 ~ 22시에서 이루어지며, 이때 운영되는 총 방전량은 145[kWh]로 결정된다.



(a) 수용가 부하 패턴



(b) 신재생에너지전원이 고려된 전력 패턴



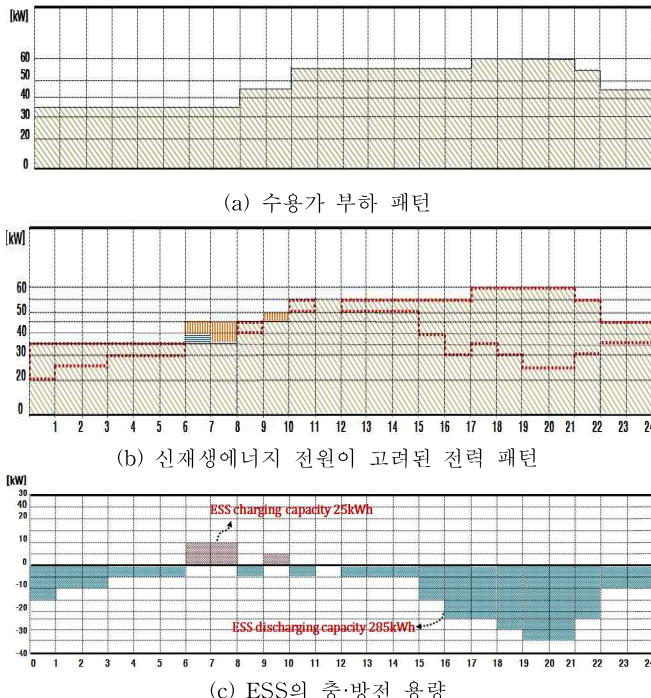
(C) ESS의 충·방전 용량

[그림 5] Case 1의 부하/전력/전기저장 장치의 용량특성

따라서, 위 그림에서 결정된 ESS 충·방전 용량으로부터, 방전량을 기준으로 여유율이 적용된 적정용량은 217.5kWh로 산정된다. 하지만 상기의 경우, 전기저장 장치의 충전량이 방전량보다 크기 때문에, 적정용량은 방전량을 기준으로 결정하지만, 경제성을 고려하여 전기 저장장치의 용량추가증설이 아닌 더미 부하(25kW)를 설치하도록 한다.

Case 2 : 수용가 부하가 1,140[kWh]인 경우

수용가 부하량을 총 1,140kWh로 가정하고, 신재생 에너지 전원(태양광전원, 풍력발전)의 출력량이 상기 시뮬레이션 조건에서 제시한 패턴과 동일하게 적용한 후, 시뮬레이션을 통해 전기저장 장치 도입용량을 산정한다. 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같이 전기저장 장치의 충전 시간대는 6시 ~ 8시, 9시 ~ 10시에서 이루어지며, 이때 총 충전량은 25[kWh]로 계산되었다. 또한 전기저장 장치의 방전은 0시 ~ 6시, 8시 ~ 9시, 10시 ~ 11시, 12시 ~ 24시에서 이루어지며, 이때 운영된 총 방전량은 285[kWh]로 계산되었다.



[그림 6] Case 2의 부하/전력/전기저장 장치의 용량특성

따라서, 상기에서 결정된 ESS 충·방전 용량으로부터, 방전량과 여유율을 고려한 적정용량은 약 420kWh(여유율 1.5)로 결정되며, 전기저장 장치의 방전량이 충전량보다 크므로 더미 부하가 필요 없음을 알 수 있다.

## 5. 결론

전기저장 장치의 적정용량을 결정하기 위하여 수용가 부하 패턴과 신재생에너지 전원(태양광전원, 풍력발전)의 출력패턴을 고려하여 용량을 산정하는 전략을 제시하였다. 이를 바탕으로 전기저장 장치의 적정용량 산정을 위한 시뮬레이션을 수행한 결과, AC 마이크로그리드용 전기저장 장치의 적정용량은 방전 용량을 기준으로 산정해야 함을 확인하였다. 또한, 경제적인 측면을 고려하면 ESS의 충전 시에는 더미 부하를 이용하여 마이크로그리드의 공급과 수요를 충족시킬 수 있지만, 방전 시에는 수요와 공급을 일치시키기 위하여 더미 부하가 필수적으로 요구됨을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] 김승모, 오승진, 이종학, 김태형, 권병기, 안재민, 진경민, 최창호 "가과도 마이크로그리드에서의 풍력발전 연계를 위한 2MVA급 배터리 에너지 저장시스템(BESS) 적용 및 실증", The Transactions of the Koeran Institute of Power Electronics, Vol. 19, No. 4, pp. 303-311, August 2014.