

공동주택의 경제적인 간선설계에 관한 연구

(A Study on the Economic feeder design of Housing)

정회광·강민석·이익수

(Hoe-Kwang Jeoung · Min-Suk Kang · Ik-Soo Eo)

호남대학교 공과대학 전기공학과

요 약

본 논문은 공동주택의 간선설계에서 단계적으로 굵기가 다른 일단 급전방식과 균일하게 부하가 분포되어 있는 방식을 실제 사례를 통하여 비교·분석한 것이다. 그 결과 후자의 방식이 즉 지하층에서 지상층까지 같은 굵기로 시설하는 방식이 경제적인임을 알 수 있었다. 현재 사용되는 방식은 전압에 따른 상수를 적용하므로 전선의 종류에 따른 전압강하가 변하지 않는 문제를 가지고 있다.

1. 서 론

건축물의 발전으로 인한 주택과 APT 등이 대형화 및 고층화가 됨으로 인하여 건축물내의 모든 배관배선들이 입체적, 평면적으로 배치되어 지고 있다. 이로 인해 간선 설계의 중요성이 부각되면서 좀 더 효율적인 간선을 설계하고자 하는 노력으로 여러 가지 방식이 제시되고 있다. 이러한 간선 설계방식 중 현재 공동주택의 간선설계 및 시공에 주로 쓰이는 방식은 일단에서 급전하는 방식으로, 수전 설비 저압반에서 각각의 아파트 동별로 3상4선식 380V/220V로 공급 받게되고, 지하층의 변전실에서 부하를 3등분, 즉 R, S, T상으로 분류하여 배선하는 방식이다. 그러나 이러한 방식은 부하의 불평형이 발생하지 않도록 주의하여야 하고, 지하층에서 최상층에 이르기까지 일정 비율로 전선 굵기가 달라짐은 물론 이로 인한 각종 개폐기 및 차단기 등의 부대시설이 설치되어야만 하는 문제점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 지하층에서 지상층까지 일정 굵기의 전선을 포설하는 방식으로 균일하게 부하가 분포되어 있는 경우의 방식을 제시하고자 한다.

이 방식은 같은 굵기를 설치하게 되므로 일단에서 급전하는 방식보다는 각종 기계·기구의 설치가 감소 되리라고 예상되며, 특히 동일 건물 설계시 소요되는 전선 단가를 비교하여 경제성의 타당함을 보고자 한다.

2. 공동주택의 배전방식과 부하의 용량산정기준

2.1 배전방식

공동 주택의 배전방식은 현재 6층이상의 APT로서 엘리베이터 설비가 시설되어 있을 시에는 특고압 수전 방식을 채택하도록 행하고 있으며 이와 같은 조건은 대부분의 APT에 해당되는 사항이므로 본 논문에서는 특고압 수전 방식을 원칙으로 한다. 특고압 수전 방식은 1차측 전압이 22.9KV-Y이고, 2차측 전압은 380V/220V인 3상4선식으로 되어 있다. 전등과 전열 등의 일반부하는 단상 220V로 공급하고 급

수평프, 소방펌프, 엘리베이터 등의 동력은 3상 380V가 주로 사용되고 있다.

2.2 부하의 용량산정기준

부하의 용량을 산정하는 기준은 주택건설촉진법의 전기시설에 관한 법령과 전기내선규정의 집합주택(공동주택)법령에 의해 산정되며 한국주택공사의 자료 등을 근거로 산출된다.

주택건설 촉진법에는 주택에 설치하는 전기시설의 용량은 각 세대별로 3kw(세대당 전용면적이 60㎡이상인 경우에는 3kw에 60㎡를 초과하는 10㎡마다 0.3kw를 더한 값)이상이어야 하며, 전기내선규정은 다음 두 가지로 분류되어 있다.

첫번째는, 집합주택의 부하산정(全電化집합주택은 제외함)은 1호당의 사용전력량을 나타낸 것으로 다음의 계산식과 같다. (단, 사용전력량이 3KVA이하로 되는 경우에는 원칙적으로 3KVA로 한다)

$$P [VA] = 30[VA/m^2] \times \text{바닥면적}[m^2] + (1000 \sim 500)[VA] \quad (1)$$

[註] ()안의 가산 VA는 1000을 채택하는 것이 바람직하다.

두번째는, 全電化집합주택의 부하산정은 각 주택당 산정부하용량을 나타낸 것으로 다음의 계산식과 같다. (단, 산정부하용량 7KVA이하로 되는 경우에는 7KVA로 한다)

$$P [VA] = 60[VA/m^2] \times \text{바닥면적}[m^2] + 4000[VA] \quad (2)$$

한국주택공사의 자료에 의한 부하산정 (아파트 각 세대별 단위부하)은 전용면적이 60㎡이하일 때는 3000VA이며, 전용면적 60㎡초과 시에는 60㎡를 초과하는 10㎡마다 300VA씩 가산하도록 되어 있다.

