



# 승강편의시설설치에 대한 전기분야 설계기준 검토 ②

박 동 규  
건축전기설비기술사  
서울특별시건설안전본부 설비부  
E-mail : pedk@seoul.go.kr.



## 목 차

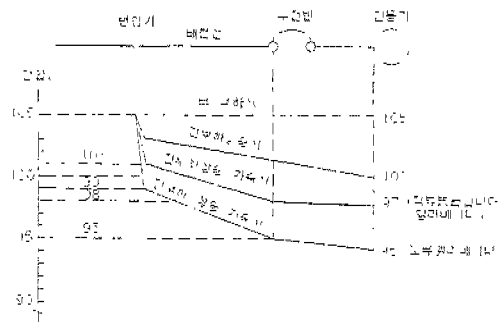
### II 본문

- 7. 전원의 허용전압강하 표준 (전압강하의 경제적 배분)
- 8. 사용전선(케이블)에 따른 선 계수(전압강하) K값 적용
- 9. 사용전선(케이블)에 대한 선로정수 산출 적용
- 10. 전력공급설비에 대한 단락전류 검토 적용
- 11. 승강편의시설용 차단기의 정격전류 및 차단용량 산출
- 12. 승강편의시설 보호용 접지선 산출방식

### 7. 전원의 허용전압강하 표준 (전압강하의 경제적 배분)

#### 가. 승강편의시설의 허용전압강하의 중요성

승강편의시설의 기계에너지 공급원인 유도전동기의 전압강하는 가능한 한 작은 것이 바람직하며, 또한 전압강하의 지속시간도 가능한 한 짧은 것이 바람직하다.



[그림 -2] 승강편의시설의 허용전압강하

나. 국내·외의 동력설비에 대한 허용전압강하비교

국명	일본	미국	영국	독일	한국	
자료출처	동력 전력 회사	내선 규정 National Electrical Code	Handbook of Interior Wiring Design	Regulations for Electrical Installations	Techishen Anschluß-bendungen :EVU	내선 규정
허용 전압 강하	간선 2[%] 분기 2[%] 회로 2[%]	3[%] 3[%]	5[%]	2[%]	3[%]	2[%] 2[%]
비고 (년)	1951 ~ 1964 1968 ~ 1978	2002	1937	1981	1971	1977 ~ 2000

[표-6] 국내·외 허용전압강하표(전동기회로)

다. 국내의 승강편의시설(반송설비)에 대한 전압강하

원인	가속전류에 의한 전압강하율		합계	비고
	변압기	전원선		
엘리베이터용 직류 또는 인버터	4[%]	3[%]	7[%]	
교류	5[%]	5[%]	10[%]	

[표-7] 승강기정격전압에 대한 가속시(전류)의 허용전압강하율<sup>13)</sup>

라. 이 경우 전 부하 가속전류는 직류 엘리베이터인 경우 정격전류의 약 2배이며, 교류엘리베이터의 경우 약 4배이므로 정격전류로 환산한 전압강하는 어느 것이나 약 1.3%이하로 하여야 한다.<sup>14)</sup>

8. 사용전선(케이블)에 따른 선 계수(전압강하) K 값 적용

가. 같은 굵기의 케이블이라도 1심용, 3심용, 압축도체, 비압축도체, 포설방식에 따라 임피던스 값이 제각기 달라지므로 사용자재에 대한 정확한 Data를 적용하여야 하며, 승강편의시설에 일반적으로 사용되는 자재 CV케이블 1심 비압축도체로 전선관내 포설에 따른 저감계수를 적용하여 케이블의 허용전류계산에 적용하고자 한다.

● 전선의 선(전압강하) 계수

$$K = \left( \frac{R \cos\phi + X \sin\phi}{R} \right)$$

여기서  $\phi$  : 코사인인 부하역률인 각이다.

$R(\Omega/km)$  : ohms로, 하나의 도체에 대한 회선 저항이다.

$X(\Omega/km)$  : ohms로, 하나의 도체에 대한 회선 감응 저항이다.

$\cos\phi$  : 10진법으로 된, 부하역률이다.

