

CASE 전력기술상담

각상별로 다수의 단심 케이블을 병렬로 사용할 경우 부하전류의 분배가 동일하지 않으므로 전류가 많이 흐르는 케이블이 과열되거나 심한 경우는 설계값의 30% 이상 부하를 걸 수 없는 경우도 발생하였다. 원인과 대책은 무엇인가?



⊗ 전 명 수 ⊗
 발송배전기술사
 ☎ 02) 563-6761

이 내용은 아래의 수용장소에서 발생했던 유사한 문제들로서 조치완료 또는 조치중인 내용중 일례를 분석하여 소개한다.

- 부여 조폐공사, 대전 대림빌딩, 신한제분, 대한칼소닉(주), 창운전기

1. 현 상

1) 부하전류 현황

최대부하 800kVA(2100A)를 사용하기 위한 설비를 위하여 320mm² CV 단심 케이블(605A) 4선을 각상으로 하여 12가닥을 그림과 같이 포설하였다. 그러나 228kW(역률 0.6, 전류 1000A)만 초과되면 과열되는 케이블이 있어 부하증가를 할 수 없다.

따라서 생산량을 증가시킬 수 없음은 물론이고 410kW(역률 0.6, 전류1800A)를 부담할 수 있다면 워밍업 하는데 3시간이면 가능할 것이 1000A 이상은 곤란하므로 워밍업에 소요되는 시간이 8시간 필요하

고, 공휴일에도 전열부하를 계속 가동하여야 하므로 필요없는 전력 낭비가 발생한다.

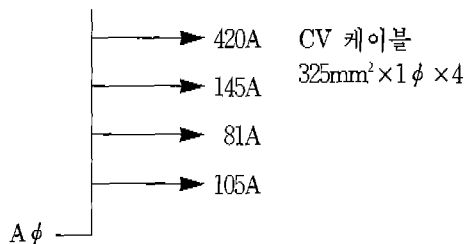
2) 역률관계

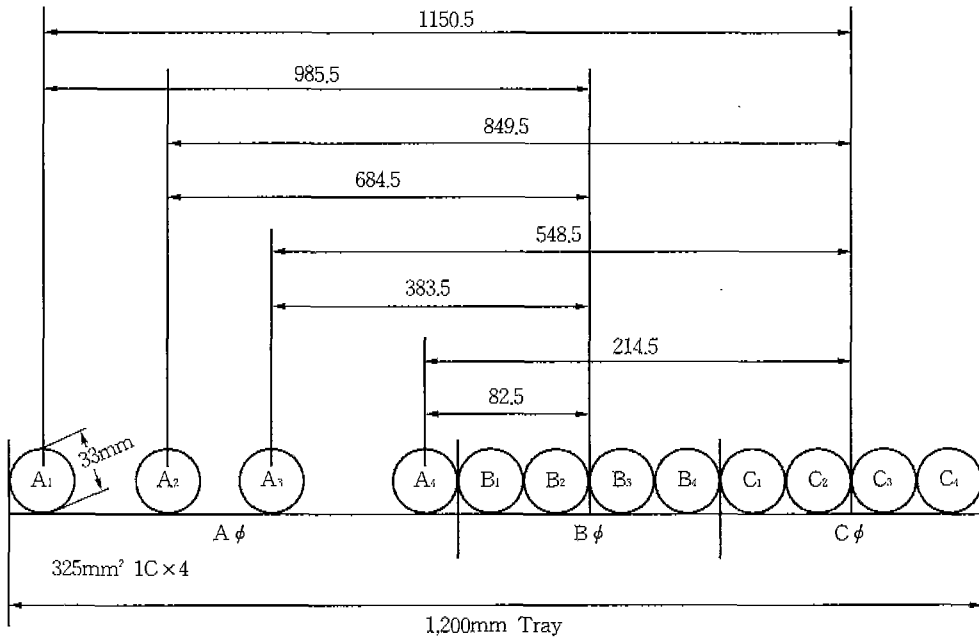
전체 부하의 90% 정도가 전열부하(역률 100%)임에도 전체 역률이 60% 정도였으며 일부 중간 케이블을 조정(연가)후 역률이 80%로 개선되고 전류 불평형도 개선된다.

