

工場電力設備管理와 에너지 節減

1.1 基本計劃 및 設計

通常의 자유주의 경제사회에서 物件의 價格이 정해지는 方式 즉, 需要와 供給과의 Balance Point에서 價格이 결정되는 原則에서 벗어나, 原油價格이 產油國의 一方的決定에 의해 소위 通達價格이 되어 있는 현실태에서 小資源·開發途上國으로서 工業發展에 進력해야 하는 나라들로서는 모든 노력을 경주하여 難局에 대처해나가야 할 필요가 있다. 필자에게 주어진 것은, 電力設備의 計劃과 設計에 대한 基本方向이지만, 電動力應用設備 즉, 일반적인 生産설비 내의 電氣設備에 대한 企劃·設計에 있어서 특히, 에너지使用合理化라는 관점에서 電力設備를 計劃할 때는 어떠한 點에 유의해야 할 것인지, 또 아무리 에너지節減이라고는 하지만 設備投資 코스트를 무시한 設備計劃은 있을 수 없기 때문에 에너지使用合理化 設備投資에 관한 判斷基準으로서 有效하다고 생각되는 기초적 基本概念 등에 관하여 기술하고자 한다.

1.1.1 設備計劃의 基本方向

(1) 종래 設備計劃의 特色과 缺點

일반적으로 生産設備를 企劃·設計할 때 그 前提는 어떻게 하면 生産性を 높일 수 있는가이며 그 指向하는 바는 과거에 있어서도 그러했고 앞으로도 변함이 없을 것이다. 즉, 高生産性設備의 要件을 大別하면,

- (i) 高能率의 設備
- (ii) 使用合理化設備
- (iii) 高信賴度の 設備

의 3개 事項으로 나눌 수가 있다. 다시 말하면 原料(資材)를 加工해서 製品化하는 過程에 있어서는 어떤 방법으로 신속하게, 얼마나 적은 數의 人員으로, 어떻게 設備트러블에 의한 生産阻害를 최소화할 수 있는가가 設備企劃·設計에 종사하는 우리들에게 최대의 命題였다.

이 命題를 달성하기 위해서는, 예를 들어,

- (a) 製品組立工程을 종래의 그룹別, 배치 (Batch)別 作業에서 컨베이어상의 연속작업으로 변경한다(高能率化).
- (b) 비교적 단순한 作業은 로봇으로 바꾸어 놓는다(使用合理化).
- (c) 生産管理(작업지시, 작업정보파악, 작업실적수집)에 컴퓨터를 도입하거나 혹은 生産 그

자체를 컴퓨터制御한다(高能率化, 使用合理化, 高信賴性化).

(d) 可動部(機構部)를 가능한 한 非可動化(靜止化)하든가 設備狀態를 컴퓨터로 이용하여 모니터링한다(高信賴性化).

등 모든 노력을 傾注하여야 할 것이다.

그러나 우리가 아무리 훌륭한 施設을 하었다고 하더라도 에너지 코스트 혹은 에너지 로스타는 관점에서 볼 때에는, 이러한 高生産設備中에서도 어느 정도는 불경제적인 요소를 찾을 수 있다.

예를 들면,

(a) 鋼材를 加熱하는 데는 가스에 의한 加熱에 비해서 電磁誘導 등의 電氣的手段에 의한 방식이 加熱時間이 더 짧고 溫度制御가 용이하다는 이유로 電氣的加熱法을 채용하고 있으나, 오늘에 와서는 가스加熱과 電氣加熱은 커다란 코스트차가 생기고 있다.

(b) 應答性を 높이고 싶다는 이유로, GD²이 적고 許容溫度上昇이 높은 모터를 채용했으나 결과적으로는 機器效率는 내려갔고 電氣的 로스를 增大시키게 되었다.

(c) 自動化, 使用合理化를 추진하기 위해서 大量의 油壓操作機器를 도입했으나 油壓펌프용 모터의 電力損失이 매우 많아졌다.