$\sin\phi$  : 10진법으로 된, 부하반응률이다.

항목	전선규격 (mm <sup>2</sup> )	5.5	8	14	22	38	60	100	비고
		CV전선 역률 90%	0.92	0.928	0.945	0.969	1.009	1.068	
CV전선 역률 80%	0.828	0.838	0.962	0.894	0.950	1.031	1.180	동양	
IV전선 역률 90%	0.928	0.942	0.955	0.988	1.049	1.106	1.248	(한국)	
IV전선 역률 80%	0.84	0.857	0.876	0.921	1.004	1.004	1.28	내선규정	

[표-8] 전선규격에 따른 선(전압강하)계수 K값 (600V CV케이블)<sup>15)</sup>

나. K값은 직류식은 역률 90%를, 교류식은 80%를 적용한다.

다만, 교류식으로 역률이 90%이상인 것은 90% 값을 적용한다.

9. 사용전선(케이블)에 대한 선로정수 산출 적용

승강편의시설은 일반적으로 교류 전원을 사용하기 때문에 전압강하 계산 문제에 있어서 도체의 굵기와 주파수 영향에 의한 표피효과 계수 및 포설간격에 의한 근접효과 계수를 적용한 선로 저항값과 리액턴스 값을 알아야 전압강하를 구할 수 있고 기준 전압강하에서의 최대포설 거리를 구할 수 있다.

가. 케이블 선로 저항

케이블의 선로 저항은 <전기설비 기술계산 핸드북>-기다리의 아래 식과 JCS 168E의 자료에 따라 KS C 3611-1993 [600V 가교폴리에틸렌 케이블] 자료를 이용 계산한다.<sup>16)</sup>

① 교류 도체 저항

$$\therefore r = r_0 \times k_1 \times k_2$$

13) 한국승강기안전관리원의 설계지침

14) 전기기술실무(사단법인 대한전기협회 발행)

15) 국내전선에 의한 선계수 k값과 일본자료 k값을 비교한 결과임 (선로 정수값은 제9장의 계산적용)

16) 전압강하를 고려한 저압간선의 설계 알고리즘(논문발췌)



여기서,

- $r_0$ : 20°C에서의 직류 최대 도체 저항 ( $\Omega/cm$ )
- $k_1$ : 최고 허용 온도의 도체 저항과 20°C에서의 도체 저항의 비
- $k_2$ : 교류 저항과 직류 저항의 비

② 직류 도체 저항 ( $\gamma_0$ )

$$\bullet r_0 = \frac{10^3}{58 \cdot A \cdot \eta_0} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \times 10^{-5} \text{ (}\Omega/cm\text{)}$$

여기서

- A: 도체 단면적(mm<sup>2</sup>)
- $\eta_0$ : 도체 도전율, 1.0
- $k_1$ : 소선 연입율 1.02
- $k_2$ : 분할 도체 및 다심 케이블의 집합 연입율 1.02
- $k_3$ : 압축성형에 따른 가공 경화 계수 1.01
- $k_4$ : 최대 도체 저항 계수 1.03

③  $k_1$ : 최고 허용 온도의 도체 저항과 20°C에서의 도체 저항의 비

$$\bullet k_1 = 1 + \alpha \cdot (T_1 - 20)$$

- 여기서 ·  $\alpha$ : 저항 온도 계수 (동도체인 경우 0.00393)  
·  $T_1$ : 도체 최고 허용 온도(°C)(CV도체 90°C)

④  $k_2$ : 교류 저항과 직류 저항의 비

$$\bullet k_2 = 1 + \lambda_s + \lambda_p$$

- 여기서 ·  $\lambda_s$ : 표피효과 계수  
·  $\lambda_p$ : 근접효과 계수

⑤ 교류도체 저항의 계산결과

cable SIZE	$\gamma$ 교류저항( $\Omega/90^\circ\text{C}$ )	$\gamma_0$ 직류도체저항	$k_1$ 직류저항비	$k_2$ 교류저항비
22mm <sup>2</sup>	10185	0.824	12358	10002024
60mm <sup>2</sup>	0.3751	0.303	12358	1001787
100mm <sup>2</sup>	0.2236	0.180	12358	1005272

- 통상 전선 및 단심케이블인 경우에는 표피효과 계수만을 고려하면 되며, 다심 케이블인 경우는 도체상호의 거리가 접근하여 있기 때문에 양측 계수를 합한 것이 된다
- 그러나  $k_2$ 의 값은 도체 굵기 100mm 미만에서는  $\lambda_s$ 와  $\lambda_p$ 가 매우 작아지므로  $k_2=1$ 로 할 수 있다.

