

## 수요분석을 통한 154kV 계통전압 유지기준 설정

(An examination on proper voltage operation standard for 154kV power system through demand analysis)

이익종\* · 이상중

(Ik-jong Lee · Sang-joong Lee)

서울산업대학교 대학원 전기공학과

### 요 약

안정적인 전력계통 운영을 위한 공급전압별 유지기준의 설정은 대단히 중요하다. 유지기준은 현재 정부고시로 제정 운영되고 있다. 우리나라의 공급전압은 345kV-154kV-22.9kV 및 380V-220V-110V로 구성되어 있다. 본 논문에서는 전기품질 유지관리에 영향을 주는 계통전압 중, 154kV를 중심으로 수요분석을 통해 유지기준이 적정한지를 살펴보고 이를 토대로 현재의 전력계통 수요에 적합한 유지기준을 고찰해 보고자 한다.

### Abstract

KPX sets up the voltage standards according to the voltage level to supply a good quality of electricity to customers. Supply voltages are divided into 4 levels - 345kV, 154kV, 22.9kV, and distribution voltage consisting of 110, 220 and 380V. In this research, we examine the optimal voltage operating level focused on 154kV system that mostly affects electricity quality, through analysing the system demand

## 1. 서 론

전기품질은 전기사용자와 공급자 모두에게 중요한 요소이다. 특히 수용가 측에 양질의 전력공급과 전력계통 안정운영을 위한 적정전압 유지는 매우 중요하다. 이에 따라 정부에서는 전력계통에서 유지하여야 할 전압조정 목표치를 제정하여 운영하고 있다.

345kV System은 전력계통의 안정운영과 신뢰도 확보를 위해 336~360kV로 목표치로 설정하고 있다.[1,2]

154kV와 22.9kV 경우 전기품질 유지를 위해 부하수준에 따라 부하시간대별로 목표치를 구분하고 있다. 154kV 계통은 중부하시 160±4kV, 부하변동시 157±4kV, 경부하시 156±4kV로 차등을 두어 운영하고 있다. 또한 22.9kV 배전계통의 운영은 중부하시시간은 최대 계통운전 전압으로, 경부하시시간은 배전선의 선로 전압강하를 고려하여 중부하시와 경부하시의 부하비에 따라 다르게 적용하고 있다.[1,2]

전기사업법 시행규칙에서는 저압으로 공급하는 표준 전압이 허용오차 범위 안에서 유지되도록 규정하고 있다.[3]

본 논문은 전기품질 유지관리에 영향을 주는 전압 중, 154kV 전압을 중심으로 수요분석을 통해 유지기준이 적정한지를 살펴보았다. 이를 근거로 현재의 전력계통 수요에 적합한 전압조정 목표치를 고찰해 보고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 154kV 계통전압 유지기준

계통규모가 작고 전력소비가 적은 1979년 유지기준은 부하수준에 관계없이 154kV±5%로 단일기준을 적용하다가 경제성장과 함께 수요가 증가함에 따라 기준 전압을 1982년 157kV±5%, 1988년 160kV±5%로 상향 조정하였다.

정보통신 및 전산기기의 보급이 확산되면서 전기품질 향상을 위해 1989년 유지기준을 기준전압의 ±5%에서 ±2.5%로 조정하였다. 이와 함께 기준전압 적용을 전기사용이 적은 심야 시는 전압상승을 고려하여 낮게 설정하고, 수요가 많이 걸리는 낮이나 저녁 중부하시는 높게 하여 부하수준에 따라 시간대별로 구분하여 운영하였다.

1996년부터는 경부하시와, 중부하시 급격한 전압변동을 방지하기 위하여 부하변동시간대의 유지기준을 추가하여 운영하고 있다.

이러한 기준은 표 1과 같이 한전 내규로 운영되었으나, 2001년 전력산업구조개편으로 전력시장이 개설됨에 따라 전력시장운영규칙으로 제정되었고, 2003년 산업자원부 고시로 제정되어 운영하고 있다.[1,2,4]

표 1에서 경부하시는 00시~06시, 부하변동시는 07시~08시, 중부하시는 09시~24시를 의미한다. 일요일과 특수경부하 기간(설, 추석 등)은 00시~24시까지 경부하시를 적용한 것이다.

