

## 저압 간선의 설계기법에 관한 연구

(A Study on the Designed Method of Low Voltage Feeder)

조계술\* · 고만석 · 신강욱 · 원진희 · 최홍규

(KyeH-Sul Cho · Man-Suk Ko · Gang-Wook Shin · Jin-Hee Won · Hong-Kyu Choi)

### 요 약

본 연구는 저압간선의 굵기 산정에 있어서 체계적인 설계 흐름도를 분석하였고 Cable size별로 온도변화에 따른 직류 저항값 대비 교류 임피던스값의 변화에 대하여 전압강하를 고려한 간선의 선정기법을 제시하였다.

### 1. 서 론

사용하고자하는 전압이 낮을수록 전력운송 문제를 소홀히 다룰 수 없다. 최종적으로 사용되는 대부분의 부하가 저압인 만큼 신중을 기해 선정되어야 하는 것이 저압간선 설계이다. 부하의 종류와 환경여건에 따라서 간선의 포설 방법과 그에 따른 굵기의 변화가 요구된다.

간선 굵기의 결정은 간선의 허용전류, 거리에 따른 전압강하, 기계적 강도, 고조파 등의 요소에 의해 결정되며 특히 포설 방식에 따른 허용전류에 대한 문제는 도체에서 발생하는 열량과 절연체에서의 방출 열 저항 관계를 정밀 분석하지 않을 수 없다 또한 전압강하 문제에 있어서 온도상승에 따른 저항변화와 도체의 굵기와 주파수 영향에 의한 표피효과계수, 포설 간격에 의한 근접효과 계수의 적용여부에 따라서 임피던스 변화를 분석하였으며 이에 대한 설계 기법을 제시하였다.

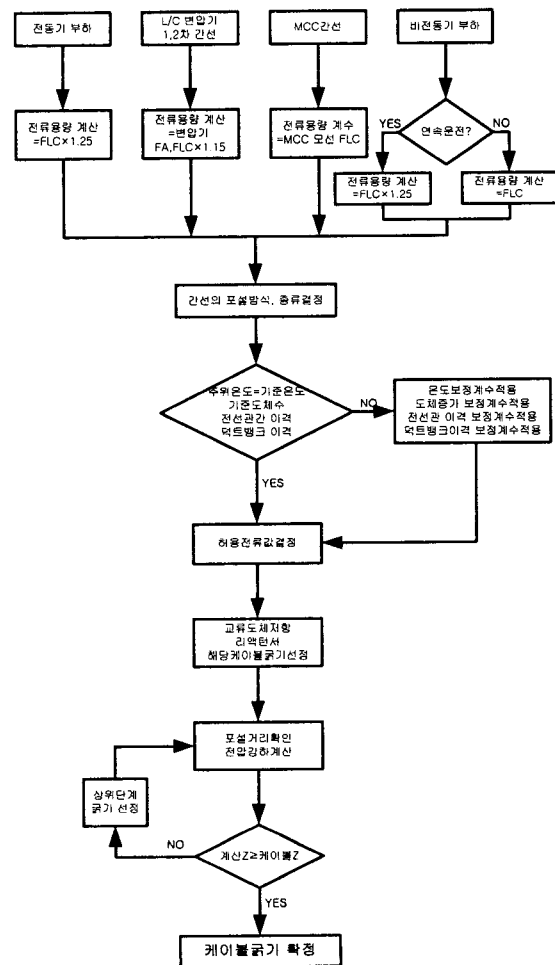
### 2. 본 론

#### 2-1 부하전류 산정

간선 굵기 산정에 앞서 우선 부하의 조사가 이루어져야 한다. 부하의 종류에 따라 여유율을 살펴보면 다음과 같다.

- 전동기 부하 : 전부하전류 × 1.25배
- 비전동기 부하 : 연속부하 × 1.25배
- : 비 연속부하 × 1.0배
- 변압기 1, 2차측 모선 : 전부하 전류 × 1.15배
- MCC 부하 : 전부하 전류 × 1.0배

보다 효율적인 간선 설계를 위해 다음과 같이 간선 굵기 선정의 흐름도를 제시하였다.



