

저압간선의 전압강하 계산시 정식계산과 간이계산의 비교

최홍규 · 조계술 · 서범관\*  
홍익대학교

Comparison of standard's formula and simplified formula voltage drop on low voltage feeder design

Hong-Kyoo Choi · Kyeh-Soo Cho · Beom-Gwan Seo\*  
Hong-ik University

**Abstract** - 저압간선의 굵기산정시 일반적으로 간이 계산식이 사용되고 있으나 이는 교류 임피던스를 적용한 정식과는 허용 전압강하를 기준으로한 포설거리에서 차이가 있으므로 저압간선의 설계시 보다 정확한 계산을 위해 교류 임피던스를 기준으로한 정식을 사용하여 계산이 이루어져야 한다. 따라서, 본 논문에서는 정식과 간이식에 따른 계산결과와 실측을 통한 전압강하를 비교하여 정확한 전압강하 계산법을 검토하여 보았다.

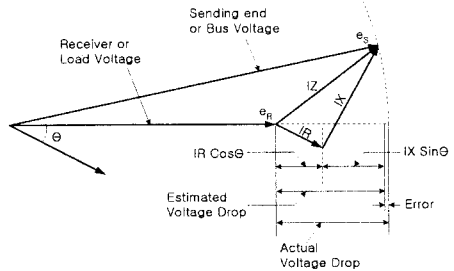


그림 1. 전압강하 벡터도

1. 서 론

저압간선의 굵기는 허용 전압강하, 허용전류용량, 고조파 그리고 기계적 강도를 고려하여 결정된다. 특히, 허용 전압강하의 계산에 따라 간선의 최대포설거리가 산출되므로 경제적이고 안전한 간선의 굵기와 포설거리를 산출하기 위해서 정확한 계산이 필요하다. 일반적으로 전압강하는 간이식에 의해 계산되어지고 있으나, 이는 교류 임피던스를 기준으로한 정식과는 동일한 조건에서 많은 포설거리 차이가 발생하므로 정확한 전압강하를 계산하여 올바른 포설거리를 산정해야 한다. 본 논문에서는 정식과 간이식에 의한 전압강하를 계산하고 실측하여 계산값과 실측값을 비교하고자 한다.[1]

2. 전압강하 계산법

전선에 전류를 흐르게 하면 전선의 임피던스로 인하여 전원측 전압보다 부하측 전압이 낮아진다. 이것을 전압강하라고 하며 전압이 너무 낮아지면 전동은 광속이 감소, 전동기는 토크가 감소하는등 많은 이상현상이 나타나게 된다. 전압강하는 전선의 단면적에 반비례하므로 전선을 굵게 하면 해결되나 경제적인 면에서 적절한 굵기를 선택하기 위한 기준으로 전기사업자의 간선 및 분기회로에서 각각 표준전압의 2[%] 이하로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만 전기 사용장소안에 시설한 변압기에 의하여 공급되는 경우 간선의 전압강하는 3[%] 이하로 할수 있다.[2]

2.1 정식 계산법

교류회로에서의 전압강하는 직류회로와는 달리 부하역률, 회로의 유도리액턴스, 표피효과등에 영향을 받으며 정상상태의 교류회로 1상당에 대한 전압강하는 그림 1과 식 1로 나타낼수 있다.[3]

$$V_d = e_s - e_R = (IR\cos\theta + IX\sin\theta) + j(IX\cos\theta - IR\sin\theta) \quad (1)$$

식 1에서 j항은 극히 적으므로 식 2와 같이 간략화 할수 있다.

$$V_d = I(R\cos\theta + X\sin\theta) \quad (2)$$

여기서  $V_d$  : 전압강하  
 $R$  : 교류도체 실효저항  
 $X$  : 교류도체 리액턴스

식 2에서 교류도체의 실효저항과 리액턴스는 도체의 온도상승에 따른 저항변환, 도체의 굵기와 주파수 영향에 의한 표피효과 계수 및 포설간격에 의한 근접효과 계수를 적용한값을 선정하여야 하며 표 1은 CV Cable Single Conductor를 최대 사용온도 90[°C]를 기준으로 병행배치한 교류 임피던스를 나타내었다.[4]