표 1. 연도별 154kV 계통전압 유지기준  
Table 1. 154kV system voltage maintenance standard

연도	'79~'81년	'82~'87년	'88년
유지기준	154kV±5%	157kV±5%	160kV±5%
연도	'89~'95년		'96년~ 현재
유지기준	경부하시: 156±4kV 중부하시: 160±4kV		경부하시: 156±4kV 부하변동시: 157±4kV 중부하시: 160±4kV

## 2.2 전력수요 증가

전력수요는 경제성장과 더불어 증가하여 왔다. 표 2에서와 같이 80년대는 연평균 약 10~11% 증가하였으며, 90년대는 연평균 최대전력과 평균전력은 증가율이 약 9% 수준이었고, 최저전력은 12%이상 높은 증가세를 유지하였다.[5,6]

표 2. 연도별 전력수요 증가  
Table 2. Increase of load demand during last decades

구분		80년대	90년대	2000년대
평균 증가량 (MW)	최대전력	971	2,224	2,833
	평균전력	672	1,654	2,305
	최저전력	396	1,003	1,593
평균 증가율 (%)	최대전력	11.0	9.7	6.0
	평균전력	10.3	9.9	6.5
	최저전력	10.7	12.1	7.9

2000년대 경우, 증가율은 둔화되었지만 증가량은 높게 나타나고 있다. 특히 기저부하 증가로 경부하시의 최저전력은 그림 1과, 표 3에서 보는바와 같이 지속적으로 높은 증가율을 유지하고 있고, 2008년의 최저전력은 1994년 이전 최대전력보다 높은 기록을 유지하고 있다.[5,6]

또한 이러한 최저전력은 설이나 추석의 특이일에 발생하는 것으로 특이일을 제외한 평상시의 최저전력은 이보다 높은 수준이다.

이와 같이 경부하시 전압 유지기준을 적용하는 최저전력은 높은 수준으로 증가하였다. 2008년의 경우 최저전력은 1994년 이전 중부하시시간대를 적용하는 최대전력보다 높지만 전압 유지기준은 이를 반영하지 못하고 있다.

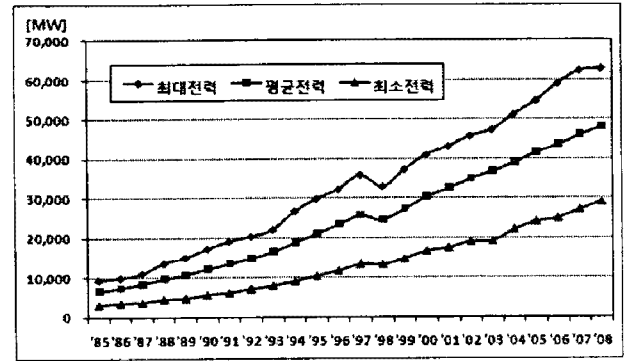


그림 1. 연도별 전력수요 변동추이  
Fig 1. Evolution of load demand

표 3. 연도별 전력수요 실적  
Table 3. Peak, mean, and off-peak load demand by year

(단위 : MW)

연도	'85	'87	'88	'89	'94
최대전력	9,349	11,039	13,658	15,058	26,696
평균전력	6,622	8,447	9,729	10,784	18,835
최저전력	3,214	3,827	4,534	4,799	9,153

연도	'95	'00	'06	'07	'08
최대전력	29,878	41,007	58,994	62,285	62,794
평균전력	21,080	30,328	43,514	46,019	48,082
최저전력	10,520	16,770	25,050	27,254	29,167

## 2.3 심야전력제도에 의한 수요패턴 변화

1985년 도입된 심야전력제도는 전력수요 패턴에 많은 변화를 주었다. 특히 동절기 난방 형태가 전기로 대체되면서 심야 경부하시시간대 수요증가로 나타나고 있다. 표 4는 심야전력기기의 보급량을 나타낸 것이다.[7]

