

# 分散負荷率을 考慮한 配電系統의 電壓降下 解析

장 정 태, 홍 순 학,  
한국전력공사 기술연구원 배전연구실

김 건 중, 심 국 진  
충남대학교

## Analysis of Voltage Drop in Distribution system using Distributed Load Factor

JANG, JEONG TAE HONG, SUN HAK  
KEPCO Research Center

KIM, KERN JOONG SIM, KUK JIN  
Chung Nam National Univ.

### ABSTRACT

It is important to analyze voltage drop exactly in distribution systems. However the average length of a feeder is about to 40 km long and the exact modelling of a sectional share is very difficult. An efficient simplified model is necessary for dealing with such a long and complicated feeders.

Especially, distribution feeders are linked to customers directly and maintaining the end voltages within the regulation is very important.

This paper introduces distribution load factor for simplifying the complicated feeders in a proper manner. Test results show the more enhancement of accuracy and the better applicability in field sense.

### 1. 序 論

전기기기는 정격 전압을 기준으로 설계되어 있으므로 지정된 설계 전압을 공급하면 이상적 이겠지만 모든 수용가의 전압을 일정하게 유지 하기란 많은 투자를 요할 뿐만 아니라 기술적으로도 대단히 어려운 일이다. 따라서 전기사업법에서는 각각의 표준전압에 대하여 허용할 수 있는 전압조정 범위를 지정하여 이를 유지 하도록 규정하고 있다.

계통의 종단인 배전선로에서는 직결된 변전소 인출 부하에서 말단부하에 이르기 까지 허용전압 범위로 유지하기 위하여 적절히 전압 조정을 행하며 실측 또는 비실측 방법으로 그 결과를 관리하고 있는 실정이다.

비실측의 대표적인 방법으로는 구간분할에 의한 설비별 최대전류 안배에 의한 필산의 전압강하 계산법을 들 수 있는데 여기서는 이를 보완하여 보다 정확도를 향상 시키고 구간 분할을 간편하게 할 수 있는 분산부

하율을 적용한 계산을 시도해 보았는데 이와 더불어 배전선로의 전압관리 요령을 소개한다.

### 2. 配電 電壓의 調整

배전계통의 전압조정은 일반적으로, 시간적 정정치를 미리 정해주는 프로그램 방식과 부하의 변동에 따라 전압을 조정하는 LDC (Line Drop Compensation) 방식으로 크게 나눌수 있다. 세밀한 전압 관리를 위해서는 항상 부하의 변동을 감지한 전압조정이 요구된다. 이를 위한 배전용 변전소 전압조정 장치로는 모선 일괄방식의 LDC 방식이 표준적으로 사용되고 있으나 조정방식 및 정정치의 결정방법 등에 보편을 요한다.

#### 2.1 프로그램 방식과 LDC 방식

변전소 송출전압의 조정은 일반적으로 모선일괄로 하고 있는데 이를 위해 각 급전선 별로 최적 송출전압의 평균치를 송출전압으로 산출하는 것이 일반적이며 실제 송출전압을 조정하는 수단으로는 프로그램 방식과 LDC 방식으로 대별된다.

프로그램 방식은 산출된 송출전압을 적당한 단계의 전압, 예컨대 3 ~ 5 단계의 전압치로 분류하여 시간 릴레이에 의해 각 시각의 설정전압을 바꾸어 이상적 송출전압에 가까운 전압을 얻고자 하는 것이다. 이 방식의 특징으로서는

- (1) 설정한 송출전압을 자유롭게 얻을 수 있다.
- (2) 배전선 사고등 돌발사태의 부하변동에 대해서도 송출전압이 적절한 송출전압이 유지된다.

등을 들 수 있으나 부하곡선을 추적한 송출전압을 얻지 못하는 결점이 있다. 이 LDC 방식을 소개하면 표 1과 같다.