3) 케이블 및 Tray 상황

- ① 사용 케이블
 CV 1φ 325mm²
 교류저항(교류 60Hz) 0.0746 Ω /km
- ② Tray 폭 1200mm
- ③ 케이블 길이 200m
- ④ Tray에 케이블 포설상태
 1200mm Tray위에 평형으로 다른 케이블과 혼합되어 가득히 포설된 상태이다.
 그림 1과 같이 포설된 것으로 가정한다.

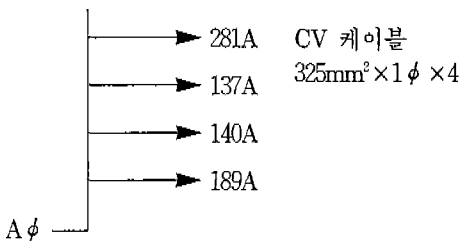
4) 전류 분포상태





<그림 1>

5) 일부분 중간에서 가능한 부분을 연가 조치후의 상태



2. 원 인

선로정수가 불평형 즉 인덕턴스가 불평형 되어 케이블의 임피던스[Z]가 각 케이블마다 심하게 차이가 나므로 Z가 큰 케이블은 전류가 적게 흐르고 Z가 적은 선은 많은 전류가 흐르며 뒤의 이론분석에서 알 수 있는 것과 같이 임피던스 Z값 중 유효성분(R)은 증가하고 반대로 무효성분(XL)은 감소하는 케이블에는 무효분 전류가 증가하게 되어 각 케이블마다 흐르는 전류의 위상이 다르게 되어 케이블 이용률이 저하함은 물론 전

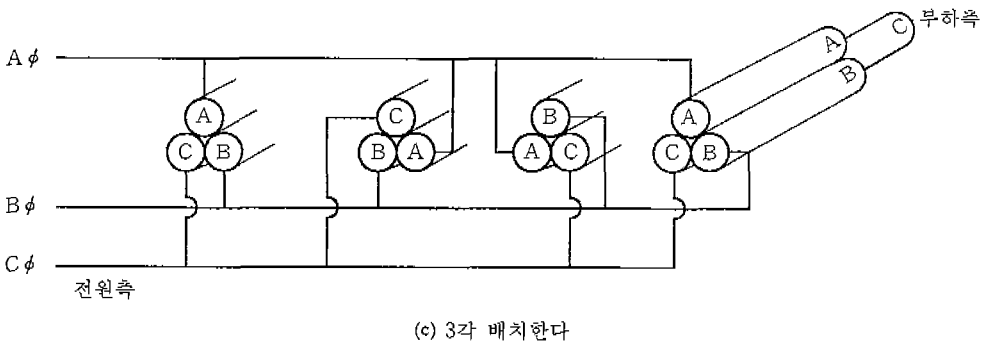
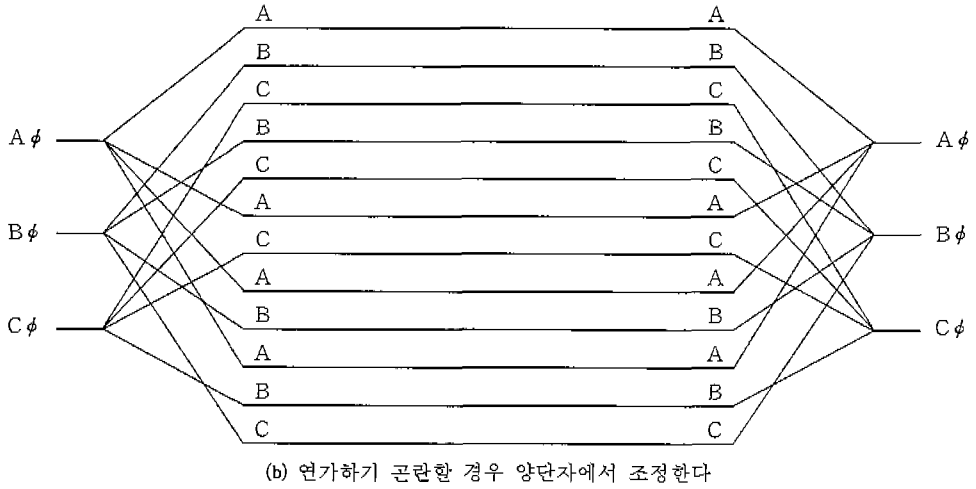
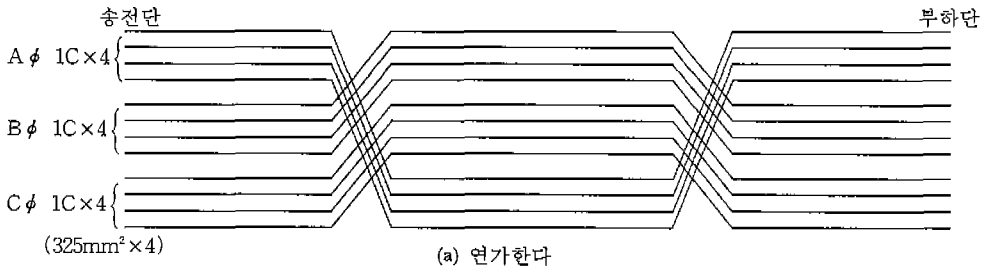
체 역률도 저하하며 선로의 전압강하와 전력손실이 증대된다.