[그림 1] 간선굵기산정의 흐름도

2-2 간선의 종류와 포설방식 결정

부하의 특성과 주위 환경에 맞는 간선을 선택하여야 하며 포설 방식에 따라 방출 열 저항의 관계로 감소계수를 적용하여야 한다. 포설 방식에 대한 허용전류를 다음 [표2-1]에 제시하였다.

[표2-1] 600V 케이블의 허용 전류표

케이블		케이블 설치 조건별 최대 허용 전류 (A)						
사이즈	OPEN- TOP TRAY (RANDOM FILL 30% ,40℃)	노출 전선관 내 도체수 3이하, 40℃	지하덕트, 25℃					FREE AIR 40℃
			1회로	3회로	6회로	9회로	IEEE 835 page 31	
mm <sup>2</sup>	AWG /MCM	NEMA WC51 TABLE 3-3	IEEE 835 page 29	IEEE 835 page 1	IEEE 835 page 3	IEEE 835 page 5	IEEE 835 page 7	IEEE 835 page 31
3.5	-	10	29	35	32	28	26	37
5.26	10	14	37	45	40	35	32	48
5.5	-	15	38	46	41	36	33	49
8.0	-	23	48	58	51	45	40	64
8.37	8	24	49	60	53	46	41	66
13.30	6	34	65	78	69	59	53	89
14	-	35	67	80	71	61	54	92
21.15	4	49	85	103	90	76	68	120
22	-	51	87	105	92	77	69	123
33.62	2	75	112	136	117	98	88	162
38	-	85	121	148	126	105	94	178
42.41	1	95	131	160	136	112	100	195
53.49	1/0	115	151	184	155	128	113	226
60	-	127	161	197	165	136	120	244
67.43	2/0	140	173	211	176	145	128	264
85.01	3/0	140	207	242	201	164	145	308
100	-	162	228	266	220	179	157	342
107.20	4/0	172	238	278	229	186	163	359
127.00	250	214	266	309	253	204	179	405
150	-	247	294	341	277	222	195	452
152.00	300	-	296	344	279	224	196	456
177.00	350	285	324	376	303	243	212	504
200	-	316	348	403	323	258	225	545
203.00	400	-	351	406	326	260	227	550
250	-	383	395	457	364	288	251	629
253.00	500	387	398	460	366	290	252	634
303.60	600	-	460	509	402	316	276	714
325	-	488	476	526	415	325	284	742
380.00	750	565	517	570	447	349	303	815
400	-	590	529	583	456	356	309	837
500	-	715	591	647	500	390	338	949
507.00	1000	724	595	651	503	392	340	957

2-3 케이블 보정계수(Derating Factor)

케이블의 전류용량은 아래의 조건들에 의해 영향을 받으므로 각 케이블 설치상태에 따라 적정 보정 계수(Derating-Factor)에 의하여 보정을 한다.

- 주위 온도
- 도체 온도
- 케이블 또는 RACEWAY 배열상태
- 전선관 또는 전선관 내의 케이블 설치수량
- 덕트간 이격 거리

가. 주위온도 보정계수

[표2-2] 주위온도에 따른 케이블의 보정계수  
(도체 온도 90℃ 기준)

케이블 설치방법	대상케이블	주위온도				참고자료
		25	30	40	50	
Open Top Tray	전 규격	1.14	1.09	1.00	0.90	- 25℃는 note 참조 - 그 외는 NEMA WC51-1986 참조
노출전선관	전 규격	-	-	1.00	0.89	
지하덕트 또는 매입전선관	전 규격	1.0	0.96	0.88	0.78	

\* NOTE  
노출 전선관 및 지하 덕트에 설치하는 경우  
IEEE 835-1994 3.4.1항의 다음 계산식에 따라 계산한다.

$$\text{보정계수} = \sqrt{\frac{T_c - T_a'}{T_c - T_a}}$$

여기서,

- Ta : 기준 주변 온도 (℃)
- Ta' : 실제 주변 온도 (℃)
- Tc : 용량 TABLE에서 적용된 도체 최대 온도 (℃)

나. 도체온도 보정계수

[표2-3] 도체온도에 따른 케이블의 보정계수  
(도체 온도 90℃ 기준)