등 오늘날의 에너지使用合理化라는 관점에서 볼 때는 어느 정도 문제가 있음을 부인할 수가 없다.

또한 한편으로, 設備投資費用을 억제하고자 하는 면으로만 設備를 計劃함으로써 결과적으로 많은 에너지 로스를 발생시킨 예도 있다.

예를 들면,

(a) 通風量의 制御에서 電動機에 의한 可變速度制御方式은 비용이 많이 든다는 이유로 댐퍼에 의한 制御를 하고 있다.

(b) 設備를 증강할 때, 예를 들어 변압기 용량이 定格의 10~20% 정도 부족할 경우에는 適正容量의 변압기를 증설하기보다 기설변압기에 선풍기 등을 新·增設하여 發生熱을 除去하는

能力을 增大시킴으로써 대처한다.

등을 들 수 있다.

이상 예시한 바와 같이 종래의 設備計劃에서는 生産性 向上이라는 점에서는 훌륭한 最新銳의 것을 만들어 왔다고 생각할 수 있으나, 消費에너지 最小化라는 관점에서는 모든 設備計劃이 충분했다고 말할 수 없는 면도 있다.

이러한 反省을 토대로 하여 앞으로 어떠한 點에 重點을 두고 設備計劃을 할 것인지에 대해 알아보기로 하자.

(2) 앞으로의 設備計劃

최근과 같은 에너지事情下에서 消費에너지의 미니멈화가 設備計劃에 있어서의 커다란 要素가 되고 있다는 것은 말할 필요도 없는 것으로 이것을 실시하기 위해서는 大別하여 세 가지 方策을 생각할 수 있다. 즉,

(a) 新製造프로세스의 개발에 따른 工程省略으로 에너지節約形 設備의 실현

(b) 既存技術의 組合에 의한 에너지節約形 設備의 실현

(c) 設備를 구성하는 各要素單位에 각각의 技術的檢討를 가하여, 그 결과의 集積으로서 에너지使用合理化를 추진 및 실현

등이 있으며 그 구체적인 예를 들어보면,

(a)의 경우는,

(i) 종래 세 가지 배치處理形 프로세스를 통하여 生産하던 것을 하나의 연속처리形 프로세스로 실현할 수 있는 技術開發이 이루어져 그 결과, 工程中에 발생하는 加熱·冷却을 위한 운반 등에 필요한 무모한 運動을 줄일 수 있었다.

(ii) 鐵鋼業의 경우에는 分塊壓延機로 Ingot를 壓延하여 Slab를 제조하던 것을 연속주조법이 발명됨에 따라 溶鋼에서 직접 Slab 製造가 가능해짐으로써 熱로스 및 壓延動力로스를 대폭 削減할 수가 있었다.

등 新技術開發에 의한 것이 크다.

(b)의 경우는,

(i) 可變速交流電動機의 채용에 의한 排風裝

置의 에너지使用合理化

(ii) 設備 가동상황 모니터裝置의 도입에 따른 電動機群의 自動監視와 그 결과로서의 無負荷時 動力節減裝置

등을 들 수 있다.

(c)의 경우는,

(i) 高效率電動機의 채용에 의한 動力로스의 低減

(ii) 白熱燈에서 나트륨燈으로의 교체에 따른 照明效率의 향상

등 얼마든지 찾아낼 수 있는 테마들이다.

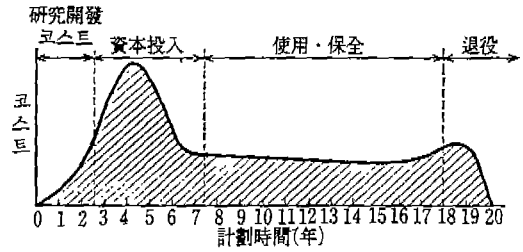
이상 기술한 바와 같이 에너지使用合理化 추진의 관점에서 設備計劃에 필요한 기술적검토를 분류하면 크게 세 가지로 나눌 수가 있는데, (a)는 技術開發의 成果에 기대하는 바가 크고 設備計劃者만으로는 틀이 잡히지 않는 點도 많이 있기 때문에 실질적이고도 주체적으로 設備計劃者가 에너지使用合理化를 실현할 수 있는 것은 상기의 分類 (b) 및 (c)에 속하는 事項일 것이다.

