



건축전기설비기술사 문.제.해.설.

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

저압간선의 굵기 선정시 고려할 사항을 설명하시오.

☞ 본 문제를 이해하기 위해서는 스스로 문제생성과 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?	간선의 굵기 선정
간선의 굵기	전선 규격은 IEC 표준에 준해서 굵기 산정 방법을 검토한다.
보정계수	IEC에서 정하고 있는 '케이블 복수의 집합에 대한 감소 계수, 온도 보정계수' 등에 대한 지식 그리고, 다음 식에 대한 이해도 $I_t \geq I_n \times \frac{1}{C_g} \times \frac{1}{C_a} \times \frac{1}{C_i} \times \frac{1}{C_d}$
케이블 허용전류 정격을 나타내는 수식	케이블 허용전류 정격을 나타내는 수식을 확인하여 본 경험

[해설]

1. 간선의 정의와 종류

간선이란, 변전실의 저압배전반에서 분기 보안 장치에 이르는 사이의 전로를 의미하며, 건물의 규모, 용도, 간선방식 등에 따라 전등간선, 동력간선, 고압간선, 저압간선 등으로 구분한다.

2. 저압간선 케이블의 규격 선정시 고려할 사항

저압 간선의 규격 선정시 고려할 사항으로는 허용전류, 전압강하, 기계적 강도, 고조파 전류, 수용률 등에 따라 달라지며, IEC 규격에 의한 설계가이드에 의하면, 도체의 단면적은 정상 운전조건과 다음의 사고 조건을 고려하여 결정한다.

- (i) 허용 최대온도
- (ii) 전압강하 한계 값
- (iii) 단락 혹은 지락전류로 일어날 수 있는 전기기계적 스트레스
- (iv) 도체가 노출에 따른 다른 기계적인 스트레스
- (v) 단락 또는 지락보호의 운전에 대한 최대 임피던스
- (vi) 설치 방법
- (vii) 고조파
- (viii) 단열

3. 간선의 허용전류

1) 허용전류 정격 산정식

부분적으로 건조한 토양의 허용전류 정격을 계산할 때, 토양의 완전 건조가 일어나지 않는 상황을 고려한 정격 또는 계산하여야 한다. 두 정격 중에 낮은 것을 사용한다.

토양의 완전건조가 일어나지 않는 곳에서의 매장케이블 또는 대기 중의 케이블 허용전류 정격을 나타내는 식은 (1)과 같다.

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - W_d [0.5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right)^{0.5} \quad (1)$$

$\Delta\theta$: 주위 온도 이상의 도체 온도상승 [K]

R : 최고 동작온도에서 도체의 단위길이당 교류저항 [Ω /m]

W_d : 도체 주변의 절연체를 위한 단위길이당 유전손실 [W/m]

T_1 : 한 도체와 시스 사이의 단위길이당 열저항 [K · m/W]

T_2 : 케이블 시스와 전선 시스 사이의 성층의 단위길이당 열저항 [K · m/W]

- T_3 : 케이블의 외부 피복재의 단위길이당 열저항 [K · m/W]
- T_4 : 케이블 피복과 주변 매개체 사이의 단위길이당 열저항 [K · m/W]
- n : 케이블에서의 부하 운송 도체의 수(동일 크기 및 동일 부하를 운송하는 도체)
- λ_1 : 케이블에서 전체 도체손실에 대한 금속케이블 시스템에서의 손실 비율
- λ_2 : 케이블에서 전체 도체손실에 대한 전선 시스템에서의 손실 비율

2) IEC에서 정하는 허용전류의 크기 결정 방법은 수식 (2)를 이용한다.

$$I_t \geq I_n \times \frac{1}{C_g} \times \frac{1}{C_a} \times \frac{1}{C_i} \times \frac{1}{C_d} \quad (2)$$

- ① 회로의 설계전류(I_b)를 결정한다.
- ② 보호장치의 정격과 타입을 결정한다. ($I_n \leq I_b$)
- ③ 도체(케이블)의 종류(BS 7671의 표 4D1A에서 4L4B)를 결정한다.
- ④ 그룹에 대한 계수(C_g)를 결정한다.
- ⑤ 주위온도에 대한 보정계수(C_a)를 결정한다.
- ⑥ 단열에 대한 보정계수(C_i)를 결정한다.

3) 보정계수

표 1은 복수 회로 또는 다심 케이블 복수의 집합에 대한 감소계수를 나타낸 것이며, 표 2는 주위의 대기온도가 30 °C 이외인 경우의 보정계수를 나타낸 것이다. 앞에서 설명한 허용전류의 크기 결정시에 적용한다.

[표 1] 복수 회로 또는 다심 케이블 복수의 집합에 대한 감소계수(C_g)

구분	배치 (케이블 밀착)	회로 또는 다심 케이블의 수											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	기중이나 벽면에 묶거나 매설 또는 수납	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38
2	벽 또는 막힘형 트레이의 단일층	1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	9개 이상의 회로나 다심케이블인 경우 이 이상의 감소계수는 없음		
3	목재 천정면 아래에 직접 고정된 단일층	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61			
4	환기형 수평 또는 수직 트레이의 단일층	1.00	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72			
5	사다리 지지대 또는 클리트의 단일층	1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78			

[표 2] 주위의 대기온도가 30℃ 이외인 경우의 보정계수(기중케이블 : (C_θ))

주위 온도 [℃]	절연체	
	PVC	XLPE 또는 EPR
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71

4. 전압강하

전선에 전류가 흐르게 되면, 전선의 임피던스로 인하여 전원측 전압보다 부하측 전압이 낮아진다. 이것을 전압강하라 한다. 교류회로에서 정상상태의 경우 1상당의 전압강하는 식 (3)과 같이 간략하게 나타낼 수 있다.