표 4. 연도별 심야전력 보급량  
Table 4. Sales of night time-low price electricity

(단위 : MW)

구분	'85~'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
보급량	-	4,930	4,067	2,018	1,075	898	1,620	2,075
누계	4,651	9,581	13,648	15,666	16,741	17,639	19,259	21,334

그림 2,3은 2008년 주요날짜별, 수요패턴 곡선이다. 1월 17일(목)은 동절기 최대일, 7월 15일(화)은 연중 최대일, 5월 3일(토)은 특이일을 제외한 평일기준 최저일, 5월 4일(일)은 특이일(설, 추석)을 제외한 연중 최저일, 9월 15일(월)은 연중 최저일(추석)의 수요실적이다.

그림 2는 전국계통의 수요패턴으로 최대전력은 주간 시간에 발생하지만 심야전력에 의한 영향으로 동절기 1월 17일 심야 경부하시시간의 최저전력은 5월 3일 최대전력과 하절기 경부하시시간 최저전력보다 높은 수준

을 기록하고 있다. 하절기의 경우 7월 15일 심야 경부 하시간 최저전력은 5월 3일 최대전력과 비슷한 수준을 나타내고 있다.[8]

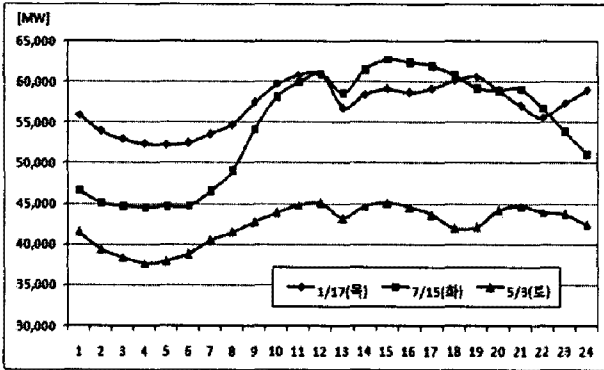


그림 2 2008년 전국계통 전력수요 곡선  
Fig 2. Daily load pattern in 2008

심야전력제도는 농촌이나 중소도시 지역의 수요패턴 변화에 많은 영향을 주고 있으며 특히 심야 경부하시간대의 수요를 급증시켰다. 그림 3은 2008년 강원도지역의 수요패턴을 나타낸 것으로, 동절기 심야 경부하시간에 연중 최대전력이 발생하고 있음을 알 수 있다.[9]

이와 같이 농촌이나 중소도시 지역의 심야 경부하시간대의 수요가 중부하시간대보다 훨씬 높은 수준을 기록하는 지역은 부하특성을 고려하여 경부하시간대에도 중부하시간대의 전압 유지기준을 적용하는 것이 타당함을 알 수 있다.

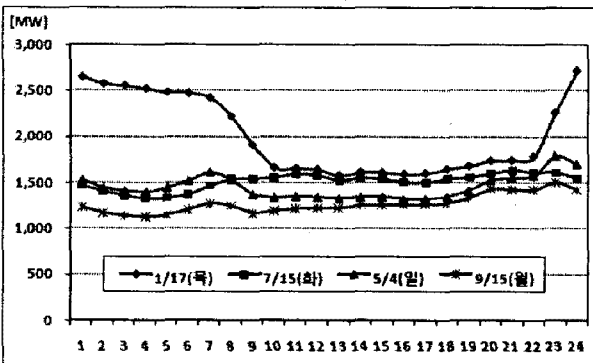


그림 3. 강원도지역 계절별 전력수요 변동추이  
Fig 3. Seasonal daily-load pattern in GangWon-do

#### 2.4 고압전력 수전고객 증가

한전은 수용가의 전기사용 용도에 따라 주택용, 일반용, 교육용, 산업용, 농사용, 가로등, 예비 및 임시전력으로 구분하고 있다. 공급전압은 계약전력에 따라 저압전력은 110, 220, 380V로 고압전력(A)는 3.3kV 이상 66kV 이하로 고압전력(B)는 154kV로 고압전력(C)는 345kV 이상 전압으로 공급하고 있다.[10]