나. 케이블 리액턴스

케이블의 길이가 비교적 짧으므로 커패시턴스에 따른 케이블의 전압강하는 고려하지 않는다. 유도성 리액턴스는 케이블의 배선은 배관(전선관)내 배선이므로 정삼각 구조배열로 가정하여 다음식에 의해 구한다.

- 정삼각 구조 배열일 경우의 케이블 리액턴스 계산식

$$\bullet X_L = 4\pi f \times 10^{-4} \times 1n \frac{D}{r} \text{ (}\Omega/km\text{)}$$

여기서,

- f: 주파수, 60Hz
- D: 케이블 중심간 폭(mm)
- $\gamma$ :  $\gamma \cdot e^{-\frac{1}{4}}$
- r: 도체 반지름(mm)

다. 선로정수 계산결과

Cable SIZE	직류저항(Ro)	교류저항Rdc(90°C)	XL리액턴스	비 고
22mm <sup>2</sup>	0.824	10185	0.116	
60mm <sup>2</sup>	0.303	0.3751	0.1065	
100mm <sup>2</sup>	0.180	0.2236	0.1035	

[표-9] 600[V] CV 케이블에 대한 선로정수의 계산결과 값 (정삼각 배열일 때)

※ 따라서 선로정수 산출 결과값은 송강편의 시설의 동력간선 굵기 산출에 적용하는 전선의 선(전압강하) 계수 K값과 사용전선의 허용전류 용량선정 등에 활용한다.

10. 전력공급설비에 대한 단락전류 검토 적용

- 전기설비기술기준 제42조(과전류차단기용 퓨즈 등의 시설) 제⑥항 전압전로에 시설하는 과전류차단기는 이를 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다.
- 송강편의 시설에 대한 단락전류 검토  
전기회로에 단락사고가 발생하면 그 사고점을 향해 큰 전류가 흐른다. 사고 순간의 전류에는 교류분 이외에 직류분이 포함되어 있다.  
○ 대칭 단락전류 = 단락전류의 대칭성분/√2  
○ 비대칭 단락전류 = √(단락전류의 대칭성분<sup>2</sup> + (단락전류의 비대칭성분)<sup>2</sup>)  
또한, 직류분이 포함되는 비율을 비대칭계수라고 한다.

○ 비대칭계수 = 비대칭단락전류/대칭단락전류  
단락사고를 보호하는 차단기의 동작이 빠르면 빠를수록 직류분을 많이 포함한 단락전류를 차단하게 된다.

가. 단락전류 계산방법[ %임피던스법 산출]<sup>17)</sup>  
[최근 - P.U법 또는 단락전류계산 프로그램에 의한 계산결과치 적용]

나. 단락전류 계산 기본조건  
1) 1,000kVA 기준 환산값

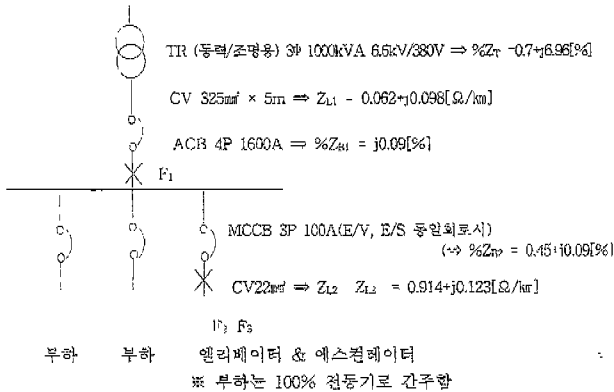
기준전압Vn	기준전류 In	기준임피던스(10당%Z) %Z
0.38[V]	$\frac{P_n [kVA]}{\sqrt{3} \times V_n [kV]} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.38} = 1.51 [A]$	$\frac{P_n [kVA] \times Z_n [\%]}{10 \times V_n [kV]} = \frac{10 \times 1}{10 \times 0.38} = 0.263$

2) CUBICLE내의 BUS, DUCT 등은 저압단락전류 계산조건이 간이식으로 적용치 않았다.