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (3)$$

식 (3)에서 (Rcosθ + Xsinθ)는 전선의 굵기, 간격, 부하 역률에 따라 정해진다.

전기설비기술기준에 의해서 간선 및 분기회로에 각각 표준전압의 2% 이하로 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 또한 최원단의 부하에 이르는 전선의 길이가 60 m를 초과하는 경우는 다음 표에 준한다.

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

■ 전압강하 계산 공식

건축전기설비의 교류회로에서의 배선 도체저항은 표피효과, 근접효과에 따라 직류 저항치보다 증가하지 만 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.

㉠ 단상 2선식 : $e = \frac{35.6LI}{1000A}$ ㉡ 3상 3선식 : $e = \frac{30.8LI}{1000A}$ ㉢ 3상 4선식 : $e = \frac{17.8LI}{1000A}$

여기서, L : 거리, I : 정격전류, A : 케이블의 굵기

5. 간선의 기계적 강도

케이블이나 버스 덕트에는 충전시에 열신축, 지진시, 단락시에 기계적 응력이 강해진다. 때문에 기계적 응력이 어느 정도 되는가를 예측해서 케이블의 종류 부설방식을 선정한다.

- 단락의 경우 : 열적 용량, 단락 전자력, 3심 케이블의 단락 기계력
- 신축 : 케이블에 전류가 흐르면 도체는 발열하여 팽창계수에 따른 신축이 생긴다. 이현상은 케이블의 피복 마모, 접속부의 이완 등을 초래할 수 있으므로 익스팬션을 만든다.

6. 간선의 고조파 전류

고조파는 기본파 이외의 파형을 뜻하는 것으로, 고조파의 발생(UPS, CVCF, VVVF, 전기로, 아크로 등)은 여러 원인이 있으나 정보화기기의 사용으로 양질의 전기를 요구하게 됨과 동시에 고조파의 발생이 더욱 커지고 있으므로, 선로 용량 선정시 고조파전류를 고려하여야 한다.

예를 들면, 고조파를 함유하는 전류의 실효값은 식 (4)와 같이 계산한다.

$$I = \sqrt{\sum I_n^2} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots} \quad (4)$$

여기서, I_n : 각 차조파 전류의 실효값(전류 파형 최대값의 $\sqrt{2}$ 분의 1임)

예를 들면, 100 %의 기본파 전류에 30 %의 특정 차수인 고조파 전류를 함유하는 경우의 전류값은 104.4 %이며, 4.4 %가 왜형률이 된다.

7. 수용률

수용률은 수용장소의 총전기설비용량에 대한 최대수요전력의 비율을 나타내는 것이며, 보통 백분율로 표현한다. 내선규정 제205-8절에 의하면, “수용률, 역률 등이 명확한 경우에는 이것으로 적당히 수정하나 부하전류치 이상의 허용전류를 가지는 전선을 사용할 수 있다”라고 규정하고 있다.

그리고, 전등 및 소형전기기계기구의 용량 합계가 10kVA를 초과하는 것은 그 초과용량에 대하여 다음 표에서 정한 수용률을 적용할 수 있다.

건축물의 종류	수용률[%]
주택, 기숙사, 여관, 호텔, 병원, 창고	50
학교, 사무실, 은행	70

추가 검토 사항

☞ 공학을 잘 하는 사람은 수학적 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. 고조파에 대한 환산계수 적용방법

3상 4심 또는 5심 케이블의 전류용량은 오직 3개의 도체에 전부하가 걸린다고 가정한다. 고조파전류가 흐르게 되면 중성선의 전류는 상당한 값을 나타내고 심지어 상도체 전류보다 클 수도 있다. 이는 3상의 제3고조파전류는 서로 상쇄되지 않고 중성선에 합산된 크기로 흐르기 때문이다. 케이블의 전류용량에 영향을 미치는 보정계수를 k_3 로 적용한다. 더불어 만일 제3고조파전류의 크기(k_3)가 33% 이상이면 중성선의 전류가 상전류보다 커지게 되므로 중성선 전류를 기준으로 케이블의 크기를 결정해야 한다. 또한 상도체에 흐르는 고조파전류에 의한 가열효과도 고려해야 한다. 제3고조파전류에 의존하는 보정계수 k_3 의 값을 표 3에 나타내었다.

[표 3] 4심 또는 5심 케이블 고조파전류의 보정계수

상전류의 제3고조파 성분 %	환산 계수	
	상전류를 고려한 규격 결정	중성선 전류를 고려한 규격 결정
0 ~ 15	1.0	-
15 ~ 33	0.86	-
33 ~ 45	-	0.86
> 45	-	1.0

2. 내선규정 제3315절(배선설계)에서 규정하고 있는 사항 중에서 중성선에 대한 굵기

- 1) 간선의 중성선 부하 부담은 회로에 발생할 수 있는 최대불평형부하에 의하여 결정되어야 하며, 최대불평형부하는 중성선과 전압측 전선 간의 부하로 산출하여야 한다.
- 2) 전기방전등이나 데이터처리장치(Data Processing) 또는 이와 유사한 기구에 공급되는 전원이 3상 4선식 Y결선인 경우의 간선 중 중성선은 줄여서는 안된다. KEA

[참고문헌]

1. 김세동 외, 자가용전기설비설계, 동일출판사, pp. 101-115, 2010
2. 내선규정 제3315절(배선설계), 대한전기협회, 2010
3. 김세동, 이주철 외, 저압전선의 허용전류 관련 근거조사보고서, 대한전기협회, 2009