O 한국전력공사 기술연구원 선임연구원

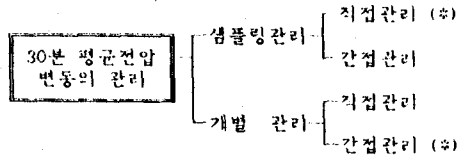
\* 한국전력공사 기술연구원 책임연구원

\*\* 충남대학교 전기공학과 부교수 工博

\*\*\* 충남대학교 전기공학과 석사과정

표 1. LDC 방식

|       | 병크 LDC 방식  | 유선선 상정 LDC  | 유선선 병기 LDC   | LDC + 프로그래머  |
|-------|--|---|--|--|
| 1. 원리 | <br>병크 풍과 전류에 의한 LDC 방식 | <br>특정 유선선 전류에 의한 LDC 방식 | <br>병크 풍과 전류로 구동 특정 유선선 전류에 의한 LDC 방식 | <br>병크 풍과 전류에 의한 LDC 방식의 선 요철 (보상인덕턴스 과 기중인덕턴스)를 시 간제어하는 방식 |
| 2. 설명 | 전압강하는 전류에 비례하므로 계통내의 변동점을 일정하게 한다.   | 보상한 電壓降下의 시간변화와 되도록 비슷한 負荷電流을 갖는 配電線을 선정 함으로써 妥當한 電壓을 실현한다.   | 복이한 負荷를 갖는 配電線을 제외한 負荷電流에 의해 LDC 조정을 할함으로써 妥當한 電壓을 실현한다.   | 1일 (2시간을 일의 의 시간대)에 일정한 2시간)으로 나누어 리미트치에 의해 설정치를 절제하여 주전선의 변동 시간대의 모순을 해결  |
| 3. 특징 | 표준적인 장치로서 설치한 문제점이 있다.   | 병크 LDC 설비를 그대로 이용할 수 있다. 1급전선의 전류를 입력으로 하므로 해당 급전회 사교시의 대책이 필요하다.   | 복이한 負荷, 특수 負荷電流을 갖는 負荷電流을 제외함으로써 妥當한 電壓을 얻는 경우가 있지만, 모반 CT를 측정할 필요가 있다.  | 上급회 모순을 해소 하므로 일반적으로 妥當한 電壓을 얻을 수 있지만 설정치를 절제할 수 있도록 하 임스위치를 설치할 필요가 있다.   |



(※)는 일반적으로 많이 사용하는 방법

샘플링관리는 수용가 단자전압의 변동 혹은 공급설비의 전압상태(일반적으로는 고압선, 저압선 및 배전선 각부의 전압강하)를 샘플링 수법으로 파악하여 관리하는 방법인데, 이 경우 수용가 단자전압의 변동을 파악관리하는 것이 직접관리이고 공급설비의 전압상태를 파악관리하는 것이 간접관리이다. 샘플링 관리는 전체 수용가 또는 공급설비 중에서 무작위로 적당수의 샘플을 선정하여 전압측정을 하여 관리하는 방법이다.

#### 4.2 개별관리

개별관리는 수용가 개개의 단자전압이나 공급설비 각각의 전압상태를 개별적으로 파악하여 관리하는 방법이다. 이 경우 수용가 개개의 단자전압을 관리하는 것이 직접관리이고, 공급설비 각각의 전압상태를 관리하는 것이 간접관리이다. 이중 직접관리는 수용가 각각의 단자전압변동을 파악관리하기 위해 수많은 입력과 측정기기를 필요로하며, 수용가의 단자전압 변동이 규정의 허용범위를 벗어난 것이 확인된 경우 공급설비의 어디를 개선해야 하는가 판단하기가 곤란한 경우가 많아, 현재 거의 사용되지 않는다.

간접관리는 데이터를 개개의 설비개선에 직접적으로 활용할 수 있고 직접관리에 비해 입력과 측정기류도 적게 들므로 널리 사용되고 있다.

### 3. 配電電壓 調整裝置

#### 3.1 변전소에서의 조정장치

배전용 변전소에 사용되는 전압 조정장치로서는 종전에는 각 feeder 별 또는 모선을 일괄해서 유도전압 조정기를 사용해 왔으나 현재는 경제적으로 유리한 부하시 탭 절환변압기 및 부하시 전압조정기를 사용하여 모선전압을 일괄 조정하는 방식이 보편화 되어있다.

