

배전계통에 있어서 전압변동이 일반 수용가에 미치는 영향에 대한 분석

노대석*

*한국기술교육대학교

e-mail: dsrho@kut.ac.kr

Analysis for the Effect of Customers by Voltage Variations in Distribution Systems

Daeseok Rho*

*Korea University of Technology and Education

요 약

최근 우리사회는 IT, 정보통신산업 발달에 따라 고품질의 전력소비계층이 확산되고 있으며, 또한 전력산업의 구조개편 논란으로 인해 전력품질에 대한 국민적 기대와 우려가 상존하고 있는 실정이다. 특히, 소비자의 권익을 강화하기 위해 제정된 제조물책임법(P.L법)이 국내에서 시행됨에 따라 전력공급자의 전압품질 관리의 필요성은 더욱 증대되고 있는 실정이며, 전 세계적으로도 전력품질에 대한 관심이 높아져 선진국에서는 전력품질을 보상할 수 있는 Custom Power 기기, Premium Power Park 등이 개발되어 시험운전하고 있는 실정이다. 이와 같은 배경 하에서 본 연구에서는 이에 대한 대책의 하나로써 국내의 전압변동 실태를 조사·분석하여, 이것이 가전제품 및 산업체에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고자 한다.

1. 서 론

산업체에 미치는 전압변동의 영향을 분석하기 위한 방문조사의 설문항목과 방문계획을 수립하여, 방문조사를 수행하였다. 다음에 샘플로 선택한 산업체에서 계절별로 측정된 전압치와 분석된 전압치를 비교·분석하고 종합하여 대표선로에 대한 수용가 전체의 전압공급 실태를 작성하였다. 그리고, 이들로부터 국내 전압실태가 산업체에 미치는 영향과 문제점을 분석하고, 문제점에 대한 원인과 대책을 제시하였다. 또한, 산업체의 방문조사와 전압측정에 의해 수집된 자료로부터 영향의 종류와 그 원인, 피해액 등을 분석하여 차후 한전의 전압품질향상 및 관리정책에 반영할 수 있는 결과를 도출할 수 있도록 하였다.

2. 전압적정율 정의

전기사업법에서 규정된 전압 적정율은 대상 개소(배전용변전소직하, 5% 탭 변경점, 말단 수용가 등)에 대하여 하계 피크부하시를 기준으로 24시간 동안 30분 평균전압을 측정하여, 단 한번이라도 규정전압($220V \pm 6\%$)을 벗어나면 부적정한 개소로 평가하여, 총 측정개소에 대한 적정개소의 비율로 산정하도록 정의되어 있다. 그러나, 기존의 전압 적정율을 기준으로 전압변동이 각종 기기에 미치는 영향을 평가하게 되면, 부적정한 개소인 경우에 24시간동안 뿐만 아니라 년간을 통하여 항상 부적정한 전압이 공급된다는 불합리한 분석결과를 초래할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 상기의 불합리성을 피하고, 전압변동이 가전기기 및 산업체에 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위하여, 5분 평균전압을 기준으로 측정 및 분석작업을 수행하였다. 이것은 30분 평균전압 변동보다 5분 평균전압 변동이 보다 합리적이고 정확한 분석데이터를 제공해 주기 때문이다. 또한, 기존의 30분 평균전압 적정율과는 달리, 총 측정

돛수(샘플링수)에 대한 규정전압 유지 돛수에 대한 비율을 5분 평균전압 유지율로 정의하여, 각 시간대 별로 규정전압을 초과한 전압이 가진기나 산업체에 미치는 영향을 정확하게 평가하도록 하였다.

$$\text{5분평균전압유지율(\%)} = \frac{\text{규정전압유지돛수}}{\text{총측정돛수}} \times 100\%$$

3. 전압측정 대상 선정 및 특성 분석

3.1 대상선로 선정

국내의 전압실태를 파악하기 위하여, 수도권과 비수도권의 중규모 도시를 대상으로 측정지점과 대상선로를 선정하였다. 여기에서는 공장지역을 공급하는 4개의 배전용변전소의 주 변압기(M.Tr)와 5개의 고압선로(D/L)를 선정하여, 주 변압기의 직하전압(송출전압)과 말단의 수용가 단자전압을 5분간 평균치로 설정하여 측정하였다. 본 연구에서는 전압실태의 평가를 엄격하게 하기 위하여, 장거리의 고압선로이거나 부하변동이 심한 최악의 조건을 가지는 고압선로를 대상선로로 선정하였으며, 또한 선로전압조정장치(SVR)가 포함된 선로를 선정하여 고압선로 상에서의 전압조정에 대한 영향도 평가하도록 하였다.

