

건축전기설비기술사 문제 해설.

글 / 김세동 (두원공과대학 교수, 공학박사, 기술사 e-mail : kmse@doowon.ac.kr)

전압강하 계산방법을 설명하시오.

☞ 본 문제를 이해하기 위해서는 스스로 문제 생성과 함께 답을 구하는 노력이 필요합니다. 기억을 오래 가져갈 수 있는 아이디어를 기록하는 습관 또한 요청됩니다.

항 목	Key Point 및 확인 사항
가장 중요한 Key Word는?	전압강하 계산 방법
관련 이론 및 실무 사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전압강하의 개념 2. 직류회로의 전압강하 계산 방법 3. 교류회로의 전압강하 계산 방법 4. 내선규정에서 정하고 있는 전압강하의 허용 범위 5. 영국규격 BS 7671(2008-Requirements for Electrical Installations) 부록 12(Voltage Drop in Consumers' Installations)에서 정하고 있는 전압강하 기준

[해설]

1. 전압강하의 개념

전선에 전류가 흐르게 되면, 전선의 임피던스로 인하여 전원측 전압보다 부하측 전압이 낮아진다. 이것을 전압강하라 한다. 교류회로에서 정상상태의 경우 전압강하는 식 (1)과 같이 간략하게 나타낼 수 있다.

$$\Delta V = I(R \cos\theta + X \sin\theta) \quad (1)$$

식 (1)에서 $(R \cos\theta + X \sin\theta)$ 는 전선의 굵기, 간격, 부하 역률에 따라 정해진다.

2. 간이 전압강하 계산 방법

전축전기설비의 교류회로에서의 배선 도체저항은 표피효과, 근접효과에 따라 직류 저항치보다 증가하지만 무시할 수 있다.

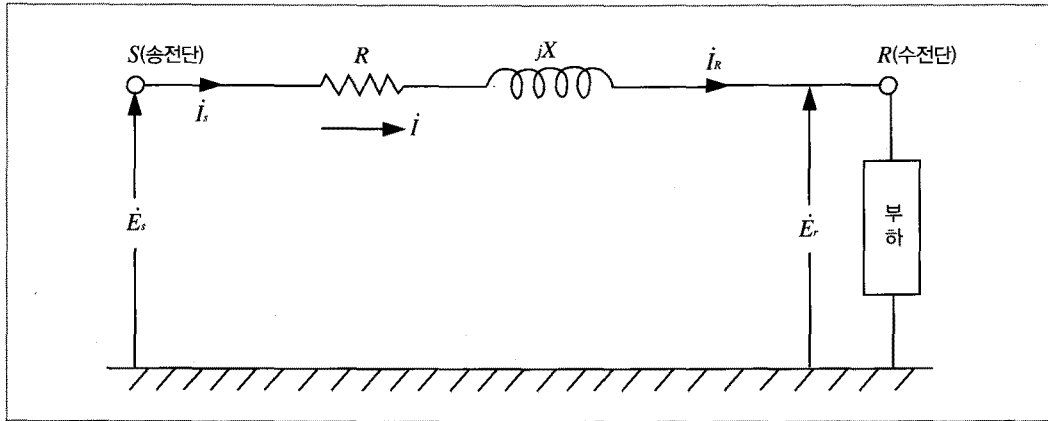
또, 전선의 굵기가 가늘 때는 리액턴스량은 저항치에 비해 비교적 적으므로 무시해도 지장이 없다. 따라서, 부하역률각이 적을 경우의 전압강하는 직류량만을 계산해도 큰 차이는 없으므로 아래와 같이 계산 식을 사용한다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{㉠ 단상 2선식} : e = \frac{35.6LI}{1000A} \\ \text{㉡ 3상 3선식} : e = \frac{30.8LI}{1000A} \\ \text{㉢ 3상 4선식} : e = \frac{17.8LI}{1000A} \end{array} \right. \quad (2)$$

여기서, L : 거리, I : 정격전류, A : 케이블의 굵기를 나타내며, 회로의 각 외측선 또는 각 상전선이 평행했을 경우에 대한 것으로, 전선의 도전율은 97%로 되어 있다.

