

Analysis of Battery ESS Technology and its Effects for Generation Constraint

발전제약완화용 배터리 ESS 효과 분석 및 기술 적용

Solyoung Jung
정솔영

Abstract

우리나라 서해안 및 동해안지역에는 대규모 발전단지가 집중되어 운영 중이며 이 발전단지들의 발전력을 송전하고 있는 765kV 송전선로 2 회선 고장이 발생하는 경우 송전선로의 용량부족으로 인해서 수 GW 규모의 발전력을 불시에 탈락시키도록 보호체계(SPS, Special Protection System)가 운영 중이다. 이 SPS 가 동작하여 대규모 공급능력이 불시에 상실되면 급격한 주파수 하락이 발생하게 되어 저주파수계전기(Under Frequency Relay, UFR)가 동작할 수 있기 때문에 SPS 탈락 발전기의 출력을 상시에 감소시키는 제약비발전(Constraint off)을 시행하고 있다. 이 제약비발전으로 인해 매년 수천억원의 제약비용이 발생하고 있기 때문에 제약을 완화시키기 위한 방안으로 배터리 에너지저장장치(BESS)를 적용하는 사업이 추진되고 있다. 이는 “발전제약완화 에너지저장장치(이하 발전제약완화용 ESS) 사업”으로 불리며 전국 19 개 변전소에 총 1.4GW(2C-Rate)의 에너지저장장치가 설치되는 국내 최대규모의 BESS 사업이다. 향후 송전망 확충에 의해서 발전제약이 해소되는 경우 주파수 조정용, 재생에너지 변동성 완화용 등의 다목적 ESS 로 활용될 계획이다. 본 보고서에서는 발전제약완화 ESS 사업의 기술적 효과를 실효치 기반의 시뮬레이션(PSS/E v33.3)을 통해서 검토하였다.

Keywords: 에너지저장장치, ESS, 발전제약, 발전제약완화용 ESS

I. 서론

우리나라 서해안, 동해안지역은 765kV 송전선로 고장 시 대규모의 발전력을 탈락시키는 SPS가 운영 중이며, 이에 따른 주파수 하락이 신뢰도 고시에 명시된 주파수 유지기준인 59.2Hz 보다 낮아질 수 있기 때문에 최저주파수를 이 이상으로 유지시키기 위해 대규모 발전단지에 대하여 발전기 제약운전을 시행하고 있다.

대규모 발전단지 제약운전으로 인한 제약비용은 서해안지역의 당진화력의 제약비용만 고려하였을 때, 2018년에 약 4,700억원, 2019년에 약 4,600억원이 발생하고 있고 2023년에 당진TP-신송산 765kV 송전선로가 건설되면 2,700억원으로 감소될 예정이다. 이러한 발전단지 발전제약 비용은 향후 송전선로 보강이 이루어지기 전까지 지속적으로 발생할 전망이다, 민원 등으로 인하여 송전선로 보강이 지연되는 경우에는 매년 수천억 규모의 발전비용이 지속적으로 발생할 것으로 예상된다.

본 보고서에서는 지속적으로 발생하는 발전제약에 대한 해결책으로 ESS의 적용을 검토하였다. 최근 ESS의 가격이 낮아지면서 다양한 분야에 활용이 시도되고 있고, 현재 우리나라에서도 ESS를 다양한 목적에 따라서 활용하고 있다. 특히 전력계통 분야에서는 ESS를 전력

계통 주파수를 상시 유지할 수 있도록 제어하는 주파수조정용(Frequency Regulation, FR) ESS로 활용하며, 재생에너지의 출력 변동에 단시간으로 대응할 수 있도록 재생에너지 변동성완화용으로 활용하기도 한다. 또한 재생에너지 피크제어에 기여하여 재생에너지원의 수용성을 확대할 수 있도록 적용한다. 뿐만 아니라 ESS는 응답 속도가 빠르기 때문에 과도안정도 개선용으로 적용할 수 있으며, 본 보고서에서는 ESS를 적용하여 대규모 발전력 탈락 시 전력계통의 주파수하락에 빠르게 응동하여 최저주파수를 향상시키고, 발전제약량을 완화시킬 수 있도록 발전제약완화용 ESS로 적용하고 그 효과를 검토하였다.

