



장기 조상설비 소요 전망



김 승 희
한국전력공사 계통기획실 차장

1. 개 황

전기품질은 대한민국 산업경쟁력을 좌우 할 수 있을 정도로 매우 중요하다. 전기의 품질을 평가하는 3대 요소로 흔히 주파수, 정전시간 그리고 전압을 말한다. 주파수는

우리나라 전체 전력 수급에 의해 좌우되며 수요에 비해 공급이 많으면 주파수가 올라가고, 반대로 수요가 많으면 주파수가 떨어지게 된다. 발전기의 출력 조절을 통해 주파수 조정이 가능하다. 정전시간은 전력공급 설비의 신뢰도에 의해 좌우되며 신뢰도를 높임으로써 정전시간을

줄일 수 있다.

마지막으로 전압은 전력계통에서 무효전력의 수급에 의해 좌우된다. 무효전력이란 AC 시스템의 특성상 발생하게 되며, 실제로 일은 하지 않으나 유효전력이 일할 수 있도록 도와주는 역할을 한다.



[그림 1] Sh.C 설치

무효전력의 수급은 유효전력과는 다르게 국지적으로 발생하는 현상이며, 무효전력이 많은 지역은 전압은 오르게 되고 무효전력이 부족한 지역은 전압이 떨어지게 된다.

전력계통의 전압을 적정하게 유지하는 것은 결국 수용가의 전압을 적정하게 유지할 수 있어 전기의 품질을 좋게 할 뿐 아니라, 전력계통의 손실을 줄일 수 있고 전력계통의 안정도를 향상시킴으로써 전력공급 신뢰도를 높일 수 있어 매우 중요하다. 따라서 무효전력을 적절하게 제어하여 적정 계통전압을 유지하기 위해 변전소 내 조상설비를 설치하며, 조상설비는 무효전력을 생산하거나 소비하는 역할을 하게 된다. 대표적인 조상설비로는

무효전력을 생산하는 Sh.C(병렬 캐패시터)와 무효전력을 소비하는 Sh.R(병렬 리액터)가 있다.

2010년 12월 정부는 제5차 전력수급기본계획을 공고함에 따라 한전은 제5차 장기 송배전설비계획을 지난 3월 수립, 발표하였다. 금번 전원계획 및 설비계획 변동에 따라 장기적으로 적정 계통전압을 유지하기 위한 조상설비 소요량도 변화하게 되었으며 이에 대한 분석을 시행하였다.

2. 현황

가. 분석방법

장기 조상설비 소요량을 분석하기 위해 계통해석용 프로그램인 PSS/E를 활용하였으며, 검토 시기는 2012년부터 2019년까지 5개 년도에 대해 제5차 송변전설비 계획을 반영하여 모의를 하였다.

무효전력 수급분석에서 가장 중요한 계통의 역률은 Peak 부하 시 M,Tr 부하의 경우 93.4%, 직거래 부하의 경우 93.0%를 적용하였으며, 경부하시는 99.9%의 역률을 적용하였다.

[표 1] 분석 대상년도 및 부하 수준

구 분	피크부하	경부하	비 고
2012년	74,414	44,648	<ul style="list-style-type: none"> ● 단위 : MW ● 피크부하 : 제5차 전력수급 기본계획 기준(10.12) ● 경부하 : 피크부하의 60%
2013년	76,207	45,724	
2015년	80,009	48,005	
2017년	83,913	50,348	
2019년	87,607	52,564	

[표 2] 검토 조건

구 분		주간 Peak시
계통부하 역률		M.Tr 부하 : 93.4% 직거래 부하 : 93.0%
발전력 배분조건		경제급전 고려
발전기 단자전압		1.0 PU
변압기 탭 Ratio 조정범위		0.95 ~ 1.05 PU
계통전압 유지범위	정상시	765kV : 765~800kV 345kV : 345~360kV 154kV : 154~164kV
	고 장 상정시	상한 : 정상시와 동일 하한 : 0.925 PU

