

가공 및 옥내전선의

최적운전전류 결정방법

차 덕 수
한국전력공사 영등포지점 배전운영부

1. 머리말

電線은 재질과 굵기도 다양하고 종류도 裸線, 케이블, 被服線, 버스덕트 등 다양하기 때문에 선택의 폭이 크지만 적절한 使用電流를 결정하는 데에는 경험에 의존하는 경우가 많고, 대개의 경우에 경험에 의존해도 큰 문제가 없다. 대표적인 電線材料로서 銅과 알루미늄이 있지만 이 두가지 중에서도 어느것이 경제적으로 유리한가에 관해서 단적으로 말하기는 어렵다. 더구나 電線의 굵기가 경제적으로 결정된 것인지에 대해서는 더욱 알기가 어렵고 의구심을 갖는 경우가 많다.

여기에는 電線의 굵기결정과 그의 使用電流 결정에 필요한 일반적으로 고려해야 할 사항을 실무적인 차원에서 最小使用電流, 最適使用電流, 最大使用電流, 許容限界電流에 관해서 설명하여 실무에 도움이 되게 하고자 한다.

2. 전선의 최적사용 電流選定 방법

먼저 전선의 경제성을 판단하는 원칙으로서 Kelvin의 法則에 대하여 알아보기로 하자. Kelvin이 제시한 理論은 '最適初期電流'로서 『電線의 단위길이에서 상실되는 연간전력량의 가격』과 電線의 단위길이당 投下資本에 대한 연경비가 같은 경우 가장 경제적이라고 정의한 것으로 신

설당시 권장되는 사용전류값이다. 이것은 經負荷 運轉의 限界値로 정의할 수 있는 것이다. 그리고 이 식을 실무에 응용하려면 '年經費 評價法'과 '損失電力評價'에 매우 전문적인 지식이 필요하므로 활용이 곤란하다고 본다. 따라서 통상 실전적인 문제에 있어서는 개략적인 계산결과치에 의존하는 것이 보통이다. 참고로 Kelvin의 '初期電流'값은 대략 전선의 '許容電流'의 1/4(25%) 수준으로 결정되고 있음을 참고바란다. 그러면 전선의 최소, 최대운전전류값의 결정과 최적운전전류값을 결정하는 방법에 대해서 알아보기로 한다.

Kelvin 法則은 쉽게 설명해서 '自動車の 經濟速度'를 결정하는 방법과 같다. 이 法則을 이용해서 經濟的 使用電流를 정하는 방법을 개략적으로 살펴보자. 우선 전선에서 발생하는 비용에 대해 알아야 하는데 대표적인 것이 '電線의 價格'과 '電力損失'이다. 그리고 운전전류의 크기와 상관없이 발생하는 비용(年經費)에 해당하는 '固定費'가 있으며 사용부하전류에 따라서 발생하는 '損失電力

- 켈빈법칙 ● C : 경제적 전류밀도(연평균 A/mm²)
 - ω : 전선의 중량(kg/mm²·m)
 - M : 전선의 가역(원/kg)
 - P : 전선의 年경비(소수)
 - ρ : 전선 고유저항(Ω/mm²·m)
 - N : 전력원가(원/kW·년)
- $$C^2 = \left(\frac{\omega \cdot M \cdot P}{\rho \cdot N} \right)$$

(抵抗損)費用'으로서 '可變費'가 있다. 경제적인 電線 選定の 核心은 이 두가지 費用의 합계가 最小 되도록 하는데에 있음은 물론이고 이 두가지 항목에 대해서 약간의 이해가 필요하므로 되도록 알기 쉽게 설명을 더하고자 한다.

설명에 앞서서 두가지의 중요한 前提條件을 이해해야만 한다. 즉 評價對象이 옥내외의 放射狀의 幹線을 '等價化'하는 문제와 費用評價에의 가장 핵심이 되는 '電力損失(Power Loss)'의 구체적 내용에 관해서인데 열의 내용을 참고 바란다.