케이블 설치방법	대 상 케이블	도체온도						참고자료
		60℃	70℃	75℃	85℃	90℃	125℃	
OPEN TOP TRAY	전규격	0.66	0.80	0.86	0.95	1.00	1.24	NEMA- WC51-1986
노출 전선관	전규격	0.66	0.80	0.86	0.95	1.00	1.24	
지하덕트 또는 매입전선관	전규격	0.77	0.86	0.90	0.97	1.00	1.18	NOTE 참조

\* NOTE  
노출 전선관 및 지하 덕트에 설치하는 경우  
IEEE 835-1994 3.4.2항의 다음 계산식에 따라 계산한다.

$$\text{보정계수} = \sqrt{\frac{T_c' - T_a - \Delta T_d'}{T_c - T_a - \Delta T_d}} \times \frac{\tau_c + T_c}{\tau_c + T_c'}$$

여기서,

- Ta : 기준 주변 온도 (℃)
- Tc : 용량 TABLE에서 적용된 도체 최대 온도 (℃)
- ΔTd : 유전체 손실에 의한 온도상승 (℃)
- Tc' : 도체 새로운 최대 온도 (℃)
- ΔTd' : 유전체 손실에 의한 새로운 온도상승 (℃)
- τc : 도체 저항 온도계수의 역수 - 동의 경우 2345 단, ΔTd 및 ΔTd'는 값이 매우 작기 때문에 0을 적용함.

**다. 케이블 트레이에 설치시 GROUPING FACTOR**

케이블 트레이에 설치시 케이블의 이격거리에 따라 다음의 보정계수를 적용한다. 단, 이격거리가 한 개의 케이블 직경보다 크게 유지되면 보정계수는 1.0 이다.

[표2-4] 이격거리 유지시 GROUPING FACTOR

( $\frac{1}{4} \leq$  [케이블간 이격거리]  $\leq$  1 케이블 직경)

Number Vertically	Number Horizontally					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.94	0.91	0.88	0.87	0.86
2	0.92	0.84	0.84	0.81	0.80	0.79
3	0.85	0.81	0.78	0.76	0.75	0.74
4	0.82	0.78	0.74	0.73	0.72	0.72
5	0.80	0.76	0.72	0.71	0.70	0.70
6	0.79	0.75	0.71	0.70	0.69	0.68

[표2-5] 이격거리 비 유지시 트레이내 도체 수에 따른 보정계수

Total Number of Conductors	Factor
3	1.00
4-6	0.80
7-9	0.70
10-24*	0.70
25-42*	0.60
43-and up*	0.50

(ICEA P-46-426.)

\* These factors include the effects of load diversity.

**라. 노출전선관 내에 설치시의 GROUPING- FACTOR**

전선관의 이격거리가 [ $\frac{1}{4}$ 전선관 직경]  $\leq$  [전선관간 이격거리]  $\leq$  [1 전선관 직경]인 경우는 GROUPING FACTOR를 적용하고, 전선관 이격거리가 [ $\frac{1}{4}$ 전선관 직경] 이내일 때는 전선관내 도체수에 따른 보정계수를 적용한다. 단, 이격거리가 한 개의 전선관 직경보다 크게 유지되면 보정계수는 1.0이다.

[표2-6] 이격거리 유지시 GROUPING FACTOR

( $\frac{1}{4} \leq$  [전선관간 이격거리]  $\leq$  1 전선관 직경)

Number Vertically	Number Horizontally					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61

(ICEA P-46-426.)

[표2-7] 이격거리 비 유지시 전선관내 도체수에 따른 보정계수

Number of Current Carrying Conductors	Percent Values in Tables as Adjusted for Ambient Temperature if Necessary(%)
4 ~ 6	80
7 ~ 9	70
10 ~ 20	50
21 ~ 30	45
31 ~ 40	40
41 이상	35

(NEC HANDBOOK-1996 Article 310-15)

**마. 지하덕트에 설치시의 보정계수**

두 개의 덕트뱅크를 병렬로 설치할 경우에는 덕트뱅크간 이격 거리에 따라 보정계수를 적용하여야 한다.