17)승강편의시설 기본 및 실시설계용역 보고서 (서울시 지하철건설본부 발췌)

다. 계통 구성도

1) FROM 고압배전용 TR



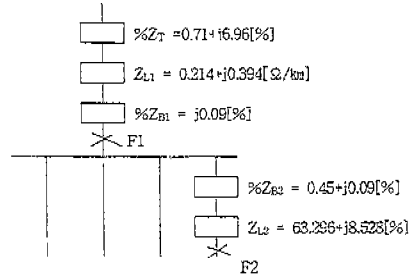
2) 계산예시(E/V 및 E/S 병렬부하로의 계산-생략)

3) 적용거리:

- 저압 전동기용(엘리베이터) 분기반까지의 거리 = 100m
- 저압 전동기용(에스컬레이터) 분기반까지의 거리 = 200m

라. IMPEDANCE MAP

1) 계통도



2) 각 %임피던스를 기준 BASE로 환산후 %임피던스 합성하면(세부계산 방식 생략)

가) F<sub>1</sub>점의 종합 임피던스

$$\%Z_{F1} = \%Z_T + \%Z_{L1} + \%Z_{B1} = 7.5 [\%]$$

나) F<sub>2</sub>점의 종합 임피던스 (E/S 및 E/V 부하 병렬고려시)

$$\%Z_{F2} = \left( \frac{1}{\%Z_T + \%Z_{L1} + \%Z_{B1} + \%Z_{L2}} + \frac{1}{\%Z_{B2}} \right) - \%Z_{L2} = 63.88 [\%]$$

다) F<sub>3</sub>점의 종합 임피던스 (E/S 및 E/V 부하 병렬고려시)

$$\%Z_{F3} = \left( \frac{1}{\%Z_T + \%Z_{L1} + \%Z_{B1} + \%Z_{L2}} + \frac{1}{\%Z_{B2}} \right) - \%Z_{L2} = 127.75 [\%]$$

3) 단락전류 계산 및 차단기 용량 결정

가) F<sub>1</sub>점의 단락전류

● 대칭분 단락전류:

$$I_{S1} = \frac{100 \times I_n}{\%Z_{F1}} [A] = \frac{100 \times 1.519}{7.5} = 20,253 [A]$$

대칭분 단락전류는 20,253[A]이며,

○ 전동기로부터 단락전류 유입량을 변압기 2차 정격전류의 4배로 계산하면

$$I_M = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.38} \times 4 = 6,077 [A]$$

따라서 간선용 주차단기의 차단용량은

$$\therefore I_{SUM} = 20,253 + 6,077 = 26,330 [A]$$

따라서 ACB 380V급 26.33kA이상의 것으로 표준품 기중차단기 정격전류

1600A 정격차단전류 50[kA]을 선정한다.

나) F<sub>2</sub>점의 단락전류

$$I_{S2} = \frac{100 \times I_n}{\%Z_{F2}} [A] = \frac{100 \times 1.519}{63.88} = 2,378 [A]$$

∴ 대칭분 단락전류는 2,378[A]이며,

단락역율에 의해

$$\cos \phi = \frac{\%R}{\%Z} = \frac{63.33}{8.339} \approx 7.5$$



- 아래의 비대칭 단락전류 산출 표에 의거  
 $\alpha = 0, \beta = 0, v = 1.08$ 이므로
- 최대 비대칭 실효치 :  $I_{F(max)} = \alpha I_F = 0 \times 2,378 = 0 [A]$
- 3상평균 비대칭 실효치 :  $I_{F(average)} = \beta I_F = 0 \times 2,378 = 0 [A]$
- 최대 비대칭 순시치 :  $I_{F(max)} = \gamma I_F = 1.08 \times 2,378 = 2,568 [A]$
- 대칭분 단락전류 2,378[A], 비대칭분 단락전류 중 최대 값인 최대 비대칭 순시치인 합계 2,568[A]이며