II. 발전제약완화용 ESS 구성 및 원리

발전제약완화용 ESS의 구성은 Fig. 1와 같다. 연계모선의 변압기를 통해서 개별 전력변환장치(Power Conditioning System, PCS)가 2~4개씩 연계가 되며 전체 PCS들을 종합 제어하는 기능은 전력관리시스템(Power Management System, PMS)에 설치된다. PMS는 연계모선의 전압과 주파수를 측정하여 전체 ESS의 출력 수준을 결정하고 이를 개별 배터리의 충전상태(State Of Charge, SOC)를 고려하여 개별 PCS의 출력을 배분하는 역할을 수행한다.



저자 정솔영 | 한국전력공사 전력연구원 차세대송변전연구소

정솔영 선임보연구원은 2016년 전력연구원에 입사하여 현재 차세대송변전연구소 전력계통연구실에 근무 중이다. 연구분야는 전력계통 해석, 재생에너지 계통 연계 영향분석, ESS 계통 영향분석, 실시간 시뮬레이터를 이용한 HVDC 및 FACTS 연계 검토 등이다.

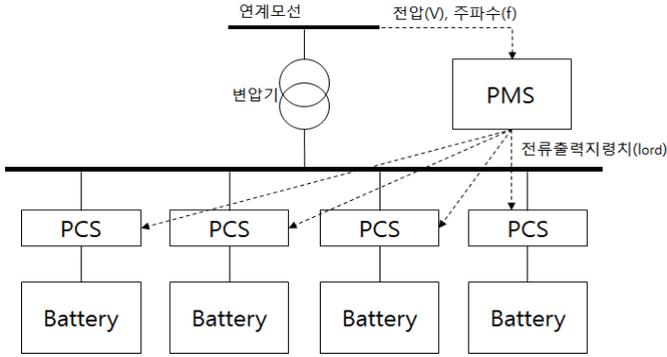


Fig. 1. 발전제약완화용 ESS 구성도



Fig. 2. 발전제약완화용 ESS의 제어모드

PMS에서 제어하는 발전제약완화용 ESS의 제어전략은 Fig. 2와 같이 정상모드, 주파수 조정모드, 과도모드로 구분할 수 있으며, Fig.3의 제어알고리즘을 통해서 동작한다.

A. 정상모드

전력계통 주파수가 불감대의 하한(f1) 이상이고 주파수변화율(Rate of Change of Frequency, RoCoF)이 기준 이하인 조건에서는 정상모드로 제어한다. 정상모드에서는 별도로 주파수 유지를 위한 제어를 수행하지 않는다. 다만 상시 충전상태(State Of Charge, SOC)를 일정수준으로 유지시키기 위한 저속 충/방전제어 및 과도모드 제어 시 빠른 응답을 확보하기 위한 시동(Idling)제어를 수행한다.

B. 주파수 조정모드

전력계통 주파수가 불감대의 하한(f1) 이하이고 RoCoF가 기준 이하인 조건에서는 주파수 조정모드로 제어한다. 주파수 조정모드에서는 주파수오차에 대한 비례(Droop)제어를 통해서 전력계통의 주파수를 유지하도록 한다. 다만 과도모드 제어를 대비해서 SOC 수준을 80~90% 수준으로 유지하는 제어도 병행한다.

C. 과도모드

전력계통 주파수가 일정수준(f2)이하로 낮아지거나 주파수와 무관하게 RoCoF가 기준 이상인 조건에서는 과도모드로 제어한다. 과도모드에서는 최대속도로 방전하여 주파수를 회복시키는 제어를 수행한다. 발전제약완화용 ESS가 과도모드로 제어되는 동안은 충전수준(SOC)을 유지하기 위한 충/방전제어는 수행하지 않는다. 또한 RoCoF가 일정 시간 이상동안 양의 값을 유지하고, 주파수가 불감대의 하한값 이상이면 출구모드가 동작하여 다시 정상모드로 동작한다.

