

電力系統의 最適系統計劃 시스템

宋 一 吉 著

차 례

1. 最適系統計劃시스템 開發의 目的
2. 先進諸國에서 개발된 계산수법
3. 最適系統計劃시스템의 設計理念
4. 系統計劃시스템의 概要

1. 最適系統計劃시스템開發의 目的

電力설비의 投資計劃에서의 意思決定은 電氣事業을 운영해 나가는데 있어서도 가장 중요한 위치를 차지하는 것이며 이를 위해서는 항상 技術性, 信賴性 및 經濟性, 그리고 環境保全등의 각종 要因을 분석하고 종합적으로 평가해 나가도록 하지 않으면 안된다.

한편 電力系統을 計劃함에 있어서는 일반적으로 평대한 量의 技術計算이 필요한데 종래까지는 電子計算機를 사용해서 그때마다 潮流 계산이나 安定度 계산등의 系統解析을 개별적인 프로그램으로 처리하여 왔었다. 그러나 오늘날에 와서는 系統規模가 확대 복잡화되었고 計劃도 高精度化되어야 하겠다는 요청이 높아짐에 따라 이들 계산처리를 보다 효율적으로 실시할 필요가 생겼다.

이 때문에 系統計劃策定の 最適化를 목적으로 해서 이른바 系統計劃計算시스템이 先進諸國에서 여러가지로 開發 이용되기 시작하고 있다.

일반적인 方向으로서는 대개가 經濟性和 信賴度(영국에서는 安全性을 중시하고 있다)와의 協調에 중점을 두고 大型電子計算機를 사용해서 最適計劃을 樹立하고 있다.

여기서는 간단히 送配電施設計劃을 위한 最適化시스템에 관하여 앞서 筆者가 韓國開發院의 委托으로 開發

하여 현재 韓電에서 사용중인 最適系統計劃 시스템을 중심으로 系統計劃의 綜合機械化的 흐름 및 適用내용을 소개하기로 한다.

2. 先進諸國에서 개발된 计算方法

[美國에서의 例]

일반적으로 미국에서 實用化되고 있는 最適計劃의 일례를 보면 그림 1에 보는 바와같은 순서에 따르고 있다.

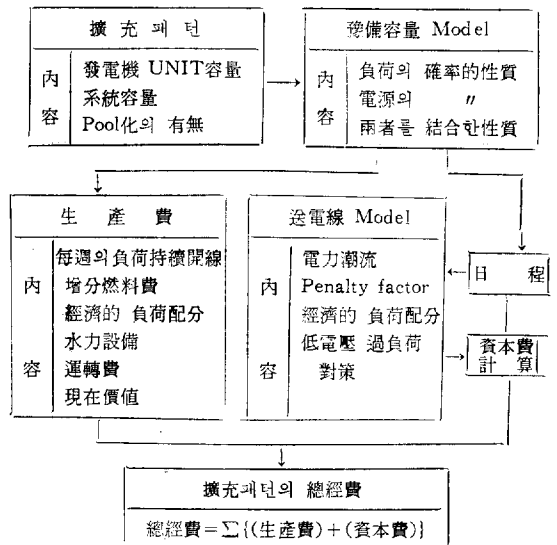


그림 1. 美國에서의 系統開發計劃의 概要

檢討기간은 통상 20년간을 보고 있으며 計算手法上의 특징을 들여보면 다음과 같다.

첫째 電源 및 負荷에 대해서는 시뮬레이션 技法을 사용해서 確率의 事象을 最適計劃 속에서 살려서 계산

*正會員: 高麗大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

하는 방법을 주로 쓰고 있다. 이밖에 최근에는 이러한 시뮬레이션手法대신에 解析的方法도 많이 쓰이고 있다.

둘째, 送電容量이상의 電力이 흐르게 되면 增設할 필요가 생기는데 이 경우에 送電容量의 부족이 있는가 어떤가의 解析방법으로서는 Fencing 방법을 쓰고 있다.

[프랑스에서의 例]

프랑스에서는 상당히 오래전부터 線型計劃法(LP法)을 응용해서 雙對性理論(duality theory) 또는 파라메트릭解法을 쓰고 있다는 것이 그 특징이라 하겠다.

그러나 최근에는 非線型計劃法(NLP法)의 응용에 대해서도 관심이 높아지고 있다. 그림 2은 프랑스에서 실시하고 있는 系統計劃의 概要를 보인 것으로서 이 flow圖에서 알 수 있는 바와 같이 長期→中期→短期와의 關係를 檢査시키는데 重點을 두고 있다. 長期의 검토기간은 일반적으로 10~15년으로 잡고 있다.