나. 피크부하 시 조상설비 소요량 분석 결과

피크부하 시에는 수용가의 무효전력 소비도 커질 뿐 아니라, 대부분 송전선로에서 SIL(Surge Impedance Loading)보다 많은 조류가 흐르게 되어 송전선로에서

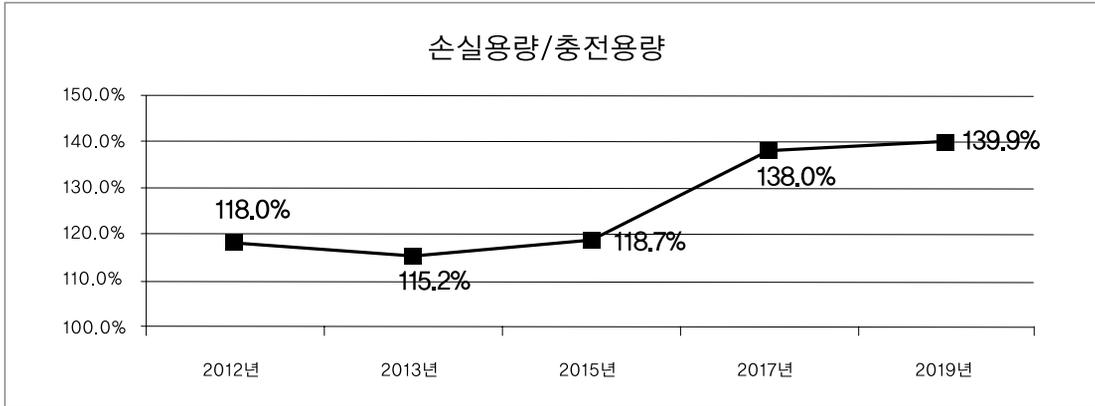
무효전력을 소비하게 된다. 따라서 적정전압 유지를 위해서는 많은 무효전력이 필요하게 되어 무효전력을 공급할수 있는 설비의 추가 설치가 필요하게 된다. 계통 모의 결과 각 연도별 무효전력 생산과 소비는 표 3, 4와 같다.

[표 3] 피크부하 시 연도별 무효전력 생산 추이

구 분	무효전력 생산원			
	발전출력	충전용량	조상설비	소 계
2012년	14,705	23,001	17,648	55,354
2013년	14,717	23,909	17,845	56,471
2015년	15,140	25,267	19,925	60,332
2017년	18,290	26,585	23,739	68,614
2019년	18,391	27,040	25,703	71,134

[표 4] 피크부하 시 연도별 무효전력 소비 추이

구 분	무효전력 소비원		
	무효부하	계통손실	소 계
2012년	28,211	27,143	55,354
2013년	28,922	27,549	56,471
2015년	30,349	29,983	60,332
2017년	31,936	36,678	68,614
2019년	33,307	37,827	71,134



[그림 2] 연도별 손실용량/총전용량 추이

[표 5] 조상설비(Sh.C) 필요량 전망

구 분	2012년	2013년	2015년	2017년	2019년
Sh.C 투입량 전망	17,720	18,030	20,035	23,125	25,620
Sh.C 설치 필요량	19,490	19,830	22,040	25,440	28,180
현 설치량 기준 향후 증대비율	-	-	5.7%	22.0%	35.1%