더욱이 設備가 運用段階에 들어간 후의 設備運轉과 管理者가 그날그날 결정해야 할 사항을 적은 에너지節減活動을 포함하여 設備의 一生을 통해서 여러 가지 에너지使用合理化에 대한 검토 및 활동사항이 요구되고 있으나, 그에 관한 基本指針은 표1.1에 표시하는 바와 같다.

1.1.2 에너지使用合理化設備와 LCC

전술한 바와 같이 今後의 設備計劃 및 設計에는, 종래 生産性第一의 관점에 더하여 에너지코스트 미니멀이라는 哲學을 부가하여야 하나 設備建設은 어떤 경우에 있어서도 資金投入을 수반하고 있어, 당연히 投資效果判定이라는 도마 위에 올려지게 마련이다.

技術者는 자칫하면 技術的興味에 주체를 두고 投資效果 등의 문제는 관리담당자의 일이라고 생각하기 쉬운데, 실무에 있어서 設備投資 혹은 에너지使用合理化 投資에 대한 기술자 자신의 基本방향을 확립해 두는 것은 技術問題와



<그림1.1> 코스트 變化傾向의 예

마찬가지로 중요한 것이라고 생각된다.

投資效果判定에 관해서는 몇 가지 判定法이 있는데 기술자에게 친숙한 방법으로는 設備의 一生을 통해서 그 構築에서 폐기까지의 라이프 코스트를 試算하여 그 코스트가 最小가 되는 設備計劃을 선택, 運用하는 Life Cycle Cost (LCC)의 基本개념이 理論的 支柱로서 가장 有效하다고 생각되므로 이하 그에 대한 基本방향을 간단히 설명하기로 한다.

(1) LCC의 基本방향

유저側에서 投資, 建設한 設備의 運用에서부터 폐기까지의 設備의 一生에 걸친 코스트를 그림으로 표시하면 그림1.1과 같이 될 것으로 본다.

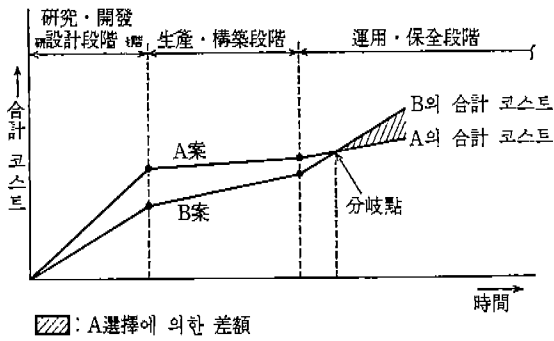
즉, 設備建設을 위한 投資, 使用, 保全, 退役의 各段階에 있어서 費用名目は 다르지만 각각 費用이 필요하게 되는데 이들 費用을 합한 것이 生涯코스트, 즉 Life Cycle Cost이다. 그림에서 보면 斜線部分의 면적이 Life Cycle Cost이다.

가령 設備計劃 단계에서 몇 가지 案이 있고 그 각각의 案이 設備計劃에 當初目的이었던 生産機能을 同等하게 만족시킬 때(즉 그 設備의 有效도가 같을 때는 Life Cycle Cost가 最小인 案이 費用의 有效도가 가장 높아지게 된다. 따라서 일반적으로는 Life Cycle Cost가 미니멀인 案이 가장 뛰어난 設備計劃案이며 이 案을 채용해야 되는 것으로 볼 수 있다.