단위세대 전용면적이 59㎡인 경우에는 세대단위부하를 3000VA하고, 단위세대 전용면적이 60㎡초과 70㎡이하의 경우에는 세대단위부하를 3000VA+300VA=3300VA으로 한다.

또한 단위세대 전용면적이 70㎡초과 80㎡이하의 경우에는 세대단위부하를 3000VA+300VA+300VA=3600VA으로 한다.[4]

3. 공동주택의 수용률과 간선의 전압강하

3.1 공동주택의 수용률

수용장소에 설치된 전 용량에 대하여 실제 사용하고 있는 부하의 최대 전력 비율을 표시한 계수로서 다음과 같이 나타낸다.

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용전력(1시간평균)}[KW]}{\text{총 설비용량}[KW]} \times 100[\%] \quad (3)$$

전등부하 및 동력부하의 설비용량에 수용률(Demand factor)을 곱하여 개개의 최대수용전력을 구한다. 수변전설비의 용량이나 배전선, 실내 배선을 실시할 경우, 설비되어 있는 부하로 설계하면 과다한 시설을 하게 되므로 수용률을 적용하여 설비용량으로부터 사용 최대수용전력을 결정하는 것이다.[1]

아래 표 1은 한국주택공사의 공동주택에 관한 수용률을 나타낸 것이다.

표 1. 한국주택공사의 공동주택에 대한 수용률

호 수	수용률(%)	호 수	수용률(%)
2	100	26	49
4	100	28	49
6	91	30	48
8	78	32	48
10	66	34	47
12	61	36	47
14	58	38	46
16	55	40	46
18	53	50	45
20	52	100	42
22	51	100초과	40
24	50		

3.2 간선의 전압강하

간선의 전압강하에는 간선의 크기에 영향을 미치는 허용전압강하와 배전선에 의한 정상적인 전압강하 및 순시전압강하를 들 수 있다.[5]

3.2.1 정상적인 허용전압강하

정상적으로 전력을 송전할 때 임피던스에 의하여 전압이 떨어지는 현상을 말하며, 이와 같은 허용전압강하의 결정에는 몇 가지 사항을 고려하여야 하는데, 부하의 기능을 손상시키지 않으며, 부하단자전압의 변동폭을 적게 하도록 하며, 각부하 단자전압을 균일

하게 하는 것과 경제성동[1,6]을 분석하여 결정하도록 한다.

3.2.2 순시전압강하

선로사고(단락, 지락 등)발생시 보호계전기로서 사고 전류를 검출하여 차단기를 개방할 때까지의 시간 동안 사고설비를 중심으로 한 광범위하고 대폭적인 전압 저하현상을 순시 전압강하라고 한다. 이와 같은 순시 전압강하의 발생원인은 사고정전, 작업정전, 전압강하 등으로 볼 수 있다. 사고정전은 송배전선의 선로사고(낙뢰, Surge, 단락, 지락등)로 인한 순간정전, 제통의 기기소손, 각종 계전기의 오동작으로 인한 정전이다. 작업정전은 정기작업 및 사고복구 작업 등으로 인한 정전을 말한다. 전압강하는 부하 과중(대용량 설비 운전시의 돌입전류), 적정 선로 굵기 미흡 및 장거리로 인한 전압강하, 고압전동기의 Plugging현상을 말한다.[6]

3.2.3 전압강하 계산법

다음의 근사식을 사용해서 부하는 평행되어 있다고 보고 계산한다.

① %임피던스법

$$\% \epsilon = \frac{E_S - E_R}{E_R} \times 100[\%] \quad (4)$$

E_S : 송전단전압, E_R : 수전단전압

② 압페어 미터법

$$\Delta E = K_w (R \cos\theta + X \sin\theta) \cdot I \cdot L [V] \quad (5)$$

여기서, K_w : 전기방식에 따른 계수

[단상2선식→ 2, 단상3선식과 3상3선식→ 1, 3상4선식→ $\sqrt{3}$]

R : 전선 1m당의 저항[Ω/m]

X : 전선 1m당의 리액턴스[Ω/m]

θ : 역률각

I : 전류[A]

L : 선로의 길이[m]

③ 등가저항법

$$E_S = E_R + I \epsilon^{-j\theta(R+IX)} \quad (6)$$

④ 임피던스법

$$E_S = \sqrt{(E_R + IR)^2 + (E_R + IX)^2} \quad (7)$$

일반적으로 전압강하 식으로부터 적절한 전선의 굵기[6]는 아래 식으로부터 구할 수 있다.