[표2-8] 병렬로 설치된 덕트간 이격거리에 따른 보정계수

덕트뱅크간 이격거리[mm]	보정계수
1,525	0.95
1,220	0.94
915	0.91
610	0.87
305	0.79

(Bechtel Design Guide E2.6.4)

**2-4 허용전류 산정기준**

**가. 온도기준**

[표2-9] 온도기준

도체 온도	정상시, 최고	90 °C	
	단락시, 최고	250 °C	
주 위 온 도	OPEN TOP TRAY	40 °C	IEEE 835에 따름
	OPEN TOP TRAY		
	지 하 매 입 매 입 전 선 관	25 °C	

나. 각 부하의 부하율을 100%로 적용하였다.

다. 흠의 Thermal Resistivity(RHO)는 90°C · cm/W를 적용한다.

라. Tray 내 케이블 설치 깊이

- Tray 깊이 : 100mm
- Random % Fill : 30%
- NEMA WC51-1987에 따르면  
Calculated Depth, mm

$$= \frac{n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots + n_n d_n^2}{w} \text{이다.}$$

또한 트레이내 케이블의 단면적은 다음과 같다.

[트레이 내 케이블 단면적]

$$= [Random Fill] \times D \times w$$

$$= (n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots + n_n d_n^2) \times \frac{\pi}{4}$$

여기서,

d1, d2, ..., dn : 케이블 지름 [mm]

n1, n2, ..., nn : 각 케이블의 수

w : 트레이의 폭 [mm],

D : 트레이의 깊이 [mm]

따라서, Calculated Depth

$$= \frac{[TRAY \text{ 깊이}] \times [Random Fill]}{\frac{\pi}{4}} \text{ [mm]}$$

$$= \frac{100 \times 0.3}{\frac{\pi}{4}} = 38.2 \text{ mm (=1.5")}$$

### 2-5 허용전류값 결정

케이블의 선로저항은 『전기설비 기술계산 핸드북』 -“기다리”의 아래 식과 JCS 168E의 자료에 따라 KS C 3611-1993[600V 폴리에틸렌 케이블] [부표 1]의 케이블 자료를 이용하였으며, 이 결과는 “EXCEL” 프로그램을 이용하여 계산되었다.

[표2-10] 최대온도에 대한 직류저항대비 교류임피던스 값

CV / XLPE three conductor KS C 3611

전선 규격	R/X변화	직류저항 [Ω/20℃]	교류 임피던스(60Hz) [Ω/km / 20℃]				교류임피던스(60Hz) [Ω/km / 90℃]			
			R	X	Z	cosθ	R	X	Z	cosθ
2.0 [mm²]	9.42	9.42	0.2075	9.4222	0.99	12.011	0.2075	12.013	0.99	
3.5 [mm²]	5.3	5.3	0.1955	5.3036	0.99	6.7580	0.1956	6.7589	0.99	
5.5 [mm²]	3.4	3.4	0.1899	3.4053	0.99	4.3353	0.1896	4.3367	0.99	
8(C) [mm²]	2.34	2.34	0.1854	2.3473	0.99	2.9837	0.1859	2.9856	0.99	
14(C) [mm²]	1.34	1.34	0.1752	1.3514	0.99	1.7086	0.1753	1.7115	0.99	
22(C) [mm²]	0.849	0.849	0.1721	0.8662	0.98	1.0825	0.1725	1.0870	0.99	
38(C) [mm²]	0.491	0.4915	0.1639	0.5181	0.94	0.6260	0.1645	0.6328	0.98	
60(C) [mm²]	0.311	0.3114	0.1618	0.3509	0.88	0.3976	0.1621	0.4082	0.97	
100(C) [mm²]	0.187	0.1877	0.1618	0.2478	0.75	0.2397	0.1628	0.2570	0.93	
150(C) [mm²]	0.124	0.1252	0.1571	0.2009	0.62	0.1602	0.1582	0.1834	0.87	
200(C) [mm²]	0.0933	0.0949	0.1582	0.1845	0.51	0.1215	0.1595	0.1516	0.80	
250(C) [mm²]	0.0754	0.0774	0.1552	0.1735	0.44	0.0996	0.1587	0.1334	0.74	
325(C) [mm²]	0.0579	0.0605	0.1538	0.1653	0.36	0.0783	0.1567	0.1169	0.67	

표 2-10, 2-11, 2-12는 선로정수로서 “EXCEL” 프로그램에 의해서 계산된 결과 값이다.