그러나 그림1.2와 같이 初期投資額의 大小로만 設備計劃案을 결정해서는 안되는 경우도

〈표1·1〉 工場 등에 관련되는 判斷基準의 構成과 各 項目의 개요

管理基準 개선을 위한 標準의 설정	加熱 및 冷却과 함께 傳熱의 합리화 被加熱·冷却體의 온도, 熱媒體의 온도, 압력·유량 등의 標準, 空調의 온도, 습도의 標準을 설정	放熱·傳導 등에 의한 熱損失의 防止 斷熱工事의 標準	發熱의 回收 이용의 標準 發熱回收 이용의 標準	熱의 動力 등에의 變換의 합리화 復數의 보일러·터빈 間의 負荷調整의 표준, 배기, 背壓 터빈 等에 있어서의 最低許容 壓力의 표준 설정	抵抗 등에 의한 電氣 損失의 防止 受變電·配電 設備의 進압·전류·역률, 부하율, 수용율의 管理 標準	電氣의 動力, 熱 等에 의 變환의 합리화 電動力應用, 電氣加熱, 照明設備 等に 관한 進압·전류·역률·수용율의 標準 等
계측·기록 등의 실시	燃料의 공급량, 排出 가스 中의 殘存酸素 量 等의 계측·기록 等	熱勒定分析의 실시 缺損에 의한 熱媒體 中의 劣化, 斷熱部 中의 劣化, 스팀트랩 等의 劣化 檢査 및 修理	廢熱의 상태 파악을 위한 事項에 關하여 的 計測·기록, 廢熱의 有效利用方法의 檢査 等	중요한 보일러·터빈 等의 熱效率의 計測·기록, 最低許容壓力下의 劣化 檢査에 關한 計測·기록	同上 值의 계측·기록 (照度에 있어서의 照度의 계측을 포함)	同上 值의 계측·기록 (照度에 있어서의 照度의 계측을 포함)
유지·보수·점검의 실시	燃熱性能 低下의 防止, 보일러 給水의 水質管理, 空調실비 等의 유지보수 及 點檢	傳熱部 中의 劣化, 斷熱部 中의 劣化, 스팀트랩 等의 劣化 檢査 및 修理	廢熱回收 設備의 劣화, 廢熱面 中의 劣化, 廢熱回收 設備의 劣화 檢査 및 修理	보일러·터빈의 劣化, 보수·점檢, 最低許容 壓力下 劣化에 關한 劣화 檢査 및 修理	受變電·配電 設備의 劣화, 受變電·配電 設備의 劣화 檢査 및 修理	受變電·配電 設備의 劣화, 受變電·配電 設備의 劣화 檢査 및 修理
合理化를 위한 개선조 치 및 設備의 도입 等	燃熱의 使用조건, 空압 條件의 再點檢, 히트 교환 設備의 劣화, 點檢 等, 劣化 檢査 等의 개선 措施, 劣化 檢査 等의 劣화 檢査 等	斷熱의 強化, 開口部 中의 劣化, 開口部 中의 劣化, 開口部 中의 劣化 檢査 等	廢熱의 回收 設備에서 溫度의 低下, 廢熱回收 設備의 劣화 檢査, 廢熱回收 設備의 劣화 檢査 等	最低許容壓力를 低減 시키기 위한 劣化 檢査, 劣化 檢査 等의 劣화 檢査 等	變壓器의 通正負荷 檢査, 變壓器의 容量적 劣화, 變壓器의 劣화 檢査, 變壓器의 劣화 檢査 等	電動機의 空轉防止, 負荷의 通正配分, 變壓器의 劣化, 變壓器의 劣화 檢査, 變壓器의 劣화 檢査 等



<그림1·2> 合計 코스트 프로필

있다. 初期코스트가 높더라도 時系列的인 코스트 合計는 初期코스트가 싼 쪽의 코스트 合計와 교차하는 點이 존재하는 경우가 있으며 設備의 一生이 이 교차점의 시기보다 긴 경우에는 初期 코스트가 높은 쪽을 선택하는 것이 결과적으로 는 得이 되는 경우도 있는 것이다.

이상 Life Cycle Cost의 定性的理解를 쉽게 하기 위해서 몇 가지 假定下에 圖示的으로 표시 했는 바, 이러한 기본개념의 중요성을 이해할 수 있을 것으로 생각된다.