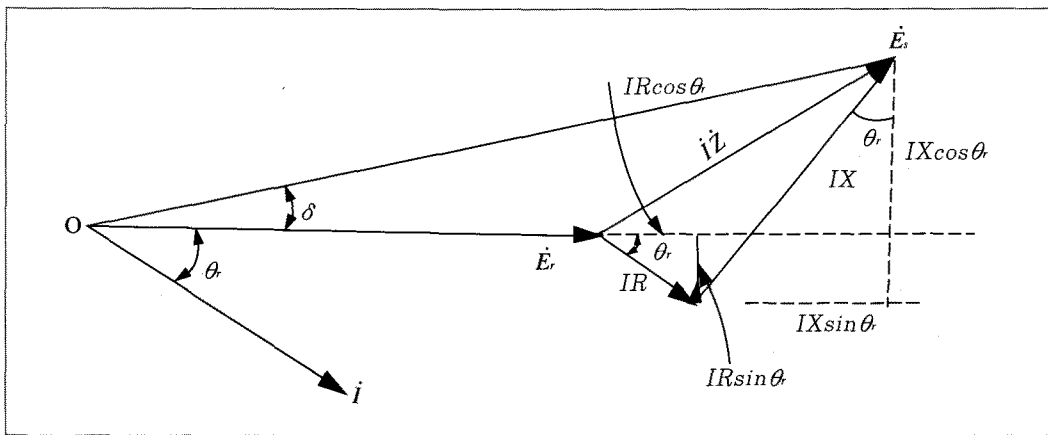
3. 교류회로 정상상태에서 전압강하 계산 방법

전압강하 계산을 위해서는 선로정수로서 저항과 인덕턴스만을 생각하여 단상 등가 회로를 그리면 그림1과 같다.



[그림 1] 등가회로

그림 1에서 E_s 와 E_r 는 각각 송전단과 수전단의 중성점에 대한 대지전압이다. 지금 E_s 와 전류 i 와의 상각각을 θ 라 하고 E_r 를 기준벡터로 잡아주면 그림 2의 벡터도로부터 송전단 전압은 식 (3)을 구한다.



[그림 2] 벡터도(E_r 을 기준벡터로 취한 경우)

$$E_s = E_r + IR \cos \theta + IX \sin \theta + j(IX \cos \theta - IR \sin \theta) \quad (3)$$

곧,

$$E_s = \sqrt{(E_r + IR \cos \theta + IX \sin \theta)^2 + (IX \cos \theta - IR \sin \theta)^2} \quad (4)$$

$\sqrt{\quad}$ 내의 제2항은 제1항에 비해 훨씬 작기 때문에 이 항을 무시하면 식 (5)와 같이 나타낸다.

$$E_s \approx E_r + I(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (5)$$

따라서, 선로의 전압강하는 식 (6)과 같이 표현한다.

$$\Delta V(\text{전압강하}) = E_s - E_r = I(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (6)$$

여기서 E_s, E_r 는 각각 송전선단의 대지전압(=상전압)이다. 따라서, 선간 전압 (V_s, V_r)으로 식을 나타내면 양변을 $\sqrt{3}$ 배 해주면 되며, 식 (7)과 같다.

$$\Delta V = V_s - V_r = \sqrt{3} I (R \cos \theta_r + X \sin \theta_r) \quad (7)$$

추가 검토 사항

☞ 공학을 잘 하는 사람은 수학적인 사고를 많이 하는 사람이란 것을 잊지 말아야 합니다. 본 문제에서 정확하게 이해하지 못하는 것은 관련 문헌을 확인해 보는 습관을 길러야 엔지니어링 사고를 하게 되고, 완벽하게 이해하는 것이 된다는 것을 명심하기 바랍니다. 상기의 문제를 이해하기 위해서는 다음의 사항을 확인바랍니다.

1. 내선규정 제120절(전압강하)에서 정하고 있는 전압강하 허용 범위

간선 및 분기회로에 각각 표준전압의 2% 이하로 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 다만, 전기사용장소 안에 시설한 변압기에 의하여 공급하는 경우 간선의 전압강하는 3% 이하로 할 수 있다.

또한, 최원단의 부하에 이르는 전선의 길이가 60 m를 초과하는 경우는 다음 표에 준하도록 하고 있다.

전선의 길이[m]	전기사업자로부터 저압으로 전기를 공급받는 경우의 전압강하[V]
60 초과 120이하	4 이하
200이하	5 이하
200초과	6 이하

2. 영국규격 BS 7671(2008-Requirements for Electrical Installations) 부록 12(Voltage Drop in Consumers' Installations)에서 정하고 있는 전압강하 기준

전선규격이 KSC IEC 60364에 준해서 생산, 보급되고 있으므로 전선의 허용전류 산정시에도 IEC에서 정하고 있는 전압강하 기준을 고려하여 계산되어야 한다고 사료되며, 다음과 같이 기술되어 있다.

[전압강하의 최대값]

설비의 시작점과 부하 점 사이의 전압 강하는 설비의 정격전압에 대하여 나타낸 표의 값보다 커서는 안 된다. 계산된 전압강하는 고조파 전류 때문에 어떠한 영향을 포함한다.

항 목	조 명	기타 용도
(i) 저압 일반 배전계통으로부터 직접 공급되는 저압 설비	3 %	5 %
(ii) private LV supply(*)로부터 공급되는 저압 설비	6 %	8 %

(*) 각 최종회로 안의 전압강하는 (i)에서 주어진 값을 초과해서는 안된다.

설비기기의 배선설비가 100m 보다 긴 경우에는 위에서 제시한 전압강하가 100m를 초과하는 배선설비의 m당 0.005 % 씩 증가할 수 있다. 이 증가가 0.5 % 보다 커서는 안된다.

전압강하는 기기의 수요에 의해 결정되며, 부등을 혹은 회로의 설계전류값에 영향을 받는다.