∴  $I_{SM2} = 2,378 + 2,568 = 4,946 [A]$

따라서 MCCB 380V급 5[kA]이상의 것으로 표준품 배선용 차단기 정격전류 100A인 정격차단 용량 10[kA]을 선정한다.

다) F<sub>3</sub>점의 단락전류

⇒ 상기 나)항 F<sub>2</sub>점의 단락전류 계산방식으로 계산한 결과.

- $I_{SM3} = 1,189 + 1,284 = 2,473 [A]$
- MCCB 380V급 2.5[kA]이상의 것으로 표준품 배선용 차단기 정격전류 75A 정격차단전류 5[kA]를 선정한다.

11. 승강편의시설용 차단기의 정격전류 및 차단용량 산출

- 전기설비기술기준 제194조에의거 전동기의 과부하 보호장치설치기준
- 산업용 기계설비의 전기장치설치에 관한 기술기준(안)
- 한국산업표준규격 KSC/IEC 60364-433(과부하보호) 및 보호조건 적용
- 한국산업표준규격 KSC/IEC 60364-434(단락보호) 보호조건 적용

가. 수전반측(Panel Main) 과전류 차단기의 정격전류 산출 방법<sup>18)</sup>

- 1) 전기설비기술기준 제195조제1항제5호의 과전류 차단기설치에서 저압 옥내 간선에 전동기 등의 접속되는 경우에는 배선용 차단기 정격전류는 다음 식에 따라 계산한다.

- $I_b(A) \leq 3 \times I_{lm} + I_{lh}$
- $I_b(A) \leq 2.5 \times I_a$

여기서 ·  $I_a$  : 전선의 허용전류  
 ·  $I_{lm}$  : 전동기의 정격전류  
 ·  $I_{lh}$  : 다른 전기 사용 기계 기구의 정격전류

- 저압 옥내 간선의 허용 전류가 100A를 넘을 경우로서 그 값이 과전류 차단기의 표준 정격에 해당하지 아니할 경우에는 그 값에 가장 가까운 상위의 정격의 것을 포함한다.
- 2) 최대용량의 전동기용 분기 과전류 차단기 용량에 기타 전동기의 정격전류를 합한 값 이상의 용량을 가진 것으로 하여야 한다.

나. 부하측 과전류 차단기의 정격전류 산출 방법

- 어떠한 경우에도 다음의 관계가 성립되어야만 한다.

○  $I_b \leq I_n$  및  $I_b \leq L$

여기서  $I_b$  : 정상 전부하 전류(A)

$I_n$  : 과전류 보호장치의 정격전류 또는 설정치를 암페어로 표시한 것이고,

$L$  : 특정한 설치 조건하에 계속적인 작동을 위해 설치된 케이블의 실효 전류 용량을 암페어로 표시한 것이다.

- 과부하 보호용으로 과전류 보호장치를 설치한 경우<sup>19)</sup>

○  $I_b \leq I_n \leq I_y$  및  $I_b \leq 1.45 I_c$

여기서,  $I_n$  : 한시간 동안 지속될 경우 보호장치가 작동되는 최소전류를 암페어로 표시

$I_y$  : 과전류 차단기의 동작전류

$I_c$  : 회로도체의 연속허용전류

$I_n$  : 과전류 차단기의 정격전류 또는 설정값

18) 전력사용시설물 설비 및 설계(성안당)

19) 산업안전기준에 관한 규칙 한국산업규격(KS), 국제전기표준위원회(IEC 204-1), 유럽표준규격 CENBS 60204-1( '92, '93)의 자료를 참조

1) 과전류 차단기의 정격전류 계산식

●  $I_t(A) \geq K \times \{ (I_y \times N \times Y) + (I_c \times N) \}$

여기서 ·  $I_t$  : 승강기 전 부하 상승전류(A)

·  $Y$  : 수용률(표-1참조)

·  $N$  : 승강기 대수

·  $I_c$  : 제어전류(제어용 + 전등 등) (A)

·  $K$  : 1.5 (인버터 제어 기어드실 1.25, 기어레스식 1)

※ 단, 배선용 과전류 차단기의 정격  $\geq I_t$  이어야 한다.