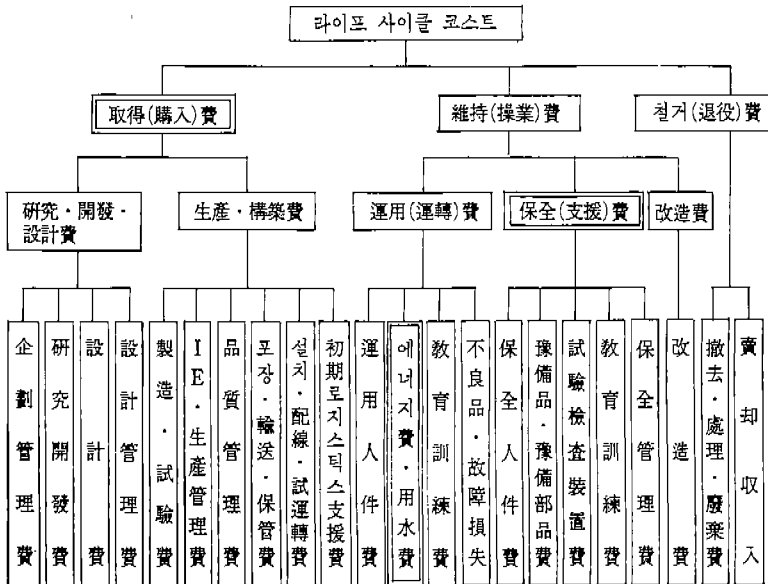
이 Life Cycle Cost의 基本개념을 실제로 定 量的으로 계산하기 위해서는 現在價値法, 未來 價値法, 等價支拂法 등의 方法이 있다.

지금까지의 定性的說明으로 알 수 있듯이 LCC의 基本개념은 投資費用을 投資時點 絶對 值로서 받아들이는 것이 아니라 設備 一生의 合計로서 취하여, 그것에 의해 設備計劃時 몇 가 지의 代替案 가운데서 베스트가 되는 것을 선정 하고자 하는 것으로서 設備技術者가 자주 고민 하는 信賴性和 初期코스트 혹은 保全性和 初期 코스트 등에 관한 有력한 理論的 또는 實際的 支柱가 될 수 있다고 생각된다.

(2) 에너지使用合理化和 LCC

전술한 LCC의 基本개념을 設備計劃中인 에 너지使用合理化 投資問題에 적용하는 경우 어 떻게 하면 좋을 것인가.

유저側으로서 設備의 一生에 걸리는 費用을 大別하면, 設備를 設置·稼動시키는 데까지의 取得에 關連되는 비용과 그 設備의 運轉·保全 에 關계되는 비용 그리고 使命을 완료한 設備를 폐기하는데 요하는 비용으로 분류할 수 있으나



<그림1·3> 라이프 사이클 코스트의 項目分類

이것만으로는 분류가 너무 크기 때문에 좀더 세분해보면 그림1·3과 같이 될 것이다.