발전제약완화용 ESS는 기존의 ESS와는 다르게 주파수가 급격하게 하락하는 과도 상황에서 ESS가 최대 방전을 함으로써 계통의 최저

주파수 상승에 기여하여 상시 발생하는 발전제약을 완화하는 목

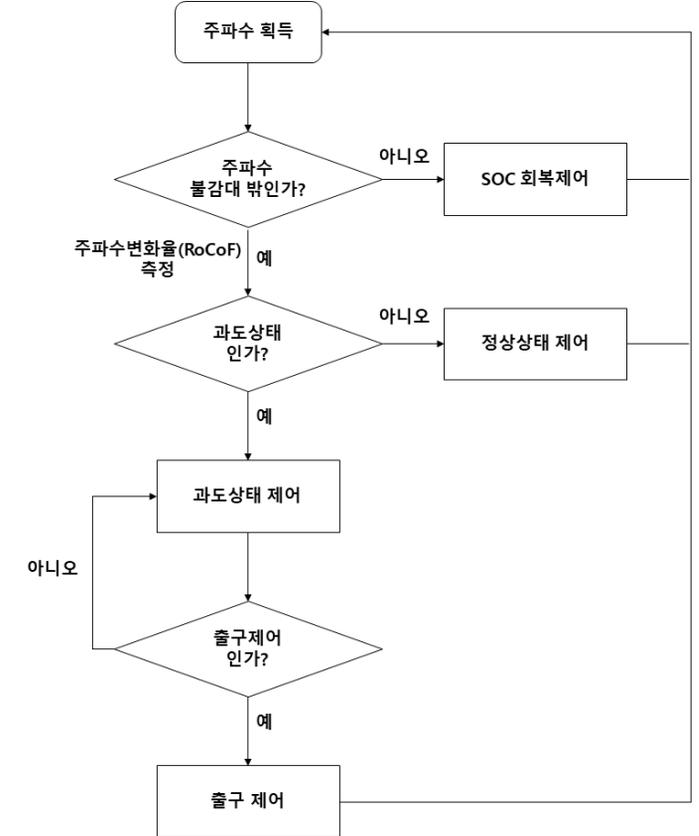


Fig. 3. 발전제약완화용 ESS의 제어모드

적이 있다. 그렇기 때문에 기존의 ESS보다 상시 충전상태를 높게 유지하여야 하며(약 80~90% 수준), 상시 주파수 제어를 목적으로 하는 것이 아니므로 불감대 영역을 더 크게 설정할 수 있다.

III. 서·동해안 발전단지 제약운전 현황

A. 서·동해안 발전단지 발전제약 발생 현황 분석 개요

서해안과 동해안 발전단지에 발생하는 발전제약 현황을 상용 전력계통해석 툴(PSS/E)의 과도안정도 해석 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상계통은 신규 발전설비 및 송변전설비의 준공년도 등을 고려하여 2022년과 2024년의 최대수요 및 최소수요 수준의 전력계통을 선정하였다.

운영예비력은 현행 확보 기준에 준하여 적용하는 것을 원칙으로 하였으며 발전기 탈락으로 인한 전력계통 주파수 특성을 실적과 유사한 수준으로 맞추기 위해서 운영예비력 확보 수준을 일부 조정하였다. 최종적으로는 TABLE 1의 주파수제어 예비력과 주파수회복 1차 및 2차 예비력 일부를 포함한 수준으로 조정하여 분석에 반영하였다. 또한 발전원 종류 및 발전제약 여부에 따라서 운영예비력 제공을 하지 못하는 발전기들을 고려하였으며, 일반적으로 운영예비력을 제공하는 발전기들의 경우 경제급전 우선순위(Merit order)에 따라서 발전력을 배분하였다. 운영예비력 미 제공 발전기는 원자력 발전소와 서해안과 동해안지역의 발전제약 대상 발전기들로 선정하였다.

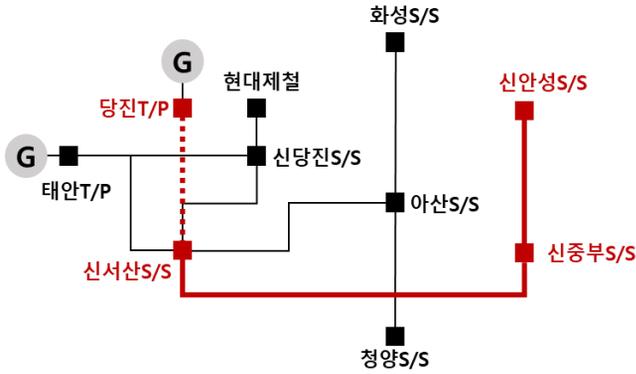


Fig. 4. 서해안 발전단지 구성 현황

TABLE.1
현행 운영예비력 확보기준

항목	확보량 [MW]	응답방법	응동 시간	유지 시간		
운영예비력	주파수제어	700 이상	AGC	5분	30분	
	주파수회복	1차	1,000 이상	G/F	10초	5분
		2차	1,400 이상	AGC	10분	30분
		3차	1,400 이상	급전전화	30분	-
소계	4,500 이상					
속응성자원	2,000	급전전화	20분	4시간		
합계	6,500					