[표2-11] 최대온도에 대한 직류저항대비 교류임피던스 값

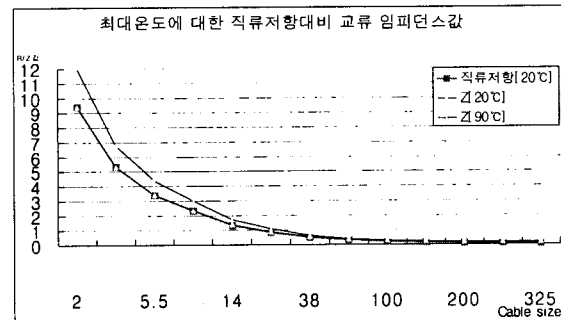
CV / XLPE single conductor(3각배치) KS C 3611

전선 규격	R/X변화	직류저항 [Ω/20℃]	교류 임피던스(60Hz) [Ω/km / 20℃]				교류임피던스(60Hz) [Ω/km / 90℃]			
			R	X	Z	cosθ	R	X	Z	cosθ
2.0 [mm²]	9.42	9.42	0.1667	9.2415	0.99	11.781	0.1667	11.783	0.99	
3.5 [mm²]	5.3	5.2	0.1518	5.2022	0.99	6.6305	0.1518	6.6322	0.99	
5.5 [mm²]	3.4	3.33	0.1450	3.3331	0.99	4.2460	0.1450	4.2485	0.99	
8(C) [mm²]	2.34	2.9199	0.1393	2.9233	0.99	2.9199	0.139	2.9233	0.99	
14(C) [mm²]	1.34	1.6703	0.1283	1.6753	0.99	1.6703	0.1283	1.6753	0.99	
22(C) [mm²]	0.849	1.0608	0.1233	1.0680	0.99	1.0608	0.1233	1.0680	0.99	
38(C) [mm²]	0.491	0.6133	0.1146	0.6239	0.98	0.6133	0.1146	0.6239	0.98	
60(C) [mm²]	0.311	0.3897	0.1096	0.4048	0.96	0.3897	0.1096	0.4048	0.96	
100(C) [mm²]	0.187	0.2343	0.1057	0.2571	0.91	0.2343	0.1057	0.2571	0.91	
150(C) [mm²]	0.124	0.1573	0.1015	0.1872	0.84	0.1573	0.1015	0.1872	0.84	
200(C) [mm²]	0.0933	0.1188	0.1031	0.1573	0.75	0.1188	0.1031	0.1573	0.75	
250(C) [mm²]	0.0754	0.0970	0.1003	0.1396	0.69	0.0970	0.1003	0.1396	0.69	
325(C) [mm²]	0.0579	0.0615	0.098	0.1157	0.53	0.0763	0.098	0.1242	0.61	