표 1. 사용온도 90[°C]에서의 교류임피던스 값

구 분	교류임피던스[60Hz] [Ω/m - 90°C]		
	R	X	Z
2.0[mm]	11.781	0.1841	11.7833
3.5[mm]	6.6305	0.1692	6.6326
5.5[mm]	4.2460	0.1624	4.2491
8(C)[mm]	2.9199	0.1567	2.9241
14(C)[mm]	1.6703	0.1457	1.6767
22(C)[mm]	1.0608	0.1407	1.0701
38(C)[mm]	0.6133	0.1320	0.6273
60(C)[mm]	0.3897	0.1270	0.4099
100(C)[mm]	0.2343	0.1231	0.2647
150(C)[mm]	0.1573	0.1189	0.1972
200(C)[mm]	0.1188	0.1205	0.1692
250(C)[mm]	0.0970	0.1177	0.1526
325(C)[mm]	0.0763	0.1154	0.1383

## 2.2 간이식 계산법

간이 계산식은 직류회로의 전압강하를 나타내는 식 3에서  $R$ 값을 단면적  $S$ 로 변경한것으로 식 4와 같다.

$$V_d = 2 \cdot L \cdot I \cdot R \quad (3)$$

여기서  $L$  : 선로의 길이[m]

$I$  : 부하전류[A]

$R$  : 선로 저항[Ω]

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (4)$$

식 4에서  $\rho$ 값은 기준온도 20[°C]에서 경동선의 고유 저항 값을 기준으로한 것으로 약 0.0178의 값이 산출되며 간이 계산식의 경우는 이를 기준으로 전기방식에 따라 단상 1선식은 2, 3상 3선식은  $\sqrt{3}$ , 단상 3선식 또는 3상 4선식의 경우는 1을 적용한 것으로 표 2와 같다.

표 2. 전기방식에 따른 간이계산식

전기방식	전압강하[V]
단상 2선식	$V_d = \frac{35.6LI}{1000A}$
3상 3선식	$V_d = \frac{30.8LI}{1000A}$
단상 3선식, 3상 4선식	$V_d = \frac{17.8LI}{1000A}$

## 3. 전압강하 측정

전압강하 측정은 홍익대학교 조치원 캠퍼스에서 여러 차례 수행하였다. 그림 2는 측정지점을 나타내는 단선도이며 B동 변전실의 변압기는 6.6[kV] 공급전압을 2차측에서 380-220[V] 전압으로 낮추어 남자 기숙사의 전동부하에 전력을 공급하고 있다.

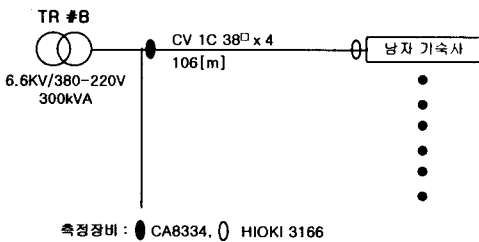


그림 2. 전압강하 측정 지점

전압강하의 측정장비는 전력분석기 Chauvin-Arnoux사의 CA8334모델과 HIOKI모델 3166을 사용하였다. 전압강하의 측정은 학교 건물의 특성상 다수의 부하가 변동하고 있으므로 어느 한 순간의 전압강하를 동시에 측정할 임의의 한상을 적용하였다. 표 3은 측정시 적용된 간선의 포설조건을 나타내고 있다. 측정된 Data는 동일 측정지점에서 총 3회에 걸쳐 측정되었고 그 값은 표 4에 나타냈다. 이때 위상  $\theta$ 는 전압기준으로 측정된 값이고 각상은 평형하다는 조건으로 측정하였다.

표 3. 전압강하 측정 조건

구 분		포 설 조 건
구간	-에서	B동 변전실
	-까지	G동 학생회관
포설거리		130[m]
간선 Cable		CV 1C 38 <sup>2</sup> x4
간선구분		전동부하
배전방식		3상 4선
배전전압		380/220
포설방법		지중 관로

표 4. 전압강하 측정 data

구 분	측정 #1	측정 #2	측정 #3
$V_S$ [V]	218.30	218.50	218.70
$V_R$ [V]	213.99	213.39	215.48
$V_d$ [V]	4.31	5.11	5.22
$I$ [A]	53.34	55.53	56.43
$\theta$ [°]	-2.95	-2.84	-3.10

## 4. 계산값과 측정값 비교

### 4.1 정식에 의한 전압강하 계산

정식 전압강하는 식 2에 의하여 구하며 이때 부하전류와 위상각은 표 4의 측정값을 사용하였다. 케이블의 임피던스는 거리가 짧은 경우이므로 정전용량( $C$ )를 무시한 표 1의 값을 적용하여 전압강하의 크기를 구한다.