2) 기동방식별 과전류 차단기의 Frame과 Trip용량은 다음 [표-10]에 의하여 선택한다.

정동기 용량(KW)	공급 전압(V)	규약 전류(A)	과전류차단기 최대정격	과전류차단기			비고
				Pole	Frame	Trip	
7.5	380	17.8	50	3	단류전 류산출 후에	50	직입기동
11	380	25.2	75	3	계산된 값용	50	Y-Δ기동 (1단계)
15	380	33.6	100	3		75	
22	380	48.3	100	3		100	Y-Δ기동 (2단계)

[표-10] 기동 방식별 분기 과전류 차단기 용량

※ 상기[표-10]의 과전류 차단기의 Frame용량 선정은 반드시 단락전류를 산출후 표준품으로 선정하여야 한다.

라. 단락전류에 의한 차단기 차단용량 검토20)

- 정격차단전류는 그 설치점에서의 추정단락전류보다 커야 한다.
- 제10장의 단락전류계산 결과 차단기의 정격차단용량 선정에 참조한다.
- 또한 회로의 어떤 점에서 발생하는 단락전류도 그 전선의 단시간 허용온도를 초과하기 전에 그 전류를 차단할 필요가 있다.

$$\therefore I_s = k \cdot \frac{A}{\sqrt{t}} [A]$$

여기서 t: 차단시간[s],

A: 단면적[mm<sup>2</sup>],

I<sub>s</sub>: 단락전류[rms]

k: 134(가교폴리에틸렌 절연한 구리전선)

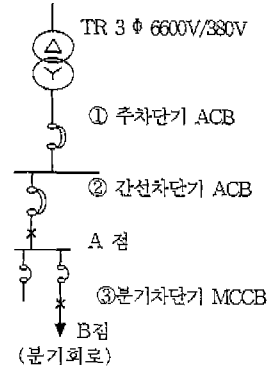
전로의 단락보호 구분	차단시간(초)	비고
배선용 차단기(MCCB)	0.05	차단시간 20~50ms
기동 차단기(ACB)	0.1	차단시간: 40ms 계전기 동작시간: 40ms

[표-11] 보호기기별 단락전류 지속시간 기준치

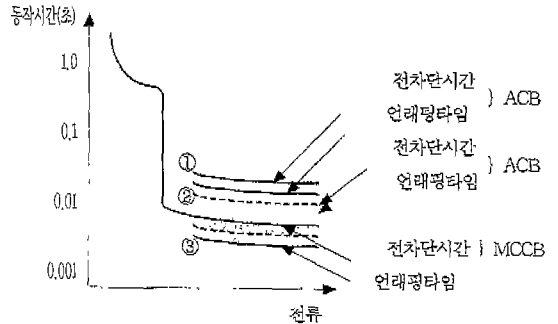
20) 한국산업표준 KSC/IEC 60364-434(단락보호)

마. 과부하 및 단락보호 협조

- 간선차단기와 분기차단기(MCCB와 ACB)의 협조



[그림3] ACB와 MCCB의 보호협조 회로



[그림4] ACB와 MCCB의 보호협조 곡선

- 위와 같은 후비보호는 ACB의 정격프레임과 비슷한 수준의 정격프레임을 갖는 MCCB의 조합에 한한다.(반드시 제조회사의 기술자료에 의할 것)

다음호에 계속됩니다.



지성을 소유하고 또 그렇다는 것을 아는 사람은  
그렇지 못한 열 사람에게 언제나 승리한다.

George Bernard Shaw (조지 버나드 쇼)  
영국 극작가, 1856-1950