[표2-12] 최대온도에 대한 직류저항대비 교류임피던스 값

CV / XLPE single conductor(병행배치) KS C 3611

전선 규격	R/X변화	직류저항 [Ω/20℃]	교류 임피던스(60Hz) [Ω/km / 20℃]				교류임피던스(60Hz) [Ω/km / 90℃]			
			R	X	Z	cosθ	R	X	Z	cosθ
2.0 [mm²]	9.42	9.24	0.1841	9.2418	0.99	11.781	0.1841	11.7833	0.99	
3.5 [mm²]	5.3	5.2	0.1692	5.2027	0.99	6.6305	0.1692	6.6326	0.99	
5.5 [mm²]	3.4	3.33	0.1624	3.3339	0.99	4.2460	0.1624	4.2491	0.99	
8(C) [mm²]	2.34	2.9199	0.1567	2.9241	0.99	2.9199	0.1567	2.9241	0.99	
14(C) [mm²]	1.34	1.6703	0.1457	1.6767	0.99	1.6703	0.1457	1.6767	0.99	
22(C) [mm²]	0.849	1.0608	0.1407	1.0701	0.99	1.0608	0.1407	1.0701	0.99	
38(C) [mm²]	0.491	0.6133	0.1320	0.6273	0.97	0.6133	0.1320	0.6273	0.97	
60(C) [mm²]	0.311	0.3897	0.1270	0.4099	0.95	0.3897	0.1270	0.4099	0.95	
100(C) [mm²]	0.187	0.2343	0.1231	0.2647	0.88	0.2343	0.1231	0.2647	0.88	
150(C) [mm²]	0.124	0.1573	0.1189	0.1972	0.79	0.1573	0.1189	0.1972	0.79	
200(C) [mm²]	0.0933	0.1188	0.1205	0.1692	0.70	0.1188	0.1205	0.1692	0.70	
250(C) [mm²]	0.0754	0.0970	0.1177	0.1526	0.63	0.0970	0.1177	0.1526	0.63	
325(C) [mm²]	0.0579	0.0615	0.1154	0.1308	0.47	0.0763	0.1154	0.1383	0.55	



[그림2] CV케이블의 저항대비 임피던스 비교

[표2-13] 교류도체 실효저항값 계산 결과표

입력값	$r_0$ [ $\Omega/cm \cdot 20^\circ C$ ]	동 / 알루미늄	사용온도 [ $^\circ C$ ]	도체 외경	분할구분	도체 중심간폭	주파수
	0.0000012	동	90	14.7	비분할	18.7	60[Hz]
출력값	$r =$		1.60281E-06 [ $\Omega/cm$ ]			0.160281122E-06 [ $\Omega/km$ ]	도체 크기 150C
$r =$	사용온도에서의 교류도체 실효저항 $r=r_0 \times k_1 \times k_2$				=		1.603E-06
$r_0 =$	20[ $^\circ C$ ]에서의 직류최대 도체저항 [ $\Omega/cm$ ]				=		1.24E-06
	사용온도에서 도체저항과 20[ $^\circ C$ ] 도체저항비				=		1.2751
$k_1 =$	$k_1 = 1 + a(T1 - 20)$				=		0.00393
	여기서 a는 저항온도계수로서	동	0.00393	선택			
		알루미늄	0.00403	동			
$T1 =$	사용온도 [ $^\circ C$ ]				=		90
$k_2 =$	교류저항과 직류저항비				=		1.0137163
	$k_2 = 1 + \lambda_s + \lambda_p$				=		
	$\lambda_s = F(X)$ (표피효과계수)		0.9[종]		=		0.005
			8[횡]		=		
	$X = \sqrt{\frac{8 \pi f \mu_s \cdot K_{SI}}{r_0 k_1 \times 10^9}}$				=		0.9765907
	$K_{SI} =$		비분할	1			
			4분할	0.44			
			6분할	0.39			
	$\lambda_p =$ 근접효과계수				=		0.0087163
	$\lambda_p = \frac{\frac{3}{2} (\frac{d_1}{s})^2 G(X)}{1 - \frac{5}{24} (\frac{d_1}{s})^2 H(X)}$				=		
$d_1 =$	도체외경				=		14.7
$s =$	도체중심간폭				=		18.7
$X' =$	$\sqrt{0.8X}$				=		0.8734893
종축	0.8[종] F(X)				=		0.003
횡축	8 [횡] G(X)				=		0.009
	$H(X') = \frac{F(X')}{G(X')}$				=		0.3333333

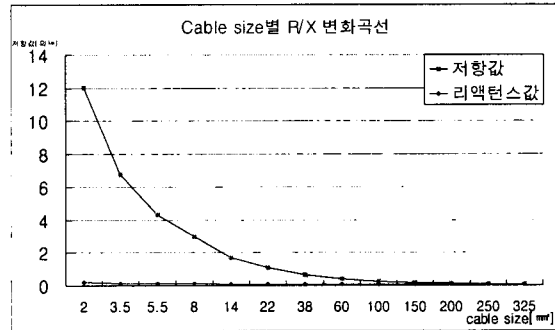
[표2-14] 교류도체 리액턴스값 계산 결과표 (3심 압축)