먼저 알아볼 것은 可變費用인데 가변비에는 전력손실(Energy Cost)이 가장 중요하다. 이것은 舜時發電力損失(Demand Cost)을 제외한 것이다. 이것의 산출에 있어서는 사용부하전류가 日負荷率에 따라서 변동하기 때문에 定量的으로 정의하기가 매우 어려우므로 年中最大電流를 기준으로 '損失係數(aF²+bF=H)'를 적용하여 산출한다. 물론 이 산출값에 대해서 電氣原價를 곱하여 元單位 비용을 산출하여 적용한다. 이 비용만 증가하는 경우에는 사용전류를 줄여야 한다(그림 1 참조).

다음으로 알아볼 것은 固定費인데 고정비에는 '電線의 價格'이 가장 중요한 要素이고 다음으로 '修繕維持費', '支給利子' 등등이다. 이것은 위의 가변비와 마찬가지로 1년간의 경비를 가지고 비교하는데 이 비용만 증가하는 경우는 使用電流를 상향조정하여야 한다(그림 1 참조). 이상 전선의 발생비용에 대해 설명하였다. 만일에 電線의 발생비용이 변동한다해도 사용전류를 변경할 필요가 있는가 하는 문제에 대해서는 걱정할 필요가 없다고 본다. 왜냐 하면 고정비용만이 계속 증가하지는 않기 때문이며 損失電力費도 油價와 관련이 있어 어느 한쪽만 지속적으로 증가하지는 않기 때문이다. 만일 어느 한쪽의 비용이 急增하더라도 최적사용전류값을 隨時로 바꿀 수는 없기 때문에 일반적으로 권장하는 값을 이용하는 것이 매우 합리적이다.

이상에서 電線의 經濟性 評價의 기본이 되는

① 屋内外 放射狀의 幹線의 等價化 방법

현장에서 위 문제를 실제로 정밀하게 풀고자 하는 경우 屋内外의 幹線이 실제로는 配線 형태가 放射狀(Tree) 구조인 경우가 대부분이므로 '等價幹線'(註: 공급지점에서 부하중심점까지의 假想幹線)으로 등가화하여 평가해야 한다.

② 電力損失의 구체적 내용의 이해

전력손실은 단순히 에너지량의 損失만이 있는 것이 아니다. 즉 可變費用으로 정의할 수 있는 'Energy Cost'와 固定費用으로 정의할 수 있는 'Demand Cost'로 대별할 수 있다. 쉽게 말하면 전선에서 발생하는 전력손실은 아래와 같이 두가지가 있는데 모두 費用의 支出로 나타난다.

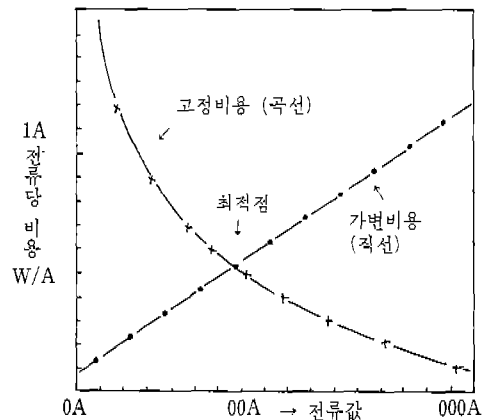
$$-Energy Loss = I^2 \cdot R \cdot t [Watt\ hour]$$

→ Joule 열손실

$$-Power Loss = e \cdot I \cdot t [Watt]$$

→ 電壓降下 e에 의한 '舜時發電力損失'

(註: Demand Cost는 발전소의 '겉보기 出力'을 낮추는 효과가 나타나서 발전소 건설비 증가를 초래한다. 발전소의 건설비는 原子力의 경우 100만원/kW 정도이나 보통 火力基準 40~50만원/kW로 매우 고가이다.)



<그림 1> 電線의 經濟性 評價

Kelvin 法則을 알아 보았다. 다음에는 경제적으로 볼 때 사용가능한 最大電流가 얼마인가에 대해서 알아보자.

電線의 사용한계 ‘最小電流值’는 앞서 언급한 켈빈의 法則에 의한 初期電流값으로 정의할 수 있다. 이 값은 初期 新設당시 電線자체의 발생비용을 최소화할 수 있는 값이다(중요 착안사항은 Demand Cost가 적용되지 않는다). 여기에서 최소값의 指定事例로는 AL 160mm²의 경우, 약 100A(3500kW, 韓電配電設計基準 電線編 참조)로 하고 있다.