#### 3.2 1차 선로에서의 조정장치

특고압선로의 전압개선 방법에는 전선교체, 전압격상, 전압조정장치의 설치등의 방법이 있는데 전압조정장치를 사용하는 것이 단순한 전압조정활동 이므로 선로용 자동전압조정장치나 콘덴서사용 등을 들 수 있다.

### 4. 電壓 管理

#### 4.1 샘플링 관리

일반적으로 30분 평균전압 변동의 관리를 하고 있으며 이것은 아래와 같이 샘플링 관리와 개별관리의 2종류가 있으며 이들 각각은 다시 직접관리와 간접관리로 분류된다.

### 5. 分散負荷率 (Distributed Load Factor : f)

배전선로의 분산부하율은 그 선로의 부하를 집중부하로 취급하여 송전단 전류를 적용한 선로전압 강하에 대해 실제의 분산전류의 전압강하의 비로 나타낸 배전선로의 부하분포 상태에 의해 결정되는 계수로서 0 ~ 1 사이의 값이다. 즉, 분산부하 선로에서 선전류의 평균치와 최대치(송전단 전류)와의 비로서 다음과 같이 표시된다.

$$f = \frac{1}{RI} \int_0^R i \, dr$$

#### 5.1 분산부하율을 구하는 방법

가. 전류 분포에 의한 방법

$$f = \frac{\sum(\text{각구간 송전단전류}) \times (\text{각구간 표준한산공장})}{(\text{송전단전류}) \times (\text{표준한산 총공장}) \times (\text{각구간 분산부하율})}$$

나. 변압기 본포에 의한 방법

$$f = \frac{\sum(\text{각구간 변압기용량합계}) \times (\text{각구간 표준한산공장})}{(\text{변압기총용량}) \times (\text{표준한산 총공장}) \times (\text{각구간 분산부하율})}$$

다. 부하상태별 분산부하율

각 부하의 상태별 분산부하율을 정리하면 표2와 같다.

표 2. 부하상태별 분산부하율

| 負荷狀態               | 負荷分布 및 電流分布 | 電壓降下: e                            | 分散負荷率: f                   |
|--------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------|
| A 末端集中負荷           |             | $k l, Z$                           | 1                          |
| B 平均分布負荷           |             | $\frac{1}{2} k l, Z$               | $\frac{1}{2}$              |
| B' A + B           |             | $k \cdot Z(\frac{1}{2} l_1 + l_2)$ | $\frac{1}{2}(1 + \gamma)$  |
| C 末端이 크게 되는 分布負荷   |             | $k \cdot \frac{2}{3} l, Z$         | $\frac{2}{3}$              |
| C' A + C           |             | $k \cdot Z(\frac{2}{3} l_1 + l_2)$ | $\frac{1}{3}(2 + \gamma)$  |
| D 中 및 이 크게 되는 分布負荷 |             | $\frac{1}{2} k l, Z$               | $\frac{1}{2}$              |
| D' A + D           |             | $k \cdot Z(\frac{1}{2} l_1 + l_2)$ | $\frac{1}{2}(1 + \gamma)$  |
| E 送電端이 크게 되는 분포부하  |             | $\frac{1}{3} k l, Z$               | $\frac{1}{3}$              |
| E' A + E           |             | $k \cdot Z(\frac{1}{3} l_1 + l_2)$ | $\frac{1}{3}(1 + 2\gamma)$ |

註 1. : 送電端電流      1<sub>2</sub> : 分布負荷의 合成電流  
 1<sub>1</sub> : 區間の 末端 集中負荷電流  
 $\therefore 1_2 = l_1 + l_2$   
 1x : 送電端부터의 距離 x 點의 線路電流  
 $\gamma = \frac{l_1}{l_2} = \frac{\text{全 區間の 末端電流}}{\text{全 區間の 送電端電流}}$

6. 電算 處理

순계 발표때의 내용에 분산손실율을 고려하여 처리하였다. (상세처리 내용은 순계수북본 참조)