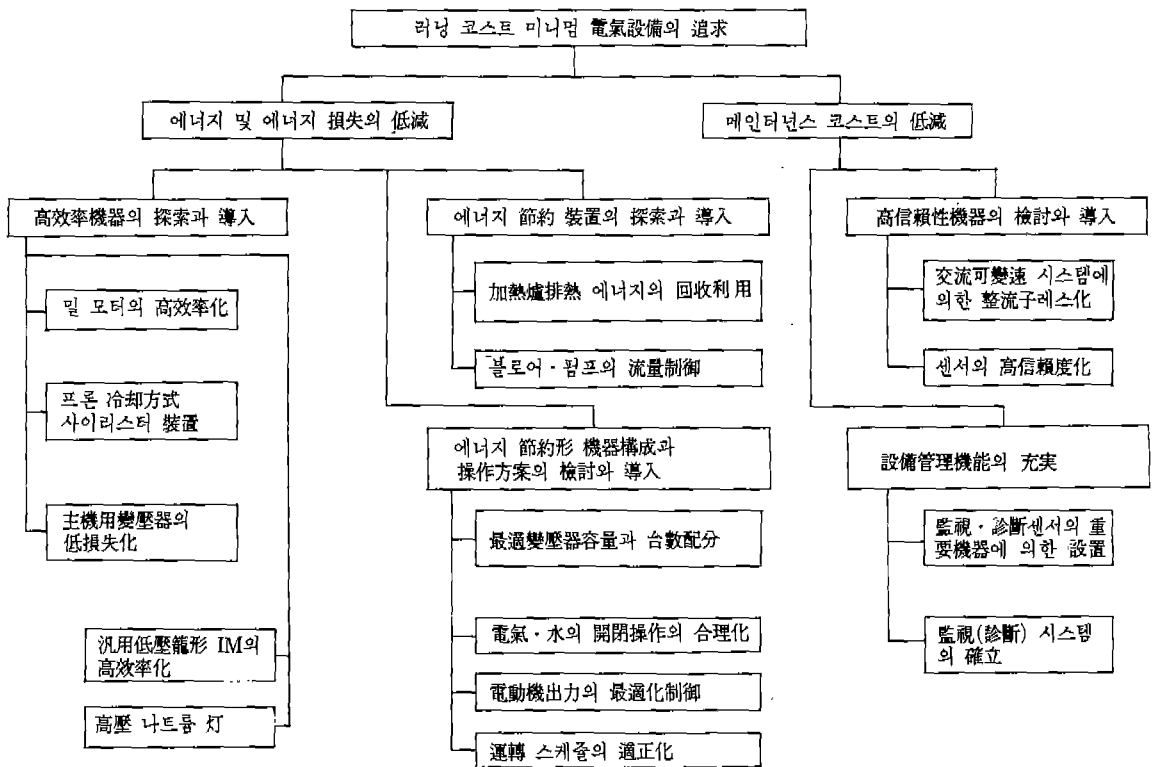
이들, 各項目에 대해서 모두 검토하여 定量的으로 金額을 산출하는 것은 대단한 노력을 필요로 하며 또한 노력하는 것에 비해서 有效한 결론을 얻어낼 수가 없다. 즉, 적은 노력으로 有效한 결과를 얻기 위해서는, 數學的으로 말하면 變數의 數를 적게 하면 된다. 지금 여기서는 主題를 에너지使用合理化 投資의 有效性·經濟性 비교에 두고 있으므로 구입비는 그 자체를 하나의 變數로 하고 그 내역은 분류하지 않는다. 또한 運轉과 保全에 필요한 費用中 에너지費는 당연히 變數로서 취급해야 하지만 운전에 소요되는 費用 등은 각 代替案으로 하여도 별 差異는 없을 것으로 본다. 保全費는 하드웨어, 시스템이 다르면 다를 가능성이 있으므로 이것은 變數로 해야 할 것이다.

다음 설비폐기에 관한 費用은 각 代替案의 설비구성에 심한 차이가 없는 한 변하지 않는다고 생각되므로 이것도 一定值로 생각해도 좋을 것이다.