3.2 전압측정 기록계기

본 연구에서 사용한 전압 측정기기(그림 1 참조)는 배전계통의 전압을 적정하게 유지하기 위한 목적으로 수용가의 단자전압을 감시, 기록하는 장치이다. 이 장치는 수용가(220V)의 전압변동 상태를 일정기간 동안 주기적으로 측정하여 저장장치(RAM)에 기록 보관하였다가, PC와 통신S/W 등의 분석장치를 통하여 분석할 수 있는 다기능 전압기록계이다. 즉, 수용가 단자전압의 특성과 배전선로의 전압강하 등을 분석하여 통계화 할 수 있는 장치이다. 이것은 소형이고 저 전력이며, 휴대하기 편리하며, 사용방법이 간편하다. 또한, 측정하려는 장소 어느 곳에서나 설치 가능하며, 수용가로부터 거부감이나 저항이 없는 등 우수한 특징을 가지고 있다. 한편, 측정 후 분석프로그램을 사용 할 때 사용자에게 편리함을 주기 위하여 GUI(Graphic User Interface)방식을 채택하여, Windows 95, 98, 2000 환경에서 동작하도록 되어 있다.



그림 1. 전압측정기기의 외관

3.3 측정지점의 주변압기와 고압선로 부하특성 모델링

측정지점의 부하특성을 파악하기 위하여, 측정지점이 포함된 배전용변전소 주변압기의 부하특성 및 대상선로(D/L)의 부하특성을 계절별과 요일별로 분석하였다(그림 2 참조). 여기서 주변압기의 부하특성은 시간대별 부하량(MWh)이며, D/L의 부하특성은 각 시간대별로 일정시각의 순시 전류치(A)를 나타낸 것이다. 이 들 데이터는 해당 변전소를 관리하는 전력소의 협조하에 SOMAS 데이터베이스로부터 관련 자료를 출력하여 분석한 것이다.

본 연구에서 각 대상지점을 1개월 이상을 연속적으로 측정하여 수용가의 전압변동 특성을 분석하였으나, 이를 공급하는 주변압기의 특성을 분석하기 위하여, 하계 피크부하시(일주일간, 7월 30일 ~ 8월 5일)를 기준으로 해당 주 변압기의 부하특성을 요일별로 나타낸 것은 그림 3과 같다. 한편 그림 4는 대상선로 가운데 주택지역의 불량D/L의 구성도를 나타낸 것이다.

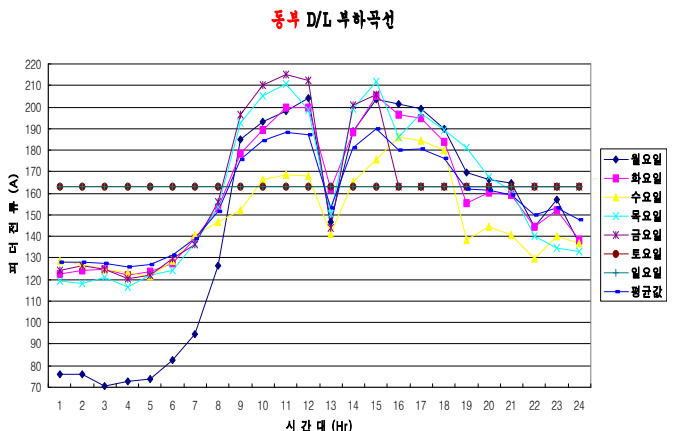


그림 2. 동부D/L(공장지역) 주간 부하곡선(하계)

서천안S/S #1 MTr 부하곡선

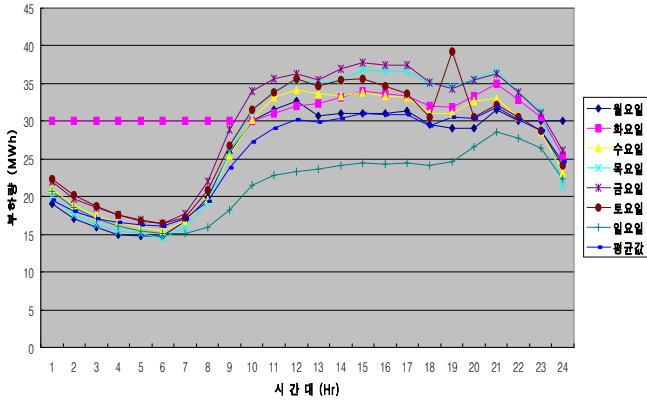
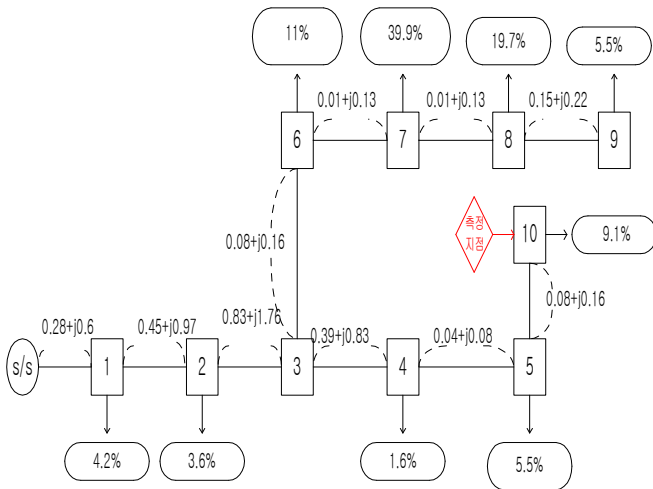