TABLE 2
서해안 발전단지 발전제약량 산정 결과

Case	ESS 미 적용		
	제약량	탈락량	
2022	최소부하	1.74GW	3.30GW
	최대부하	1.04GW	4.0GW
2024	최소부하	1.74GW	3.30GW
	최대부하	1.04GW	4.0GW

B. 서해안 발전단지 발전제약 발생 현황

서해안의 당진과 태안화력 발전단지는 총 12.1GW의 발전설비(각각 6GW와 6.1GW)가 운영 중이며 이 발전단지들은 아래의 Fig. 4와 같이 신서산-신증부 765kV 2회선 및 아산-화성 345kV 2회선의 송전선로로 연계되어 수도권으로 전력을 공급한다. 이러한 계통의 구성 때문에 당진-신서산 765kV 2회선 고장이 발생하는 경우 발전기가 가속이 되어 동기탈조가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해서 발전기 탈락 고장파급방지장치(Special Protection System, SPS)를 적용하여 최대 8기의 발전기를 동시에 탈락시킨다.

2022년 및 2024년의 최소부하와 최대부하 계통에 대해 765kV 당진-신서산 2회선 고장 및 당진 발전기 8기 탈락 시 59.2Hz 이상을 만족하는 당진발전기 제약량과 탈락량은 TABLE 2와 같이 분석되었다.

C. 동해안 발전단지 발전제약 발생 현황

동해안의 한울, 삼척, 강릉안인, 북평화력 발전단지는 아래의

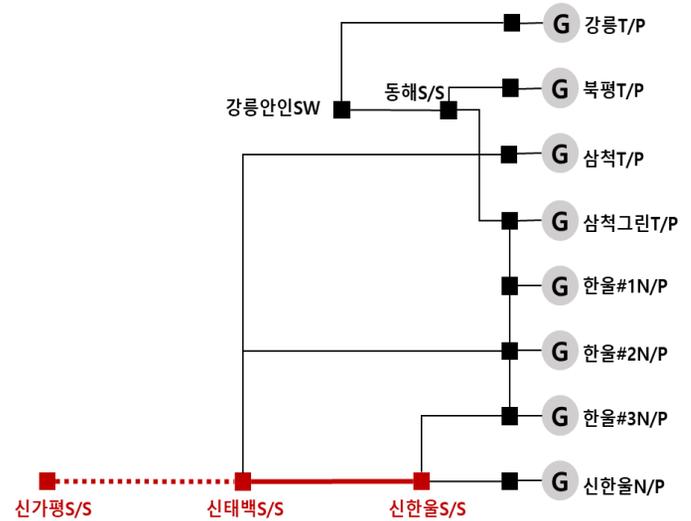


Fig. 5. 동해안 발전단지 구성 현황

TABLE 3
동해안 발전단지 발전제약량 산정 결과

Case	ESS 미 적용		
	제약량	탈락량	
2022	최소부하	1.15GW	3.63GW
	최대부하	0.65GW	4.09GW
2024	최소부하	3.86GW	3.63GW
	최대부하	2.88GW	4.09GW

Fig. 5와 같이 연계되어 운영 중이다. 이 발전단지들은 신한울-신태백 765kV 2회선 및 신태백-신가평 765kV 2회선의 송전선로로 연계되어 수도권으로 전력을 공급한다. 신가평-신태백 765kV 2회선 고장이 발생하는 경우에는 계통 조건에 따라 한울 및 신한울 발전기가 고장파급방지장치에 의하여 동시에 탈락한다.

2022년 및 2024년의 최소부하와 최대부하 계통에 대해 765kV 신가평-신태백 2회선 고장 및 한울과 신한울 발전기 탈락 시 59.2Hz 이상을 만족하는 동해안발전기의 제약량과 탈락량은 아래의 TABLE 3과 같이 분석되었다.

IV. 발전제약완화용 ESS 적용 및 효과분석

A. ESS 적용을 통한 발전제약 감소 효과 분석 개요

발전제약완화용 ESS 적용을 통한 발전제약 감소 효과를 분석하기 위하여 ESS의 동작성능은 전력계통 주파수가 일정범위 내에서 유지되는 경우 충전수준(SOC)을 유지하기 위한 충/방전제어를 수행하지만 주파수가 일정수준 이하 또는 일정속도 이상으로 하락하는 경우 최대속도로 방전을 시행하여 전력계통의 주파수를 회복시키는 역할을 수행하도록 다음과 같이 반영하였다.