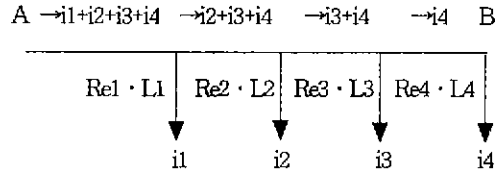
$$(R \cos\theta + X \sin\theta) \leq \frac{\Delta V}{K_w \cdot I \cdot L} \quad (8)$$

3.2.4 대표적인 전압강하의 계산식[6]

전압강하의 대표적인 계산식으로는 일단에서 급전하는 경우, 급전점이 도중에 있는 경우 및 균일하게 부하가 분포되어 있는 경우 등을 들 수 있다.

① 一端에서 給電하는 경우

전형적인 수지상(나무가지형상) 배선간선 방법은 다음과 같다.

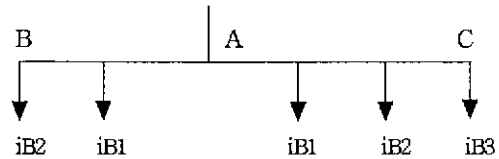


이 때 B점의 전압강하는

$$V = K_w \{ (i_1+i_2+i_3+i_4) \cdot Re_1 \cdot L_1 + (i_2+i_3+i_4) \cdot Re_2 \cdot L_2 + (i_3+i_4) \cdot Re_3 \cdot L_3 + i_4 \cdot Re_4 \cdot L_4 \} \quad (9)$$

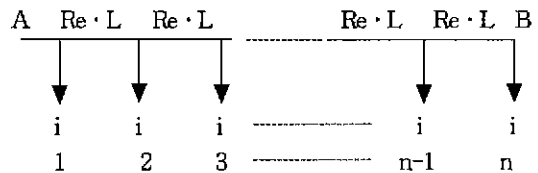
② 給電點이 도중에 있는 경우

이것은 간선에 급전선을 접속하는 경우이고 저압 간선이나 고압간선에 급전선으로 급전할 때이다. 이 때는 급전점 A에서 AB와 AC의 둘로 분할해서 식(9)와 같은 풀이방법으로 계산하면 된다.[6]



③ 균일하게 부하가 분포되어 있는 경우

이것은 맨션 또는 아파트의 수직간선이나 가로통과 같은 경우에 사용되는 방법이다.



B점의 전압강하는

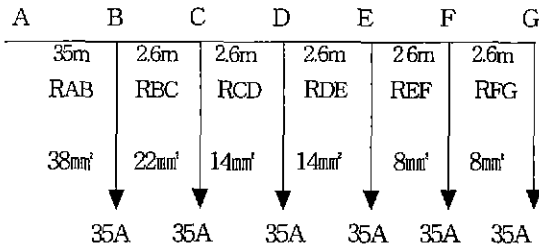
$$\begin{aligned} V &= K_w \{ n i Re L + (n-1) i Re L + \dots \\ &\quad + 3i Re L + 2i Re L + i Re L \} \\ &= K_w i Re L \{ n + (n-1) + \dots + 3 + 2 + 1 \} \\ &= K_w \cdot i \cdot Re \cdot L \cdot [n(n+1)/2] \text{이다.} \quad (10) \end{aligned}$$

4. 적용 사례

본 논문에서 적용한 건축물은 20층의 공동주택(국민주택)이며, 단위세대당 면적이 32평형이며, 전용면적 72㎡를 기준으로 하였고, 건축물의 층별 높이는 2.6m로 하였다.

케이블의 종류는 600V 가교 폴리에틸렌 절연 비닐쉬스전력케이블(단심, 20℃일 때 도체저항[Ω/km])이며 동일 전압강하에 의하여 비교·분석한 것이다.

4.1 일단에서 급전하는 경우



각 구간별 전력케이블의 도체저항은

$$\begin{aligned} R_{FG} &= 0.00231 \text{ [}\Omega/\text{km]} \\ R_{EF} &= 0.00231 \text{ [}\Omega/\text{km]} \\ R_{DE} &= 0.00131 \text{ [}\Omega/\text{km]} \\ R_{CD} &= 0.00131 \text{ [}\Omega/\text{km]} \\ R_{BC} &= 0.00083 \text{ [}\Omega/\text{km]} \\ R_{AB} &= 0.00048 \text{ [}\Omega/\text{km]} \text{ 이다.} \end{aligned}$$

각 구간의 전압강하는 식(5)의 암페어 미터법을 사용하여 계산하였다.