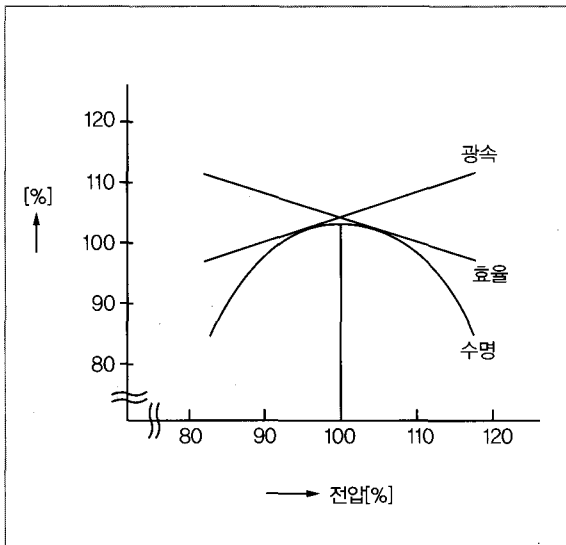
전압강하는 BS 7671 부속서 4로부터 결정된다.

3. 사용전압이 표준전압의 유지범위보다 낮아지면 어떠한 현상 발생

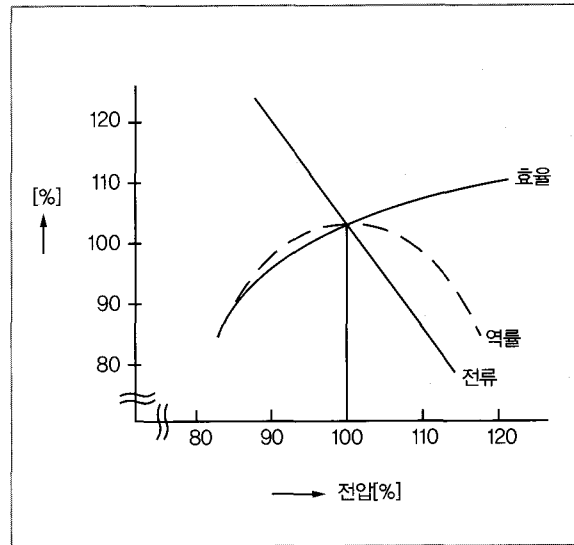
일반적으로 수용가의 전기기기는 정격전압에서 사용할 경우에 가장 좋은 성능을 발휘하게끔 설계되고 있기 때문에 만일 전압이 정격에서 벗어나면 효율 저하, 수명 단축, 손실 증대 등의 나쁜 영향이 나타난다.

1) 조명

형광등이나 텔레비전은 전압의 변동에 따라 그 밝기가 변화한다. 전압 변동이 계속되면 이 휘도의 변화가 깜박거리게 되어(즉, 플리커 발생) 인간에게 불쾌감을 준다. 조사에 의하면 이 플리커는 전압 변동의 주기가 10[Hz] 정도일 때 가장 심하게 나타난다고 한다.



[그림 3] 형광등의 전압 특성



[그림 4] 유도전동기의 전압 특성

그림 3은 형광등의 여러가지 특성의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 전압의 변화가 $\pm 5\sim 6\%$ 초과시에는 광속, 효율, 수명의 변화가 크게 나타남을 알 수 있으며, 특히 전압이 높거나 낮으면 수명은 심하게 짧아진다. 백열전구의 수명은 전압의 13.5곱에 반비례하고 전압이 정격전압의 5% 변화로 수명이 배로 되든가 반감된다. 그러므로, 정격전압 220V를 사용하는 조명용 부하에서는 $\pm 5\sim 6\%$ 이내를 유지하도록 전압 관리를 할 필요가 있다.

2) 유도전동기

그림 4는 유도전동기의 전압 특성에 따른 여러 가지의 특성을 보여주고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 펌프, 팬 등에 사용되는 유도전동기에서는 전압이 변화하면 토크, 슬립, 전부하 전류 등의 여러 가지 특성이 영향을 받아 회전 속도에 변화가 생기거나 과부하 운전이 되기도 한다. 또, 전압강하는 전부하 전류를 증대시켜 전동기를 가열할 우려도 있다.

유도전동기는 전압의 제곱에 비례하여 토크가 변화하고, 또한 전압의 제곱에 반비례하여 슬립이 변화하므로 적절한 전압 관리는 설비 운용에 있어서 중요하다.

일반적으로 전동기의 공급전압은 정격전압보다 약간 높은 편이 역률은 다소 낮아지지만 효율이 좋고, 온도 상승이 낮으며 전류도 감소하고, 기동의 확실성과 운전 중 과부하에 의한 운전 안정성에 대해서도 전압이 약간 높은 편이 유리한 것으로 되어 있다. KEA

[참고문헌]

1. 김세동 외, 전압보상장치 적용방안 타당성 조사연구, 한국조명전기설비학회, 2004
2. 내선규정 제120절(전압강하), 2008
3. 최홍규 외, 전력사용시설물 설비 및 설계, 성안당, 2000
4. 영국규격 BS 7671(Requirements for Electrical Installations) 부록 12(Voltage Drop in Consumers' Installations), 2008