6.1 입력 데이터

o Main data : 변전소 인출 최대전류, 선모형, 작성일, 작성자

o Sectional data : 구간 No, 방향, 공급방식, 공장, 전선규격, 분산부하율, 변압기용량, 고압수용가 용량, 선로연결시작, 끝, 계산여부

INPUT DATA

| Line | LINE NAME             | DATE     | NAME        |
|------|-----------------------|----------|-------------|
| 350  | 22.2KV-Y GNG 10KV D/L | 1990.7.5 | JUN JIN HAE |

| No | Phase | Distance(km) | Line Size | P.Tr(KVA) | High(V/KV) | From B | To Bus | From L |
|----|-------|--------------|-----------|-----------|------------|--------|--------|--------|
| 1  | 3P    | 1.52         | GC160     | 1000      | 200        | 0      | 1      | 1      |
| 2  | 1P    | 2.48         | GC58      | 610       |            | 1      | 2      | 1      |
| 3  | 1P    | 1.38         | GC32      | 250       |            | 2      | 0      | 2      |
| 4  | 1P    | 0.85         | GC58      | 150       |            | 2      | 0      | 3      |
| 5  | 1P    | 1.92         | GC58      | 480       |            | 2      | 0      | 4      |
| 6  | 3P    | 2.82         | GC160     | 1500      | 250        | 1      | 3      | 5      |
| 7  | 3P    | 1.62         | GC95      | 900       | 200        | 3      | 4      | 6      |
| 8  | 1P    | 0.85         | GC58      | 240       |            | 4      | 0      | 7      |
| 9  | 3P    | 1.45         | GC95      | 660       |            | 4      | 0      | 8      |
| 10 | 3P    | 2.22         | GC160     | 850       | 400        | 3      | 5      | 9      |
| 11 | 3P    | 1.89         | GC160     | 830       |            | 5      | 6      | 1      |
| 12 | 1P    | 0.92         | GC95      | 190       |            | 6      | 0      | 2      |
| 13 | 3P    | 1.12         | GC95      | 260       | 200        | 6      | 7      | 3      |
| 14 | 1P    | 0.95         | GC58      | 180       |            | 7      | 0      | 4      |
| 15 | 3P    | 2.21         | GC95      | 650       | 100        | 7      | 0      | 5      |
| 16 | 3P    | 2.34         | GC95      | 210       |            | 5      | 8      | 6      |
| 17 | 1P    | 1.06         | GC58      | 265       |            | 8      | 0      | 7      |
| 18 | 3P    | 2.93         | GC95      | 495       | 450        | 8      | 9      | 8      |
| 19 | 3P    | 3.21         | GC95      | 220       | 100        | 9      | 0      | 9      |
| 20 | 1P    | 2.28         | GC58      | 470       |            | 9      | 10     | 1      |
| 21 | 1P    | 0.97         | GC58      | 150       |            | 10     | 0      | 1      |
| 22 | 1P    | 1.11         | GC32      | 100       |            | 10     | 0      | 1      |