#### 4.1.1 측정 1

$$\begin{aligned} \text{선로의 교류도체 실효저항} &= \frac{0.6133 \times 130}{1000} \quad [\Omega/m] \\ &= 0.0797 \quad [\Omega/m] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{선로의 교류도체 리액턴스} &= \frac{0.1320 \times 130}{1000} \quad [\Omega/m] \\ &= 0.0171 \quad [\Omega/m] \end{aligned}$$

선로의 전압강하

$$\begin{aligned} V_d &= I(R\cos\theta + X\sin\theta) \\ &= 53.34(0.0797 \times \cos 2.95 + 0.0171 \times \sin 2.95) \\ &= 4.293 \quad [V] \end{aligned}$$

#### 4.1.2 측정 2

$$\begin{aligned} V_d &= 55.53(0.0797 \times \cos 2.84 + 0.0171 \times \sin 2.84) \\ &= 4.467 \quad [V] \end{aligned}$$

#### 4.1.3 측정 3

$$\begin{aligned} V_d &= 56.43(0.0797 \times \cos 3.1 + 0.0171 \times \sin 3.1) \\ &= 4.543 \quad [V] \end{aligned}$$

### 4.2 간이식에 의한 전압강하 계산

간이식 전압강하는 표 2에 의하여 구하며 이때 부하전류는 표 4의 측정값을 사용하였다.

#### 4.2.1 측정 1

$$\begin{aligned} \text{선로의 전압강하} \\ V_d &= \frac{17.8LI}{1000A} = \frac{17.8 \times 130 \times 53.34}{1000 \times 38} \\ &= 3.248 \quad [V] \end{aligned}$$

#### 4.2.2 측정 2

$$V_d = \frac{17.8LI}{1000A} = \frac{17.8 \times 130 \times 55.53}{1000 \times 38} = 3.381 [V]$$

#### 4.2.3 측정 3

$$V_d = \frac{17.8LI}{1000A} = \frac{17.8 \times 130 \times 56.43}{1000 \times 38} = 3.43 [V]$$

#### 4.3 정식, 간이식, 측정값 비교

저압간선의 굵기 산정시 전압강하의 계산은 간선의 포설거리를 결정하는 값으로 사용된다. 저압간선의 굵기 산정시 전압강하는 교류도체의 임피던스를 적용한 정식과 간이식으로 구할수 있으며 보다 정확한 간선의 굵기를 산정하기 위해서는 간선의 포설시 정전용량(C)값과 불평형 성분을 고려하여 측정하여야 하나 본 논문에서는 기존에 포설된 간선굵기와 측정시의 부하전류를 기준으로 전압강하값을 비교하면 표 5와 같다.

표 5. 측정값, 정식, 간이식 비교

구분	측정값	정식	간이식
측정 1	4.31	4.293	3.248
측정 2	5.11	4.467	3.381
측정 3	5.22	4.543	3.43

### 5. 결 론

교류 임피던스를 적용한 정식과 직류도체 저항을 적용한 간이식을 사용한 전압강하값을 측정값과 비교해본 결과 간이 계산식은 측정값과 비교시 최고 34.96[%] 차이가 나며 정식 계산값과 측정값과 비교시는 최고 12.96[%]의 차이가 나타남을 확인하였다. 전압강하값은 정식보다 간이식이 두배 이상의 오차를 나타내고 있음을 알수있다. 따라서 일반적으로 사용되는 간이계산식에서는 충분한 여유를 고려하지 않을 경우 간선의 포설길이 정확히 계산될 수 없으므로 전압강하로 인한 전원품질의 저하를 가져올 수 있다. 그러나 정식계산의 경우 실무에 적용하기에는 복잡한 계산방법을 적용해야 하므로 실용상 문제점이 있다. 따라서 향후에는 포설 조건에 따른 교류도체 임피던스 표 또는 간략화된 적용식의 연구가 필요하다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 최홍규의, "전력사용시설물 설비 및 설계", p273, 2002
- [2] 내선규정, p68, 2003
- [3] IEEE Std 141, p97, 1993
- [4] 조계술, "저압간선의 전압변동과 허용전류의 감소계수에 관한 연구", p46, 2001