- ㉠ F - G 구간의 전압강하
 $\Delta E = 2 \times 0.00231 \times 35 \times 2.6 = 0.42[\text{V}]$
- ㉡ E - F 구간의 전압강하
 $\Delta E = 2 \times 0.00231 \times (35+35) \times 2.6 = 0.84[\text{V}]$
- ㉢ D - E 구간의 전압강하
 $\Delta E = 2 \times 0.00131 \times (35+35+35) \times 2.6 = 0.71[\text{V}]$
- ㉣ C - D 구간의 전압강하
 $\Delta E = 2 \times 0.00131 \times (35+35+35+35) \times 2.6 = 0.95[\text{V}]$
- ㉤ B - C 구간의 전압강하
 $\Delta E = 2 \times 0.00231 \times (35+35+35+35+35) \times 2.6 = 0.75[\text{V}]$
- ㉥ A - B 구간의 전압강하

$$\Delta E = 2 \times 0.00231 \times (35+35+35+35+35+35) \times 35 = 7[\text{V}]$$

㉦ 전 구간의 전압강하

$$\Delta E = ㉠+㉡+㉢+㉣+㉤+㉥ = 10.67[\text{V}]$$

㉧ 전압 강하율

$$\% \varepsilon = \frac{220 - 209.33}{209.33} \times 100 = 5.1[\%]$$

전압 강하율을 5.1%이하로 억제하기 위한 케이블 사이즈는

A - B 구간 : 38mm², B - C 구간 : 22mm²
 C - D 구간 : 14mm², D - E 구간 : 14mm²
 E - F 구간 : 8mm², F - G 구간 : 8mm² 로 선정된다.

M당 케이블의 원가[7]는

A - B 구간 : 1752원 × 35m = 61,320[원·m]
 B - C 구간 : 1138원 × 2.6m = 2,958[원·m]
 C - D 구간 : 862원 × 2.6m = 2,241[원·m]
 D - E 구간 : 862원 × 2.6m = 2,241[원·m]
 E - F 구간 : 490원 × 2.6m = 1,274[원·m]
 F - G 구간 : 490원 × 2.6m = 1,274[원·m]
 전 구간 케이블 원가의 총합계는 71,308[원·m]로 된다.

4.2 균일하게 부하가 분포되어 있는 경우

4.1의 일단에서 급전하는 방식의 전압강하 10.67[V] 및 전압강하율 5.1[%]이하를 억제시키고자 하는 부분은 동일하게 적용하고, 간선 전체의 굵기를 같은 사이즈 케이블로 했을 때, 암페어 미터의 합계는

$$\begin{aligned} I \cdot L &= 35 \times 2.6 + (35+35) \times 2.6 + (35+35+35) \times 2.6 \\ &+ (35+35+35+35) \times 2.6 + (35+35+35+35+35) \times 2.6 \\ &+ (35+35+35+35+35+35) \times 35 \\ &= 8715[\text{A} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

전력케이블의 도체저항은

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{\Delta E}{K_w \cdot L \cdot I} = \frac{10.67[\text{V}]}{2 \cdot 8715[\text{A} \cdot \text{m}]} \\ &= 0.00061[\Omega/\text{km}] \text{ 이므로 } 30\text{mm}^2 \text{로 선정된다.} \end{aligned}$$

간선 선로의 총길이는 35m + (2.6m × 5) = 48m

이고, 이를 M당 케이블 원가[7]로 환산하게 되면
 $1,399\text{원} \times 48\text{m} = 67,152[\text{원} \cdot \text{m}]$ 로 된다.

4.1과 4.2의 케이블 원가를 비교해보면

$\frac{67,152}{71,309} \times 100 = 94[\%]$ 로 약 6%의 절감효과가 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 경제적이고 효율적인 공동주택의 간선설계를 하고자 일단에서 급전하는 방식과 균일하게 부하가 분포되어 있는 방식을 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- ① 일단에서 급전하는 방식보다 약 6%의 Cable 절감효과를 얻었다. 6%의 케이블 절감효과는 공동주택의 공사 특성상 매우 큰 차이로 볼 수 있다.
- ② 간선 시공시 Cable 하중에 의한 기계적 보강이 용이하다.
- ③ 동량 절감으로 인한 인건비의 절감을 얻을 수 있다.
- ④ 간선 설계시 각 종류의 전선에 따른 전압강하 계산을 위한 설계 기법이 요구된다.

다만, 간선 설계의 전압강하 계산 이외의 사항에 대해서는 차후 과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

- [1] 지철근, 정용기 저, "최신 전기설비", 문운당, 1995. 1.
- [2] 장동찬 저, 주택건설촉진법 "주택건설기준 등에 관한 규정", 기문당, 1998. 1.
- [3] 전기내선규정, 1995. 10.
- [4] 한국주택공사, "전기설비 실무자료", 1997. 5.
- [5] 정용기, 이순형 저, "건축전기설비기술사", 도서출판 의제, 1995. 1.
- [6] 김박윤, 김의하외 저, 전기설비기술계산핸드북, 도서출판 기다리, 1993. 1.
- [7] 한국물가정보, '전선단가' p851, 1998. 10.
- [8] National Electrical Code, NFPA 1996.