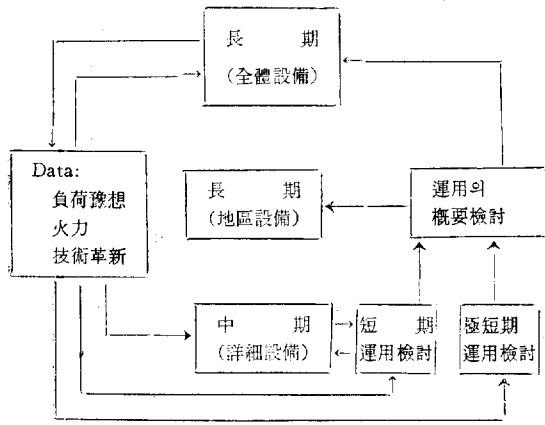


그림 2. 프랑스에서의 系統開發計劃의 概要

計算法上的 특징으로서

첫째, 最適계산의 判定條件으로서 다음의 값 [建設費의 現在價值累計]+[運用費期待值의 現在價值累計]

을 最小로 한다는 것을 조건으로 하고 있다(곧 運用費는 水力 및 負荷의 랜덤特性을 가미해서 期待費用을 취하고 있다)

둘째, 解析方法으로서 LP法을 많이 쓰고 있으며 이외에도 Modeling 法과 같은 시뮬레이션技法을 점차 도입하고 있다.

셋째, 送電容量부족 및 電壓降下등의 檢討에는 挿入法(Injection 法)이라 부르는 일종의 直流計算法의 手法을 쓰고 있다.

[日本에서의 例]

日本에서는 이전부터 각 電力會社단위로 小規模의으로 검토해 왔으나 10여년전부터는 종합적인 연구기

관을 구성해서 電力系統의 經濟開發手法을 개발하게 되었다. 곧 그것은 系統計劃프로그램의 開發로 대표되는데, 이들은 주로 系統計劃面에 있어서의 技術的側面을 체크하는데 전자계산기를 응용한다는 接近方法으로서 計劃案의 작성이나 여러가지 代案 가운데에서 最適의 것을 선정한다는 이론바 意思決定부분은 계산기가 아니고 計劃담당자의 판단에 맡긴다는 방법을 취하고 있다. 그것은 제아무리 좋은 模型이나 技法을 써서 計劃案을 작성하더라도 막상 그 결과를 적용하는 단계에서 일어나는 여러가지 문제, 곧 模型系統과 實系統間의 隔, 理論的解와 實用的解와의 隔, 그리고 環境문제 등에서 부각되는 制約등으로 당초의 프로그램대로 計劃을 추진할 수 없다는 애로가 너무 많기 때문이다. 따라서 評價부분은 가능한 피하고 다만 技術계산체크 시스템을 개발하는데 있어 이론바 데이터 베이스개념을 살려서 data file 設計에 重點을 두고 있다는 것이 그 특징이라고 할 수 있겠다.

3. 最適系統計劃시스템의 設計理念

가. 系統計劃의 諸要因

系統(送配電) 計劃을 세워나가는데 있어서 고려하여야 할 주된 要因을 분류해서 정리하면 表 1과 같이 될 것이다.

表 1. 系統計劃關連 諸要因

國內外 經濟情勢	國家의 에너지政策	電力會社 經營方針
需要의 增減	需要豫測	收支, 財務計劃(政策)
政治, 政策의 變遷	電源計劃	投資計劃
立地條件, 用地問題	資金調達	需給政策 計劃
公害問題, 에너지資源	電力生產 Cost	運用計劃 對策
外性的 要因 ←		→ 內性的 要因
(企業의 힘만으로 變更不能) (企業經營方針에 따라 選擇可能)		

시스템設計의 第一步은 이들 諸要因, 諸元 상호간의 因果關係, 影響도를 올바르게 분석, 평가한다는 것이며 이 분석과 평가에 의거해서 개발하고자 하는 시스템의 骨格을 證證적으로 組立해 나간다는 것이라고 할 수 있다.

앞서 筆者가 韓國開發研究院의 委托으로 「送配電施設計劃을 위한 最適化시스템의 開發」에서 電力系統計劃시스템을 開發하였던바 이것은 위 表에 보인 바와 같은 企業獨自의 意思決定을 할 수 있는 內性的인 諸要因의 要素의 選擇에 한한 것이었다. 여기서 系統計劃을 策定함에 있어서 資金制約(收支, 財務協調)이 별도로 검토되고 또한 그에 관한 情報가 주어져 있다고 가정한다면 이 문제는 “증가하는 需要에 대응해서 所定의 信賴性을 유지하고 또한 資金制約조건을 만족하면서 時系列的으로 本 最經濟的인 系統增強計劃을 찾아

내는 것이다"라고 表現할 수 있다.

여기서 系統計劃을 보다 직접적으로 관련하는 要因에 대해서 더 파고든다면 다음과 같은 諸要因을 열거할 수 있다.