- 제어불감대 : ±0.2[Hz] (60.2~59.8[Hz])
- 최대 주파수변화율(RoCoF) : 0.028[Hz/sec]
- PCS 최대출력 Ramp : 2.0 [pu/sec] (500[msec] 이내 최대출력 가능)

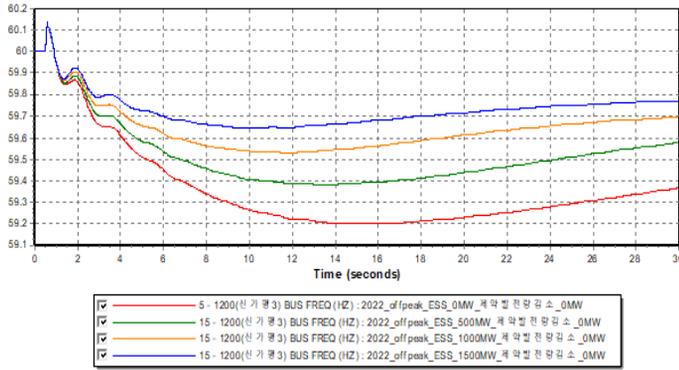


Fig. 6. ESS 투입에 따른 주파수 모의 결과(서해안)

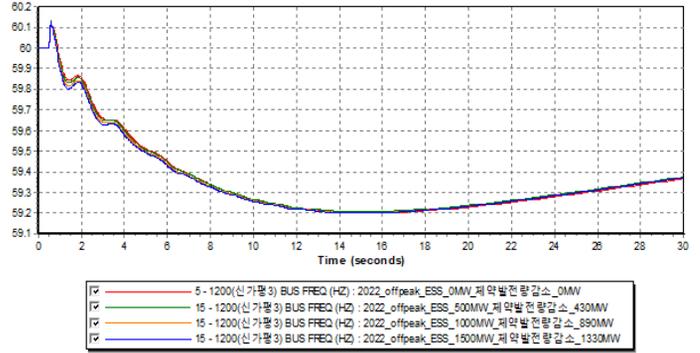


Fig. 8. ESS 투입, 발전제약감소에 따른 주파수 모의 결과(서해안)

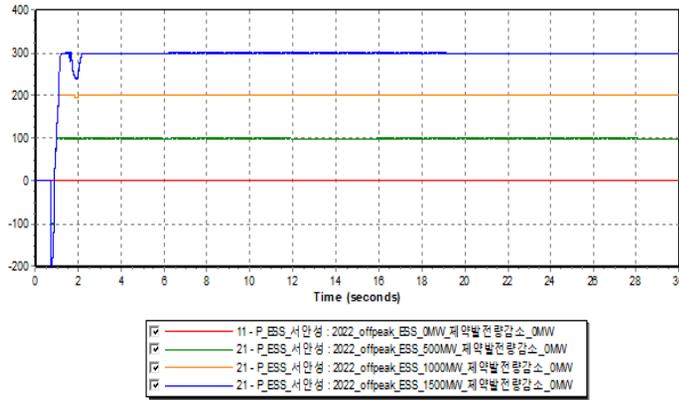


Fig. 7. ESS 투입량에 따른 ESS 출력 모의 결과(서해안)

발전제약완화용 ESS는 서안성, 신남원, 인동, 신옥천, 신파주 154kV 변전소에 같은 비율로 투입하였으며, 500MW 단위로 1.5GW까지 투입하여 그 효과를 검토하였다.

B. ESS 적용을 통한 서해안 발전단지 발전제약 감소 효과

발전제약완화용 ESS 적용에 따른 서해안 발전단지의 발전제약 감소 효과를 분석하기 위하여 다음의 시나리오를 반영하여 검토를 수행하였다.

- (Step0)당진화력(3~10호기) 발전제약 고려 (TABLE.2참고)
- (Step1)서해안 발전단지 주파수 모의
 - 765kV 당진 모선 고장
 - 고장 제거 및 765kV 당진-신서산 2회선 개방
 - 당진 3~10호기 탈락
 - 주파수 모의 수행 및 최저주파수 59.2Hz 이상 확인
- (Step2)ESS 0.5, 1.0, 1.5GW 적용, 최저주파수 상승효과 분석
 - (Step1)의 주파수 모의 수행
- (Step3)ESS 적용에 따른 제약발전량 저감효과 분석
 - (Step1)의 주파수 모의 수행

아래의 Fig. 6은 2022년 최소부하 계통에 대해 ESS를 500MW 단위로 1.5GW까지 투입하였을 때 신가평 모선의 주파수 파형이며, Fig. 7은 서안성 변전소의 ESS 출력을 나타낸 것이다. 최저주파수는 TABLE 4와 같이 분석되었다.