또한 평형 부하를 걸어도 각 케이블당 공급전류는 불평형이 되게 된다. 이는 케이블 포설 위치가 상이하며 상호 인덕턴스 차이로 케이블의 임피던스가 심하게 불균형되므로 나타나게 되는 것이다.

3. 대 책

여러 가닥의 전선을 병렬로 하여 사용할 경우 각선의 임피던스를 동일하게 하여야 함은 물론 저항과 인덕턴스의 비율도 동일하게 하여야 한다. 따라서 다음 조건이 필요하다.

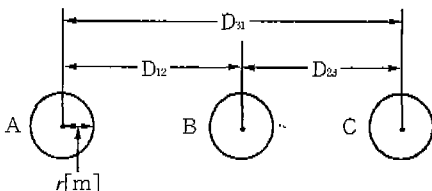
- 1) 동일 굵기의 케이블
- 2) 동일한 종류의 케이블
- 3) 동일한 길이
- 4) 작용 인덕턴스나 작용 용량이 평형(삼각 포설 및 연가 등)되도록 포설하여야 한다(그림 2).



<그림 2>

4. 이론적 배경

1) 전선의 평행 배치시 작용 용량



$$L_A = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{\sqrt{D_{12}D_{31}}}{r} - j\sqrt{3}$$

$$\times 0.23026 \log_{10} \frac{D_{31}}{D_{12}} [\text{mm/km}]$$

$$L_B = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{\sqrt{D_{12}D_{23}}}{r} [\text{mm/km}]$$

$$L_C = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{\sqrt{D_{23}D_{31}}}{r} + j\sqrt{3}$$

$$\times 0.23026 \log_{10} \frac{D_{31}}{D_{23}} [\text{mm/km}]$$

2) 임피던스의 계산

계산이 너무 복잡하므로 개념상으로만 문제를 이해하게 하고 대략값으로 계산한 것이며 실제 정확한 계산을 하려면 각 선별로 각각의 값을 계산해서 합산하여야 한다.

따라서 자기상 4선 사용중 계산되는 1선만 고려하였으며 나머지 3선은 없으므로 하고 나머지 2개상의 케이블도 4선 평형배치의 중앙에 1선이 배치된 것으로 계산한다.