그림 3. 서천안변전소 #1 주변압기 주간 부하곡선(하계)



(주) 6 - 9 선로는 95mm

그림 4. 불당D/L(주택지역) 선로 모델링 (부하구성도)

4. 수용가를 대상으로 한 전압측정 결과 분석

4.1 전압측정 결과 내역

본 연구에서는 1년 중 하계, 추계, 동계의 3계절 특정기간에 걸쳐, 3개의 배전용변전소 직하 전압과 5개 D/L의 말단수용가 단자전압을 전압측정계기에 의해 측정된 5분간 평균전압치의 데이터만을 대상으로 하여 계절별, 요일별 및 시간대별로 분석·평가하였다. 1년 중 하계, 추계, 동계의 3계절 특정기간의 측정치를 기준으로 한 것은, 기존의 특정 계절(하계)만의 전압측정만을 기준으로 분석하면 다른 계절의 특성을 고려할 수 없기 때문이다. 한편, 각

계절의 특정기간을 선정한 것은 전체기간에 대한 측정치보다 부하변동(격차)이 커서 전압변동에 큰 영향을 미치는 각 계절의 피크시간대를 선정하여 측정하는 것이 최악 조건으로 상정할 수 있기 때문이다. 그리고, 평가를 위한 전압측정 대상 샘플링도 그 정확도를 기하기 위하여, 기존 한전의 적정전압유지기준의 30분 평균치보다도 더 가혹한 5분 평균치를 활용하였다. 여기서도 산업체에 미치는 영향을 분석·평가하기 위하여 앞에서 정의한 5분 평균전압유지율을 사용하였다.

5분 평균전압을 계절별로 측정하여 분석한 결과는 표 1과 같으며, 이를 기준으로 공장지역에 대하여 종합적으로 5분간 평균전압 유지율을 분석한 것이 표 2와 같다. 여기에서는 각 부하특성(공장, 상가, 주택)별로 측정지점을 선정하여 계절별로 측정하여 분석하도록 하였으며, 전압변동을 범위를 ±6%와 ±10%에 대하여 나타내었다. 또한, 그림 5와 그림 6은 5분간 평균전압과 30분 평균전압을 분석한 내용이다.

표 1. 하계의 전압측정 내역 및 분석 (5분 평균전압)

내역 지점	측정 데이터 총수(개)	평균 치 (V)	최대치(V) /발생시각	최소치(V) /발생시각	상하한 치 초과 데이터 수 (개)	적정 률 (%)	비고
수신 D/L 직하	14,120	111.6	113.9 (2005.7.11 17:05)	109.7 (2005.8.13 7:10)	0	100	공장 (농촌) 부하
수신 D/L 말단	14,362	228.1	240.9 (2005.7.9 4:05)	209.0 (2005.7.25 20:30)	3,111	78.3	공장 (농촌) 부하
동부 D/L 직하	14,116	111.8	114.4 (2005.7.11 22:10)	108.5 (2005.7.13 10:50)	0	100	공장 부하
동부 D/L 말단	14,721	227.6	231.6 (2005.8.1 12:00)	216.3 (2005.7.10 10:50)	0	0	공장 부하
봉담 D/L 직하	9,209	110.8	113.6 (2005.7.21 6:20)	109.3 (2005.7.23 10:10)	0	100	공장 부하
봉담 D/L 말단	9,198	230.8	248.4 (2005.7.30 3:40)	68.3 (2005.7.22 2:35)	2,740 (13)	70.2	공장 부하

표 2. 5분간 평균전압의 연간 내역 및 종합분석 (측정개수별 전압 적정률, ±6% 기준)

내역 계절	총 측정시간 (분)	총 측정 개수 (a)	부적정 개수 (b)	적정률 (%)	비고 (대상지 점수)
하계	378,630 (262.9일)	75,726	5,851	92.3	6
추/춘계	202,215 (140.6일)	40,483	944	97.7	10
동계	293,385 (203.7일)	58,677	950	98.4	10
합계 (년간)	874,230 (568.8일)	174,886	7,745	95.6	26

(주) 적정률은 [(a-b)/a]×100(%)를 나타내며, 적정 범위는 ±6%를 기준으로 하였음.