TABLE 4
ESS 투입에 따른 최저주파수 분석 결과(서해안)

CASE		ESS 투입량에 따른 최저 주파수[Hz]			
		0GW	0.5GW	1GW	1.5GW
2022	최소부하	59.20	59.38	59.53	59.65

TABLE 5
ESS 투입량에 따른 제약발전량(서해안)

CASE		ESS 투입량에 따른 제약발전량[GW]			
		0GW	0.5GW	1GW	1.5GW
2022	최소부하	1.74	1.31 (△0.43)	0.85 (△0.89)	0.41 (△1.33)

아래의 Fig. 8은 각 ESS 투입 case에 대해서 최저 주파수가 59.2Hz 이상을 만족하도록 제약발전량을 감소시킨 후 주파수 모의를 한 결과이다. ESS를 500MW 단위로 늘려서 투입 시 TABLE 5와 같이 제약발전량이 감소하는 것으로 분석되었다.

2022년 최소부하 분석결과 ESS 0.5GW를 적용하는 경우 430MW의 제약이 감소(86% 효율)되는 것을 확인할 수 있다. ESS 1GW를 적용하는 경우 총 890MW의 제약이 감소(89% 효율)되는 것을 확인하였으며 ESS 1.5GW 적용 시 총 1,330MW의 제약이 감소(88.7% 효율)되는 것을 확인하였다. 같은 방법으로 2022년 최대부하 및 2024년 최소/최대부하 계통에 대해 모의한 결과는 TABLE 6과 같이 분석되었다. 이때 ESS 적용 효율은 ESS 1MW 적용 시 발전제약 감소에 대한 비율을 나타낸 것으로 다음 식으로 산출되었다.

$$\text{ESS 적용 효율} = \frac{(\text{ESS 투입전 제약량}) - (\text{ESS 투입후 제약량})}{(\text{ESS 투입량})}$$

발전제약완화용 ESS 투입에 따른 서해안 발전단지 발전제약 감소효과 분석 결과 평균 88.47%의 감소효과가 있는 것으로 분석되었다. 즉 100MW ESS를 설치하는 경우 88.47MW의 발전제약 감소를 기대할 수 있다. 서해안 발전단지의 경우 765kV 2회선 고장을 대비한 발전기 탈락 SPS의 탈락대상 발전기와 탈락 대수 그리고 제약대상 발전기가 동일하기 때문에 ESS용량별로 적용효율이 유사한 수준(최대 3%p 차이)으로 산정된다.

2022년 최대부하 계통의 경우에는 ESS를 1.17GW, 2024년의 경우에는 1.18GW를 투입하면 모든 제약이 해소되는 것으로 분석되었다.

TABLE 6
서해안발전단지 발전제약 감소 분석 결과

CASE	ESS 투입전 제약량	ESS 투입량	ESS 투입후 제약량	발전기 탈락량	최저 주파수	ESS 적용 효율	
2022	최소 부하	1.74GW	0.5GW	1.31GW	3.73GW	59.21Hz	86.00%
			1.0GW	0.85GW	4.19GW	59.20Hz	89.00%
			1.5GW	0.41GW	4.63GW	59.20Hz	88.67%
	최대 부하	1.04GW	0.5GW	0.60GW	4.44GW	59.21Hz	88.00%
			1.0GW	0.15GW	4.89GW	59.21Hz	89.00%
			1.17GW	0GW	5.04GW	59.21Hz	88.89%
2024	최소 부하	1.74GW	0.5GW	1.29GW	3.75GW	59.20Hz	90.00%
			1.0GW	0.84GW	4.20GW	59.20Hz	89.99%
			1.5GW	0.39GW	4.65GW	59.21Hz	90.00%
	최대 부하	1.04GW	0.5GW	0.61GW	4.43GW	59.21Hz	86.00%
			1.0GW	0.16GW	4.88GW	59.20Hz	88.00%
			1.18GW	0GW	5.04GW	59.20Hz	88.14%

C. ESS 적용을 통한 동해안 발전단지 발전제약 감소 효과

발전제약완화용 ESS 적용을 통해 동해안 발전단지의 발전제약 감소 효과를 분석하기 위하여 다음의 시나리오를 반영하여 검토를 수행하였다.