연도별 전력계통의 충전용량은 완만하게 증가하는 반면, 계통의 손실은 2015년 이후 급속하게 증가 되고 있다. 충전용량 증가가 완만한 것은 신규 송전선로 건설이 많지 않기 때문이다. 반면 2015년 이후 계통의 손실이 대폭 증가한 것은 2015년 이후 기저전원이 대폭 증가하여 주요 초고압 유통선로의 조류가 커짐에 따라 상대적으로 무효전력 소비도 커졌기 때문이다. 이 무효전력 수급의 불균형 해소를 위해 신규 조상설비 Sh.C 설치를 통해 무효전력 공급이 필요하게 된다. 지역적으로는 특히 태안, 당진 등 서해안 화력발전단지에서 수도권으로 북상조류가 유통되는 충남북 지역 및 수도권 남부지역에 많은 신규 조상설비의 건설이 필요할 전망이다. 또한 장기적으로 초고압 송전선로의 유통조류 증가로 선로 고장 시 무효 전력 변동 폭이 증가함에 따라, 전압안정도 개선을 위해 순동무효전력 공급을 위한 STATCOM이나, 무효전력

변동 폭을 축소할 수 있는 TCSC의 설치가 필요할 전망이다.

다. 경부하 시 조상설비 소요량 분석결과

경부하 시는 계통 내 무효전력 소비에 비해 무효전력 공급이 많아 계통전압이 상승하게 된다. 특히 인천, 부산 등 초고압 지중선로가 밀집된 지역에서는 지중 케이블에 의한 무효전력 발생이 많아 전압상승이 심해져, 무효 전력을 소비하는 Sh.R의 설치가 필요하다. 각 연도별 무효전력 생산과 소비는 표 6과 같다.

경부하 시도 피크부하시와 마찬가지로 신규 송전선로 건설 둔화 및 기저전원의 증가로 대규모 유통선로 조류 증가에 따른 계통 무효전력 손실 증가로 무효전력을 소비하는 역할을 하는 Sh.R의 추가 설치 필요성은 저하

[표 6] 경부하 시 연도별 무효전력 생산 추이

구 분	소 비			
	조상설비	무효부하	계통손실	소 계
2012년	8,277	7,725	18,571	34,573
2013년	9,119	7,900	18,411	35,430
2015년	6,762	8,312	22,906	37,979
2017년	8,314	8,623	22,924	39,861
2019년	7,148	9,013	25,615	41,776

[표 7] 경부하 시 연도별 무효전력 소비 추이

구 분	생 산		
	발전출력	충전용량	소 계
2012년	11,954	22,619	34,573
2013년	11,973	23,457	35,430
2015년	13,047	24,932	37,979
2017년	13,686	26,175	39,861
2019년	15,396	26,380	41,776

[표 8] 경부하 시 조상설비(Sh.C) 필요량 전망 추이

구 분	2012년	2013년	2015년	2017년	2019년
Sh.R 투입량 전망	8,550	9,200	7,395	8,435	7,290
Sh.R 설치 필요량	9,405	10,120	8,135	9,280	8,650

된다. 그러나 국지적으로 균형이 중요한 무효전력 특성상 지중선로 집중지역 등 특정개소에는 지속적으로 Sh.R의 설치가 필요할 전망이다.

따라서 무효전력 수급의 균형을 위해서 장기적으로 약 35%의 Sh.C의 신규설치가 필요할 전망이며, 이와 반대로 Sh.R의 추가 설치는 계통 무효전력 손실의 증가로 신규 설치 필요성은 저하되나, 무효전력 특성상 지중선로 과다 개소 등 특정지역에 설치가 지속될 필요가 있다.

3. 전망

제5차 전력수급기본계획에 따라 2015년 이후 서해안 화력발전 단지에 신규 석탄화력 및 울진 원전, 신고리 원전 등 많은 기저전원이 계통에 투입될 예정이다. 이로 인해 주요 초고압 용통선로의 조류가 증가하여, 2015년 이후 계통의 무효전력 손실의 급격한 증가가 전망된다.

앞으로 한전은 계통전압을 적절히 유지하기 위해 충분한 무효전력 보상 설비를 갖추 수 있도록 지속적으로 신규 조상설비의 적기 설치를 추진할 것이며, 이와 더불어 향후 조상설비 설치 부지나 해소를 위해 현재의 5MVar 및 50MVar로 되어 있는 Sh.C의 단위용량 증대를 추진할 계획이다. KEA