■ 화요일 — 평균값

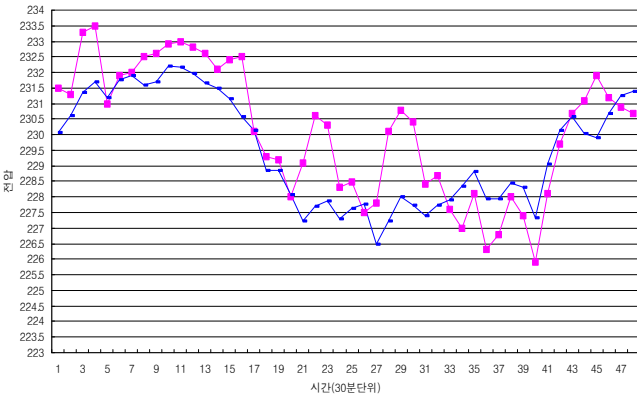


그림 5. 주택지역(불당D/L)의 30분 평균전압 곡선 (주중과 주간평균치 비교)

■ 화요일 — 평균값

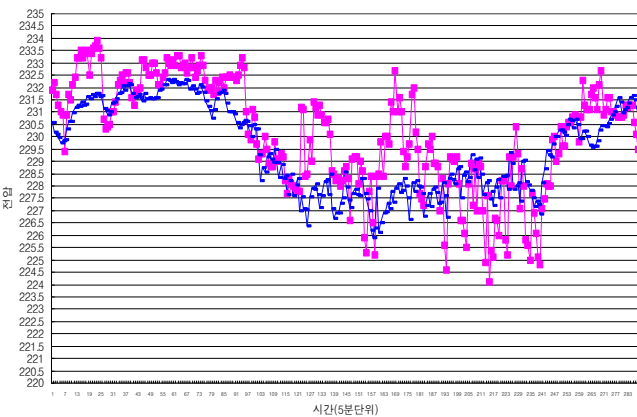


그림 6. 주택지역(불당D/L)의 5분 평균전압 곡선 (주중과 주간평균치 비교)

4.2 전압측정 결과 분석

본 연구에서 수용가의 전압실태를 파악하기 위하여 수행한 총 측정개소(주택지역대상)는 20개 지점이며, 총 측정시간은 951,805분으로 약 661일분에 해당되며, 총 평가대상 돛수 즉, 측정개수(5분간 평균전압치 개수)는 190,361개로 방대한 양에 이른다. 먼저, 총 측정돛수를 기준으로 분석한 5분 평균전압 유지율은 99.24%이고, 초과율은 0.76%정도로 비교적 양호하게 나타났다. 이것을 계절별로 살펴보면, 하계의 5분 평균전압 유지율은 98.9%(초과율 1.1%)이고, 추계와 동계는 각각 99.6%(초과율 0.4%), 99.3(초과율 0.7)로서 하계의 경우가 추계나 동계에 비하여 상대적으로 적게 나타나 각종 기기에 불리한 영향을 많이 미침을 알 수 있다.

규정전압을 벗어난 부적정 전압의 내역을 살펴보면, 상한치를 초과한 과전압 현상이 대부분이었으며, 이는 주로 경부하시인 심야시간대에 발생한 것으로 파악되었다. 하한치를 초과한 저전압의 경우는 총 8,256개의 부적정 전압중 단지 19개만으로서 0.23% 정도의 미미한 수준에 지나지 않았다.

여기서, 배전용변전소 송출전압의 허용범위는 13,200V의 -1%~4%로서 PT 2차측 전압(13,200V/110V)을 기준으로 108.9V~114.4V이고, 수용가 규정전압은 220V±6%(207V~233V)를 기준으로 하였다.

4. 결 론

상기의 측정 및 분석데이터에 근거하여, 5분간 평균전압유지율을 평가하면 99.7% 정도로 분석되어 상당히 양호한 평균전압 유지율을 보이고 있다. 이것은 총 874,230분 동안 공장부하 특성을 가진 고압선로를 대상으로 총 26개소의 수용가 단자전압을 측정하여 174,886개의 5분간 평균전압을 분석한 것으로, 540개만의 5분간 평균전압이 ±10%의 범위를 벗어난 것을 의미한다. 한편, 5분간 평균전압 유지율을 현재 사용하고 있는 30분 평균전압 유지율(99.71%)과 비교한 결과, 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] “분산전원 계통연계가이드라인”, JEC4201, 일본, 2002.4
- [2] “배전전압관리 개선에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2003.10
- [3] “배전전압관리 매뉴얼”, 일본 북해도전력, 2003.1
- [4] “태양광발전의 배전계통 연계 알고리즘 개발에 관한 연구”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005. 5.