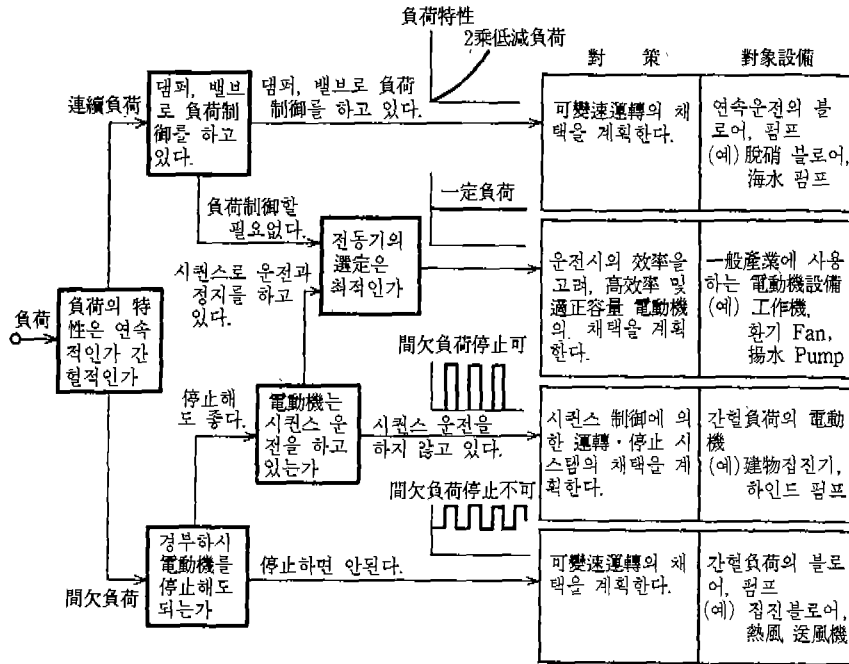
이와 같이 생각하면 고려해야 할 변수는 購入費, 에너지費, 保全費의 세 가지뿐인 것을 알 수 있다.

또하나 중요한 要素로서 設備耐用年數 즉 그 設備가 폐기될 때까지의 年數가 있으나 이것은 예전대 10년 혹은 15년 등을 전제조건으로 경험적 혹은 상식적인 값을 設定하여 두면 좋을 것이다.

이상의 고찰에 의하여 에너지合理化投資를 위한 代替案 비교는 구입비, 에너지비, 保全費를 세 變數로 하여 LCC의 계산법에 의해서 설비의 一生에 관련된 費用으로 계산하여 優劣를 비교하면 되는 것을 알 수 있다.



<그림1·4> 에너지使用合理化 設備計劃의 검토항목 事例



〈그림 1·5〉 電動機出力의 최적화 제어를 위한 負荷特性檢討 플로

이와 같은 검토법은 기술자 자신도 납득할 수 있는 방법이며 관리경리 등 사무부문에 설득수단으로서도 유효한 것으로 생각된다.

1·1·3 에너지使用合理化 設備計劃의 구체적 진행

代替案을 선택할 때의 比較法은 전술한 LCC의 기본개념 및 계산법이 가장 유력하지만, 그 代替案을 만들기 위해서는 어떠한 事項을 검토하면 될 것인가. 여기에 대해서는 일반적인 공식이나 이론이 없으므로 개개의 플랜 혹은 설비에 따른 檢討法을 채택하여야 하는데 이때 전절에서 설명한 바와 같이 LCC의 변수로는 구입비와 에너지비 및 保全費가 있으므로, 대상으로 하는 설비의 에너지費 및 保全費가 最小가 되도록 代替案을 몇 가지 검토하여 그들 案의 구입비와의 관계를 검토하면 될 것으로 본다.

그림 1·4는 어떤 設備計劃을 시작할 때 LCC를 最小化하기 위한 항목중, 러닝코스트(특히 에너지費)를 最小化하기 위해서는 어떠한 사항

을 검토해야 하는가를 살펴 본 概念表이다.

더욱이 여기에서 各項目은 다시 小項目으로 분류되어 검토를 해나가게 되는데 예를 들어 '전동기출력의 最適化制御'의 項에서는 그림 1·5에서 보는 바와 같이 부하의 특성을 分析하여 그 결과, 가장 적합한 方式을 채용하는 등 각 小項目마다 상세한 검토를 병행해 갈 필요가 있다.

결국 에너지使用合理化 設備計劃의 구체적 진행방법이란 變數와 定數를 정확히 식별해서 變數에 관련되는 個別技術문제를 상세하게 검토함으로써 비로서 성과를 거두게 되는 것이 아니겠는가.

구체적인 個別技術問題는 다른 章에서 기술하기로 하고 이상 LCC를 基本思想으로 한 에너지使用合理化 設備計劃에 관하여 약간 概要적으로 기술하였다.

얼마간의 참고라도 되었다면 다행으로 생각한다.

☛ 다음 호에 계속