물론 전류 분포도 4선이므로 1/4씩 분포되게 하고 계산해서 합산하여야 하나 위에 가정과 같이 계산되는 전선에 전류가 흐르는 것으로 가정한 것이다.

3) 그림 1에서 Aφ의 1, 2, 3, 4 도체의 작용용량 및 임피던스를 구한다(케이블 길이는 200m).

$$L_{A1} = 0.05 + 0.4605 \log \frac{\sqrt{1150.5 \times 985.5 \times 10^{-6}}}{16.5 \times 10^{-3}}$$

$$-j\sqrt{3} \times 0.23026 \log \frac{1150.5}{985.5}$$

$$= 0.8834 - j0.0268 [\text{mH/km}]$$

$$Z_{A1} = j\omega L_{A1} + R = \{j377(0.8834 - j0.0268) \times 10^{-3} + 0.0737\} \times 0.2$$

$$= 0.0167 + j0.0666 = 0.0687 [\Omega / 200\text{m}]$$

$$L_{A2} = 0.05 + 0.4605 \log \frac{\sqrt{849.5 \times 684.5 \times 10^{-6}}}{16.5 \times 10^{-3}}$$

$$-j\sqrt{3} \times 0.23026 \log \frac{849.5}{684.5}$$

$$= 0.8166 - j0.0374 [\text{mH/km}]$$

$$Z_{A2} = \{j377(0.8166 - j0.0374) \times 10^{-3}$$

$$+ 0.0737\} \times 0.2$$

$$= 0.0176 + j0.0616 = 0.0641 [\Omega / 200\text{m}]$$

$$L_{A3} = 0.05 + 0.4605 \log \frac{\sqrt{548.5 \times 383.5 \times 10^{-6}}}{16.5 \times 10^{-3}}$$

$$-j\sqrt{3} \times 0.23026 \log \frac{548.5}{383.5}$$

$$= 0.7152 - j0.0619 [\text{mH/km}]$$

$$Z_{A3} = \{j377(0.7152 - j0.0619) \times 10^{-3}$$

$$+ 0.0737\} \times 0.2$$

$$= 0.0194 + j0.0539 = 0.0573 [\Omega / 200\text{m}]$$

$$L_{A4} = 0.05 + 0.4605 \log \frac{\sqrt{214.5 \times 82.5 \times 10^{-6}}}{16.5 \times 10^{-3}}$$

$$-j\sqrt{3} \times 0.23026 \log \frac{214.5}{82.5}$$

$$= 0.4674 - j0.1655 [\text{mH/km}]$$

$$Z_{A4} = \{j377(0.4674 - j0.1655) \times 10^{-3}$$

$$+ 0.0737\} \times 0.2$$

$$= 0.0272 + j0.0352 = 0.0445 [\Omega / 200\text{m}]$$

계산결과에서 알 수 있듯이 1번 도체와 4번 도체와의 선로정수 불평형률은

$$r_0 = \frac{r_1}{r_4} = \frac{0.0272}{0.0167} = 1.629\text{배}$$

$$x_0 = \frac{x_1}{x_4} = \frac{0.0352}{0.0666} = 0.529\text{배}$$

$$z_0 = \frac{z_1}{z_4} = \frac{0.0445}{0.0687} = 0.648\text{배}$$

로 된다. 그러나 실제로는 동일 Tray에 포설된 다른 분기 케이블 및 생략한 자기선로(4 라인) 상호간 등에 의해 더 큰 불평형이 발생하게 된다.

그러나 정삼각 결선 및 연가가 되어 선로정수가 완전히 평형되면

$$L_{A\phi} = L_{B\phi} = L_{C\phi} = 0.05 + 0.4605 \log \frac{D}{r} \left[\frac{\text{mH}}{\text{km}} \right]$$

따라서,

$$Z_A(r_A + jx_A) = Z_B(r_B + jx_B) = Z_C(r_C + jx_C)$$

여기서,

r : 전선 반경[m]

D : 전선 중심간의 거리[m]

가 된다.