입력값	$r_0$ [ $\Omega/km \cdot 20^\circ C$ ]	동 / 알루미늄	사용온도 [ $^\circ C$ ]	도체 외경	분할구분	절연 외경	주파수
	1.24E-06 [ $\Omega/cm$ ]	동	90	14.7	비분할	18.7	60
출력값	C가 무시된 삼각 배치	$X =$	8.92556E-07 [ $\Omega/cm$ ]		0.08925565 [ $\Omega/km$ ]		도체 중심간폭
	C가 무시된 병행 배치	$X =$	1.06676E-06 [ $\Omega/cm$ ]		0.10667561 [ $\Omega/km$ ]		18.7
절연재료	유 침 지 (보 통 지)	3.7	가교폴리에틸렌	2.3	선 택 유전율	2.3	
유전율	유 침 지 (저 손질지)	3.4	에틸렌프로필렌고무	4.0	$D_{12}$	18.7	
	부 털 고 무	4.0	규 소 고 무	4.0	$D_{23}$	18.7	
	폴 리 에틸렌	2.3	P V C	7.0	$D_{31}$	37.4	
$X_L =$	$\omega L = 2\pi fL$				=		0.089 [ $\Omega/km$ ]
$L =$	$0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D_e}{r}$ [mH/km]				=		0.0002368 [H/km]

[표2-14] 교류도체 리액턴스값 계산 결과표 (병행배치)

$X_L = \omega L = 2\pi fL$	=	0.107 [ $\Omega/km$ ]
$L = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D_e}{r}$ [mH/km]	=	0.000283 [H/km]
여기서 $D_e = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$ 기하평균거리	=	23.560524

상기 “[표2-13] 교류도체 실효저항값계산 결과표”는 CV Cable 3C 압축도체를 기본으로 하여 프로그램을 실행시킨 결과이며 일부 계산되어지는 과정을 나타낸 것이다.



[그림 3] CABLE SIZE별 R/X 변화곡선

2-6 전압강하 계산

가. 계산식

$$V_D = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

나. 케이블 최대 허용 공장

$$L = \frac{V_D \times 1000}{k \cdot I \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta)}$$

여기서

L : 케이블의 최대 허용 공장 [m]

VD : 최대허용 전압강하 [V]

I : 부하전류[A],

R : 케이블의 선로저항 [ $\Omega/km$ ]

X : 케이블의 선로 리액턴스 [ $\Omega/km$ ]

$\cos \theta$  : 부하역율

k : 단상 또는 직류2선식 : 2

단상3선식, 3상4선식 : 1

삼상 3선식 :  $\sqrt{3}$

Z :  $(R \cos \theta + X \sin \theta)$

2-7 케이블 최소굵기 선정

IEC 949-1988에 따라 케이블의 단시간 허용 전류는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$I = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt{\ln \left[ \frac{\beta + T_{s2}}{\beta + T_{s1}} \right]}}{\sqrt{t}}$$

여기서,

I : 단시간 허용전류 (A)

t : 단락 전류 지속 시간 (sec)

K : 도체에 따른 상수로써 다음 식으로 계산 ( $As^{1/2}/mm^2$ )

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_c \cdot (\beta + 20) \times 10^{-12}}{\rho_{20}}}$$

- 동의 경우 : 226

S : 도체 단면적 ( $cm^2$ )

$\beta$  : 도체의 저항온도계수의 역수 ( $^{\circ}C$ ) - 동의 경우 : 234.5

$T_{s1}$  : 단락전의 도체온도 ( $^{\circ}C$ ) - 일반적으로 연속 허용 온도로 한다.

$T_{s2}$  : 단락시의 최고 허용온도 ( $^{\circ}C$ )

$\sigma_c$  : 20 $^{\circ}C$ 에서 도체의 체적 열용량 ( $J/^{\circ}C \cdot m^3$ )

- 동의 경우 :  $3.45 \times 10^6$

$\rho_{20}$  : 20 $^{\circ}C$ 에서 도체의 저항률 ( $\Omega \cdot m$ )

- 동의 경우 :  $1.7241 \times 10^{-8}$

위의 계산식에 따라 각 케이블 굵기 별로 단시간 허용 전류를 계산하면 아래 표와 같으며, 480V 계통의 단락 전류 용량 35kA 및 40kA를 만족하는 최소 케이블 굵기는 60 $mm^2$ 이다.