한편 最大使用可能값(경제적 사용한계 전류값)의 결정에 있어서는 屋內外 幹線에서 발생하는 모든 비용을 계산에 넣어야 한다. 즉 電力損失中の 發電力損失分(Demand Cost)은 물론 電線의 被服費, 공급루트의 占有費 등 ‘空間費用’도 포함되어야 한다. 이 모든 비용을 비교분석하여 가장 적은 비용으로 공급할 수 있는 운전전류로 정의한 것을 供給限界最大電流值라고 해야 하며 過負荷運轉의 限界라고 할 수 있는(보통 ‘基準容量’이라 한다) 것으로서 이를 지정하여 운용하는 사례로서는 AL 160mm²의 경우, 약 300A(10,000 kW, 韓電配電設計基準 電線編 참조)로서 許容電流값의 약 3/4으로 보고 있다.

이상에서 정의된 것을 前提로 最적인전조건을 정의한다면 許容電流의 1/2 정도(AL 160mm²의 경우, 약 200A → 7,000kW, 配電設計基準 叢論 參照)가 매우 합당하다는 것을 알 수 있을 것이다(大韓電氣協會 制定 ‘內線規程’ 참조).

끝으로 앞서 언급한 바 있는 ‘Demand Cost’와 ‘空間費用’에 대해서 이해를 돕기 위해서 최근의 동향을 참고해 덧붙여 설명하고자 한다. Demand Cost의 의미는 屋內에 發電設備를 가진 構內의 경우와 屋外의 電力系統에서는 무시할 수 없지만(電氣工學 핸드북 참조) 受電設備만 있는 構內인 경우는 이를 고려할 필요가 없다.

그리고 옥내의 幹線의 建設비용에 ‘空間占有費用’이 문제시되고 있는 이유는 최근의 土地 公概

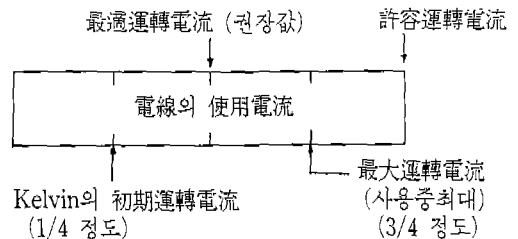
念 도입때문이며 건물내에 空間占有 경쟁이 심화되면서 옥내는 물론 屋外에서도 문제시되고 있다.

屋內에서는 電線의 被服費用(절연전선, 전력케이블, 버스덕트 등)과 상쇄되는 것으로 볼 수 있지만 屋外의 경우 도로를 따라 시설하는 배전선로가 도로의 利用效率 문제로 공간점유를 제한받게 되므로 회선수와 비례하여 間接固定費用(供給電力 kW당 費用)이 증가하는 추세이고 좁은 공간을 이용해야 하는 실정이다. 따라서 使用電流의 결정에 있어서는 보다 굵은 電線을 선정하지 않으면 안되는 실정이어서 使用電流의 대소여부 논란은 의미가 없고, 적절한 굵기의 電線選擇(예시 160° → 240° 등)이 중요하다(小口徑電線으로 많은 전력을 送電하는 경우 오히려 손해가 된다). 다시 말해서 같은 굵기의 電線을 놓고 使用전류의 大小與否 논란은 의미가 없다.

3. 결론

대략 이상의 內容을 요약하면 각종 문헌과 해외 자료를 분석한 결과, 最適電線 결정과 使用電流에 관해서 아래와 같은 결과를 참고로 제시하므로 응용바란다.

※ 最適運轉電流의 의미



※ 代表的인 勸獎值

電線種類	施設條件	勸獎使用電流	備 考
CU 100'	노출배선	300A	(3φ 200V의 경우 87kW에 해당)
	배관내 배선	200A	

*註 1: 위 數值 以上 공급한다면 오히려 125'나 150' 전선이 경제적이다.

*註 2: 參考文獻은 내선규정, 기타 외국 자료에 의함.