수요증가와 더불어 산업용전력과 일반용전력의 수용가가 늘어나면서 고압전력으로 공급받는 수용가수는 매년 증가하는 추세이다. 그림 4는 이를 나타내고 있는 그래프 이다. 2008년 12월 기준 154kV로 공급받는 수용가수는 1,014호로 1999년 대비 약 3배 증가하였다. 이와 함께 22.9kV로 공급받는 수용가도 지속적으로 늘어나고 있다.

2008년 12월 기준으로 공급전압별 판매전력량 점유율은 저압전력은 39%, 고압전력(A)는 36%, 고압전력(B)는 23%, 고압전력(C)는 2%를 기록하고 있으며 고압전력 판매량이 전체의 60% 이상을 차지하고 있다.[11]

또한 고압전력을 공급받는 공단지역의 부하패턴은 계절이나 부하시간대에 관계없이 연중 상시 일정한 전력을 사용하고 있다. 그림 5는 2008년 화학단지가 밀집된 여천공단지역을 공급하는 여천변전소의 수요실적을 나타내고 있다. 이는 시간대별로 부하변동이 거의 없음을 알 수 있다.[12]

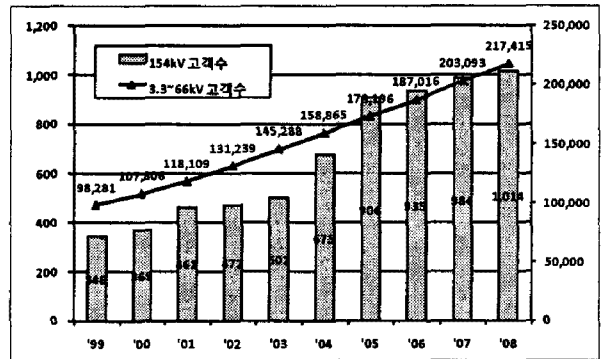


그림 4 연도별 고압전력 수전고객 수  
Fig 4. Number of high-voltage receiving customers

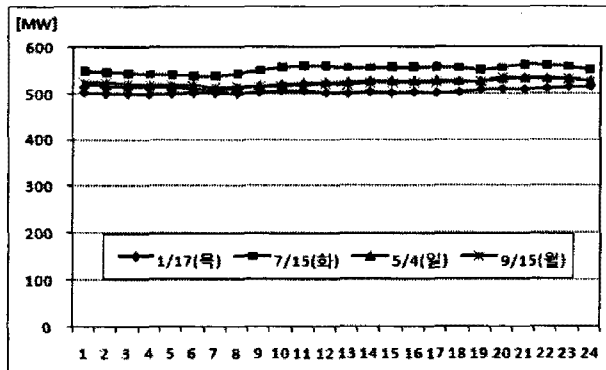


그림 5. 여천변전소 전력수요 변동추이  
Fig 5. Seasonal daily-load pattern of Yeo-Chon S/S

이와 같이 고압으로 공급받는 수용가와 상시 일정한 전력을 사용하는 공단지역은 부하시간대로 구분한 기존의 유지기준과 관계없이 상시 일정한 전압을 유지해야 한다. 그 중에서도 중부하시간대를 적용하는 것이 바람직하다.

## 2.5 계통전압 불안정 개소 증가

전력 수요증가에 따라 일부지역의 경우, 송전선로 고장 시 전압불안정으로 인한 광역정전의 위험이 있어 이를 방지하기 위한 고장파급방지시스템(Special Protection System)을 설치 운영하고 있다. 154kV 계통의 경우, 2008년 기준 13개소가 설치되어 운영되고 있고, 차후 전력수요증가 시 이 시스템은 그 설치개소가 더 늘어날 것으로 예상된다.