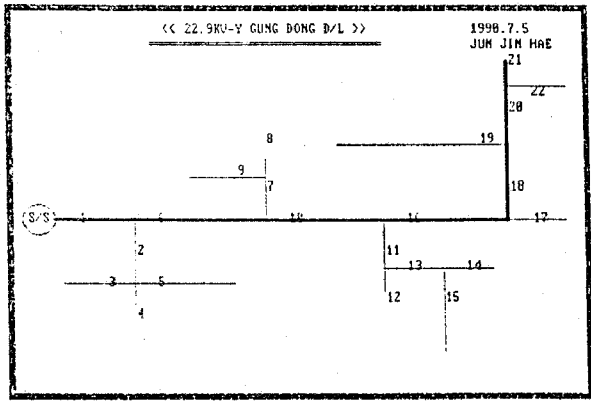
6.2 출력

Voltage Drop Calculation Sheet

22.2KV-Y GNG 10KV D/L

1990.7.5  
JUN JIN HAE

| No | SECT I(A) | IMPEDANCE | SECT WRT. B | SECT WRT. L | WRT. (MVA/KV) | LOAD F |
|----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------|
| 1  | 350.00    | 0.6556    | 229.413     | 229.413     | 1.76w         | 1      |
| 2  | 41.72     | 1.6202    | 135.186     | 364.628     | 2.841         | 1      |
| 3  | 7.00      | 1.3800    | 9.650       | 374.298     | 2.918         | 0.5    |
| 4  | 4.20      | 0.5553    | 2.712       | 366.950     | 2.859         | 0.5    |
| 5  | 13.44     | 1.2543    | 22.489      | 387.117     | 2.021         | 0.667  |
| 6  | 274.68    | 1.0468    | 199.120     | 428.543     | 3.256         | 0.667  |
| 7  | 34.32     | 0.6664    | 23.531      | 452.094     | 3.546         | 0.5    |
| 8  | 6.72      | 0.5553    | 3.732       | 455.826     | 3.577         | 0.5    |
| 9  | 16.80     | 0.7755    | 4.388       | 456.472     | 3.582         | 0.333  |
| 10 | 171.36    | 0.8574    | 54.625      | 483.198     | 3.800         | 0.233  |
| 11 | 67.48     | 0.8151    | 55.005      | 518.203     | 4.251         | 1      |
| 12 | 5.32      | 0.4600    | 2.448       | 540.652     | 4.271         | 0.5    |
| 13 | 28.92     | 0.5990    | 11.656      | 549.859     | 4.247         | 0.5    |
| 14 | 3.04      | 0.6206    | 4.172       | 554.022     | 4.281         | 0.667  |
| 15 | 21.00     | 1.7167    | 24.048      | 573.903     | 4.545         | 0.667  |
| 16 | 68.88     | 1.2514    | 43.100      | 526.298     | 4.153         | 0.5    |
| 17 | 7.42      | 0.7056    | 5.235       | 531.533     | 4.196         | 0.5    |
| 18 | 55.58     | 1.5670    | 29.002      | 555.300     | 4.392         | 0.333  |
| 19 | 8.96      | 1.7167    | 5.122       | 560.422     | 4.434         | 0.333  |
| 20 | 20.16     | 1.4895    | 60.056      | 615.356     | 4.890         | 1      |
| 21 | 4.20      | 0.6337    | 5.322       | 620.679     | 4.914         | 1      |
| 22 | 2.80      | 1.1100    | 3.797       | 619.153     | 4.921         | 0.5    |



### 6.3 결과 고찰

본산부하율을 고려한 결과 최대의 전압강하가 나타나는 곳이 21구간 말단으로 변경됨을 알 수 있고(종래는 22구간) 이때의 전압강하 및 전압강하율은 621V, 4.93% 이었다. 종래의 931V, 7.58%와 비교할 때 그 중요성을 실감케 하고 있다.

### 7. 結 論

배전계통의 전압강하 계산을 보다 현실상태와 가깝게 모델링 하기 위하여 종전의 방법에 본산부하율을 고려하여 처리해 보았다.

처리한 결과를 고찰할 때 구간의 설정을 보다 적게 하면서도 만족한 결과를 얻을 수 있었으며 실제적인 부하상태가 고려됨으로써 보다 정확도를 높일 수 있었다. 앞으로 보다더 정확도를 향상시키기 위해 배전선로의 부하모델 곡선에서의 해석도 시도해볼 속제가 아닌가 싶다.

### 參 考 文 獻

- (1) 백용현, 이광우, "배전공학", 형설출판사, 1985
- (2) 송길영, "송배전 공학", 통일출판사, 1989
- (3) 한전 영배종합 전산 system 추진반, "배전기술계 산업무 전산처리 지침", 1984.12
- (4) 한전 배전처, "배전손실관리 지침", 1985.6
- (5) 동경전력, "설계기준(제2부 설계기술편)"
- (6) 전기협동 연구 제24권 제4호, "배전선 전압조정 관리"
- (7) 日原浪造, "근대 배전공학", 전기서원, 1969