- (Step0)동해 발전단지(삼척, 삼척GT, 강릉 및 북평) 제약 고려 (TABLE.3참고)
- (Step1)동해안 발전단지 주파수 모의
 - 765kV 신태백 모선 고장
 - 고장 제거 및 765kV 신태백-신가평 2회선 개방
 - 한울(5,6호기) 및 신한울(1호기) 탈락
 - 주파수 모의 수행 및 최저주파수 59.2Hz 이상 확인
- (Step2)ESS 0.5, 1.0, 1.5GW 적용, 최저주파수 상승효과 분석
 - (Step1)의 주파수 모의 수행
- (Step3)ESS 적용에 따른 제약발전량 저감효과 분석
 - (Step1)의 주파수 모의 수행

아래의 Fig. 9는 2022년 최소부하 계통에 대해 ESS를 500MW 단위로 1.5GW까지 투입하였을 때 신가평 모선의 주파수 파형이며, Fig. 10은 서안성 변전소의 ESS 출력을 나타낸 것이다. 최저주파수는 TABLE 7과 같이 분석되었다.

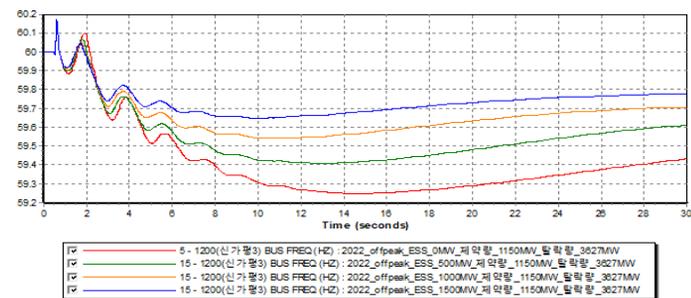


Fig. 9. ESS 투입에 따른 주파수 모의 결과(동해안)

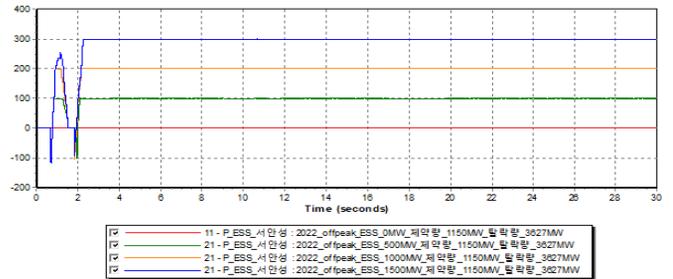


Fig. 10. ESS 투입량에 따른 ESS 출력 모의 결과(동해안)

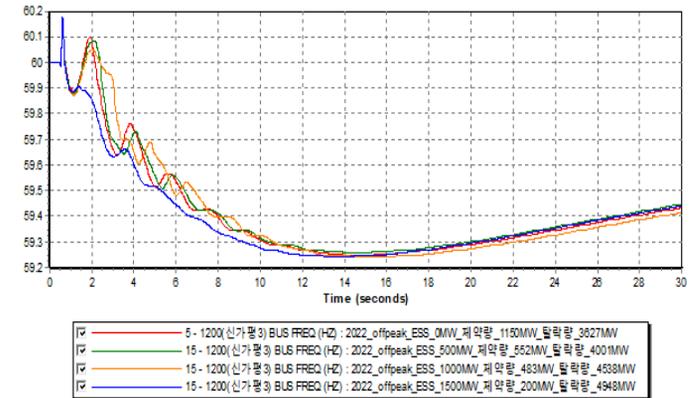


Fig. 11. ESS 투입, 발전제약감소에 따른 주파수 모의 결과(동해안)

아래의 Fig. 11은 각 ESS 투입 case에 대해서 최저 주파수가 59.2Hz 이상을 만족하도록 제약발전량을 감소시킨 후 모의한 결과이다. ESS를 500MW 단위로 늘려서 투입 시 TABLE 8과 같이 제약발전량이 감소하는 것으로 분석되었다.

2022년 최소부하 검토 결과 ESS 0.5GW를 적용하는 경우 598MW의 제약이 감소(119% 효율)되는 것을 확인할 수 있다. ESS 1GW를 적용하는 경우 총 667MW의 제약이 감소(66.65% 효율)되는 것을 확인하였으며, ESS 1.5GW 적용 시 총 950MW의 제약이 감소(63.33% 효율)되는 것을 확인하였다. ESS 1GW와 1.5GW를 적용하는 경우에 효율이 낮은 이유는 탈락 발전기 대수가 0.55GW 적용 케이스보다 1대 더 증가하였기 때문으로 분석되었다. 같은 방법으로 2022년 최대부하 및 2024년 최소/최대부하 계통에 대해 모의한 결과는 TABLE 9와 같다.