속초변전소의 고장파급방지시스템 설치사례를 보면 154kV 주문진 #1,2T/L 2회선 동시고장 시 속초변전소 154kV 모선전압이 146kV(0.95PU) 이하로 떨어지면 속초, 양양, 주문진변전소 부하를 자동차단하도록 시스템이 구성되어 있다. 이 경우 고장발생 전 속초변전소 모선전압의 유지 상태에 따라 전압불안정은 다르게 나타난다.

그림 6은 속초변전소 154kV 모선전압 유지 상태에 따라 부하차단 지점이 다른 것을 보여주고 있다. 위쪽 그래프는 160kV 유지상태, 아래쪽 그래프는 156kV 유지 상태에서 고장이 발생한 경우를 가산하여 계통검토용 프로그램(PSS/E)으로 모의한 결과를 나타내고 있다. 156kV 전압을 유지한 상태에서는 주문진T/L 조류가 240MW에서 전압불안정이 발생하지만 160kV를 유지하면 265MW 이상시 전압불안정이 발생함을 알 수 있다.

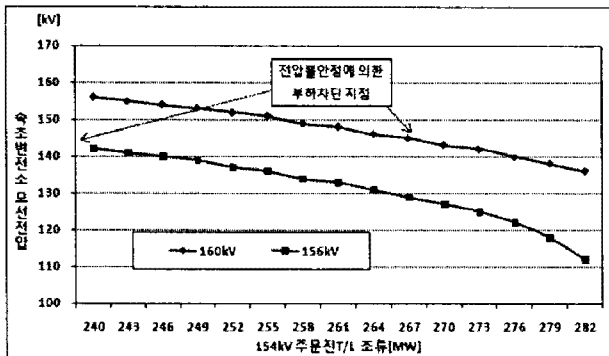


그림 6. 154kV 주문진#1,2T/L 고장시 속초변전소 전압변동 곡선

Fig 6. Voltage drop of Sok-Cho S/S in case of 154kV Jumunjin #1.2 T/L trip

이와 같이 계통전압 불안정 개소는 154kV 계통전압을 높게 유지할 경우 전압불안정 요인이 완화되므로 경부하시간대에도 중부하시간대의 계통전압을 유지하는 것이 유리함을 알 수 있다.

## 3. 결 론

과거 수요증가와 더불어 전기품질 확보를 위해 여러 차례에 걸쳐 154kV 계통전압 유지기준을 개선하여 지

급에 이르고 있다.

본 논문에서는 지금까지 분석한 결과를 토대로 고품질 전력공급을 위한 개선방안으로

- 심야전력 수요가 높은 지역
- 고압전력 수용가와 공단지역
- 전압불안정에 의한 계통취약 개소는 부하시간대와 구분 없이 상시 중부하시간대의 유지기준을 적용하는 방안이 합당함을 제시하였다.

또한 전력수요 증가에 따른 심야 경부하시간대의 최저전력은 높은 수준으로 증가하였지만 전압 유지기준은 이를 반영하지 못하고 있다. 향후 이를 개선하기 위한 수요패턴이나 부하특성의 분석을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## Reference

- (1) 산업자원부고서 제2005-11호, 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준, 제5조(전압조정 목표)
- (2) 전력시장운영규칙, 별표3 전력계통 운영기준(9.0 기준전압)
- (3) 전기사업법 시행규칙 제18조(전기의 품질 기준), 별표3 표준전압·표준주파수 및 허용오차
- (4) 전력거래소, 계통전압 유지관리 검토보고서, '79~'08년
- (5) 최대전력, 평균전력 : 전력거래소, 전력통계정보시스템 홈페이지(<http://www.kpx.or.kr/epsis/>), 주요지표
- (6) 최저전력 : 전력거래소, 특수경부하 검토보고서, '79~'08년
- (7) 산업자원부, 심야전력제도 현황자료, 2007. 5.
- (8) 전력거래소, EMS DATA
- (9) 한국전력공사, 제천전력 SCADA DATA
- (10) 한국전력공사, 기본공급약관 제3장 계약종별, 2008년
- (11) 한국전력공사, 전력판매 월보, 2008. 12월
- (12) 한국전력공사, 광주전력 SCADA DATA