케이블굵기 [ $mm^2$ ]	단락 전 도체온도 [ $^{\circ}C$ ]	최 고 허용온도 [ $^{\circ}C$ ]	600V 케이블	
			단락 지속시간 [ms]	단시간 허용전류 [KA]
38	90	250	40	27.19
60	90	250	40	42.93
100	90	250	40	71.54
150	90	250	.	.
200	90	250	.	.

상기에서 제시된 『IEC 949-1988』의 계산식과는 달리 『전기설비 기술계산 핸드북』-“기다리”의 자료에는 “[표2-16] 단락전류 계산 예”에 명시된 계산공식이 서로 달리 표현한 점을 알수가 있다. 그러나 그 값은 표에서 나타낸바와 같이 근사하다.

여기에서 CV케이블의 최고 허용온도가 230 $^{\circ}C$ 가 아닌 250 $^{\circ}C$ 로 계산되었다.

[표2-16]은 “EXCEL”로 작성된 프로그램의 일부를 알기 쉽게 표현한 것이다.

[표2-16] 단락전류 계산예

입 력 값	도체구분 동/알루미늄	도체 굵기 [ $mm^2$ ]	도체실효 저 항 [ $\Omega/km-20$ $^{\circ}C$ ]	단락전류 지속시간 [SEC]	단 락 전 도체최고 허용온도 [ $^{\circ}C$ ]	단 락 시 도체최고 허용온도 [ $^{\circ}C$ ]	출력 값 [KA]
	동	60C	0.311	0.04	90	250	40.84
$I = \sqrt{\frac{IQA}{\alpha \gamma t_s} \ln \frac{\frac{1}{\alpha} - 20 + T_4}{\frac{1}{\alpha} - 20 + T_3}} = 40.843[A]$							
I : 단락시 허용전류				40.8431.1[A]	도체구분 :		동
Q : 도체의 단위체적당 열용량 [ $cal/^{\circ}C \cdot cm^3$ ]							
		동	0.81			0.81	
		알루미늄	0.59				
A : 도체단면적[ $cm^2$ ]				60[ $mm^2$ ]			0.6[ $cm^2$ ]
J : 열의 작업당량 = 4.186[W · sec/cal]							
$\alpha$ : 20 $^{\circ}C$ 에서의 도체저항의, 온도계수							
		동	0.00393			0.00393	
		알루미늄	0.00403				
$r_1$ : 20 $^{\circ}C$ 에서의 도체 실효저항				0.311[ $\Omega/km$ ]			0.00000311[ $\Omega/cm$ ]
$T_3$ : 단락전의 도체 최고 허용온도 [ $^{\circ}C$ ]					90		
$T_4$ : 단락시의 도체 최고 허용온도 [ $^{\circ}C$ ]					250		
$t_s$ : 단락전류의 지속시간 [sec]					0.04		2.4(cycle)

3. 결론

현재 국내 각 대학교 및 전문대학 과정에서 교육되고있는 간선설계 공식중에서 간이설계 계산식으로 3상 3선식의 경우 예를들면

$$e = \frac{30.8 \cdot L \cdot I}{1000 \cdot A} \text{의 공식이 있으며}$$

또한 국내 다수의 설계사무소에서 적용되고 있는 실정이나 이는 직류저항 20 $^{\circ}C$ 로 기준되고있는 연동선의 계산식이며 [표2-10,11,12]~[그림 2]에서 제시된바와 같이 직류저항대비 교류임피던스값이 온도에 따라 현저한 변화를 가져오므로 간이 계산법으로는 실제 위험한 상태로 설계되고 있다고 본다.

따라서 간이계산식으로는 교육 과정에서부터 배제 되어야 하며 본 논문에서 제시한 바와 같이 체계적이고 정확성있는 공식으로 계산될 수 있음을 기대한다.