TABLE 7
ESS 투입에 따른 최저주파수 분석 결과(동해안)

CASE	ESS 투입량에 따른 최저 주파수[Hz]				
	0GW	0.5GW	1GW	1.5GW	
2022	최소부하	59.20	59.38	59.53	59.65

TABLE 8
ESS 투입량에 따른 제약발전량(동해안)

CASE	ESS 투입량에 따른 제약발전량[GW]				
	0GW	0.5GW	1GW	1.5GW	
2022	최소부하	1.15	0.55 (Δ0.6)	0.48 (Δ0.67)	0.20 (Δ0.95)

TABLE 9
동해안발전단지 발전제약 감소 분석 결과

CASE	ESS 투입전 제약량	ESS 투입량	ESS 투입후 제약량	발전기 탈락량	최저 주파수	ESS 적용 효율
2022	최소 부하 1.15GW	0.5GW	0.55GW	4.00GW	59.24Hz	119.52%
		1.0GW	0.48GW	4.54GW	59.24Hz	66.65%
		1.5GW	0.20GW	4.95GW	59.24Hz	63.33%
	최대 부하 0.65GW	0.5GW	0.56GW	4.54GW	59.24Hz	18.25%
		1.0GW	0.25GW	4.90GW	59.24Hz	40.00%
		1.5GW	0.20GW	4.95GW	59.24Hz	63.33%
2024	최소 부하 3.86GW	0.5GW	3.41GW	4.04GW	59.21Hz	90.00%
		1.0GW	2.91GW	4.50GW	59.20Hz	95.00%
		1.5GW	2.46GW	4.94GW	59.20Hz	93.33%
	최대 부하 2.88GW	0.5GW	2.49GW	4.50GW	59.30Hz	78.00%
		1.0GW	2.02GW	4.90GW	59.30Hz	86.00%
		1.5GW	2.00GW	4.80GW	59.30Hz	58.51%

동해안 발전단지의 경우, 765kV 2회선 고장을 대비한 발전기 탈락 SPS의 탈락대상 발전기와 탈락 대수 그리고 제약대상 발전기가 동일하지 않기 때문에 ESS용량별로 적용 효율이 상이(최대 27.5%p 차이)하게 산정되었다. 또한 2022년 말에 동해안에 4GW의 발전력이 추가 운영되면서 22년과 24년도의 분석결과에 큰 차이가 발생하는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후 계획

본 보고서에서는 전력계통의 주파수 및 주파수변화율(RoCoF)

의 변화에 따른 ESS의 충/방전 제어를 통해서 불시에 대규모 발전력을 상실하는 경우에도 주파수가 과도하게 하락하는 것을 방지할 수 있음을 확인하였다. 특히 서해안 지역 발전단지 연계 765kV 2회선 고장 시 ESS의 설치용량(PCS) 대비 제약완화 효과는 86~90% 수준으로 산정되었다.

ESS의 제약완화 효과는 ESS의 응답특성에 의해서 결정되는 것으로 본 분석에서는 제어불감대 (± 0.2 [Hz]), RoCoF (0.028[Hz/sec]), PCS 최대출력 Ramp (2.0 [pu/sec]) 및 PMS 동작 지연 (500[msec] 이내) 등을 고려했기 때문에 상기 수준의 제약완화 효과가 발생하는 것으로 분석되었다.

물론 ESS의 설비용량을 지속적으로 증가시키는 경우 제약이 완전하게 해소될 수 있으나 본 검토에서는 우리 전력계통의 예비력 확보 기준을 고려하여 최대 ESS설치 용량을 1.5GW로 한정하여 검토하였기 때문에 ESS 적용 이후에도 제약발전량이 존재한다. 하지만 향후 송전선로 확충 또는 HVDC 준공 시 제약 발전은 완전히 해소될 것으로 전망된다. 이후 발전제약완화 ESS는 주파수조정용 또는 재생E 출력변동성완화용 등 다목적으로 활용할 계획을 수립하고 있다.

본 보고서의 기술적 의미는 국내 최초로 ESS를 이용하여 발전제약을 완화시키는 사업의 타당성을 확인하고 적정 설비용량을 결정한 것이며, 또한 ESS적용에 대한 기술적 제약을 반영하고 제약완화 효과를 높이기 위한 ESS 제어방식을 제안했다는 것이다.

Acknowledgment

이 보고서는 계통계획처의 요청으로 '20년. 3월. ~ '20년. 5월 까지 기술지원을 수행 결과를 바탕으로 작성되었음.