表 2. 系統計劃 主要要因의 重要度

영향의 크기 順位	項 目	取扱한 問題의 內容
1	需要豫測	KWH豫測 KW豫測
2	電源計劃(立地)	電源立地 環境條件, 電源規模
3	需給計劃	UNIT 容量, 運轉開始月 補修計劃, 豫備力
4	運用檢對策	定常時, 非常時運用檢定 및 對策
5	其他 技術의 諸問題	保護方式, 遮斷容量, 母線構成 기타

上記의 對象要因中 需要豫測, 電源計劃은 일반적으로 長期電源開發計劃이라는 테두리에서 다루어져야 하는 것이고 送配電計劃은 주로 이들 중 需給計劃, 運用計劃을 중심으로 해서 취급되는 것이다.

다시 여기서 需給計劃, 運用計劃에 관련하는 諸要因을 系統計劃策정면에서 분류해 보면 表 3처럼 될 것이다.

表 3. 送變電計劃檢對項目要因分析

項 目	系統計劃策定上의 Weight評價
需給計劃 (1) 大容量發電機補修計劃 (2) 發電機出力配分方法 (3) 水力調整能力使用方法	[絕對的 要因] 大部分은 이들의 要因으로 設備增強의 主要성이 正해진다
運用對策 (4) 事故時過負荷對策 (5) 安定度	[從屬的 要因] 運用技術의 確認 代替方法의 檢對

곧 需給計劃은 더 처하는 對策을 크게 지배하는 절대적(1次的) 要因이지만 運用計劃은 運用上의 技術의 檢對 代替方案의 검토를 주로하는 중속적(2次的) 要因이라고 할 수 있는 것이다.

나. 系統計劃문제의 特質

系統增強방법에 관한 最適手法을 어떻게 선정하여야 할 것인가를 생각하기 위해서는 系統計劃 策정문제의 성격에 대해서 고찰해 볼 필요가 있다.

- 1) 代替가능한 다수의 計劃策정패턴(pattern)이 존재하고 그 가운데에서 最適의 것을 선택하는 문제이다.
- 2) 이들의 패턴선택은 장래의 어느 일정기간에 있어서 時系列의 最適(經濟性, 信賴性面에서)인 패턴系列의 선택문제이다.
- 3) 設備增強은 거의 대부분의 것이 段階的이기 때문에 連續函數로서 취급할 수 없는 경우가 많다.

이상 설명한 바와같은 문제의 성격으로부터 古典的인 微分學 또는 偏分學같은 手法은 이 문제에 適當하지 않다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유로부터 系統計劃문제는 어디까지나 最適組合問題(Optimal Combination Problem)적인 성격을 지니고 있으므로 動的計劃法(Dynamic Programming) 등이 有效한 計算技法으로 활용되기 시작하고 있다.

다. 計劃策定에 있어서의 意思決定過程

現實의 長期系統計劃이 施設計劃(實施計劃)으로서 확정된다는 것은 겨우 3~4年度 앞까지의 至近年度의 部分이며 總年度의 대부분은 상당히 流動적인 것으로서 매년 재검토되어야 할 성격인 것이라고 하겠다. 또한 系統計劃策정시에 처음부터 최종목표가 결정되어 있다는 경우는 거의 있을 수 없다. 그러나 現實에서의 策정작업과정을 본다면 검토대책기간의 최종년도에서 이상으로 하는 系統構成을 검토하며 수개로 압축한 目標패턴을 가정한 다음에 각각의 目標패턴에 대해서 時系列을 고려한 最善의 增強과정방법을 검토하도록 하고 있다. 그리하여 제조건을 종합적으로 고려하면서 目標패턴을 반복수정하면서 최종적으로 最適하다고 생각되는 計劃을 抽出하고 있는 것이 現狀이다.

따라서 最終年度의 目標패턴이 여러가지로 변동하더라도 至近年度의 패턴을 어떻게 해두면 좋을 것인가하는 것이 系統計劃을 策정해 나가는데 있어서 가장 중요하다고 하겠다. 이들 一連의 意思決定과정은 그림 3에 보인바와 같다.

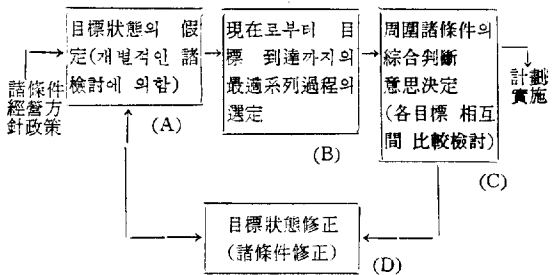


그림 3. 系統計劃策定時의 意思決定 過程

한편 여기서 보인 바와 같은 意思決定과정을 모두 模型化(곧 프로그래밍化) 한다는 것은 現단계에서는 곤란할 뿐아니라 바람직하지 않다고 할 수 없다. 다만 그림 3의 (B)블록만이라도 프로그래밍이 실시된다면 계획검토, 策정작업의 노력이 대폭적으로 輕감될 것으로 기대될 것이다. 이것은 종래 검토할 수 없었던 다수의 상세한 문제에 대해서까지 검토할 수 있다는 것이며 系統計劃策정 精度의 향상에 커다란 효과가 기대된다는 것을 뜻한다.

따라서 최근에 개발하였던 最適系統計劃시스템에서

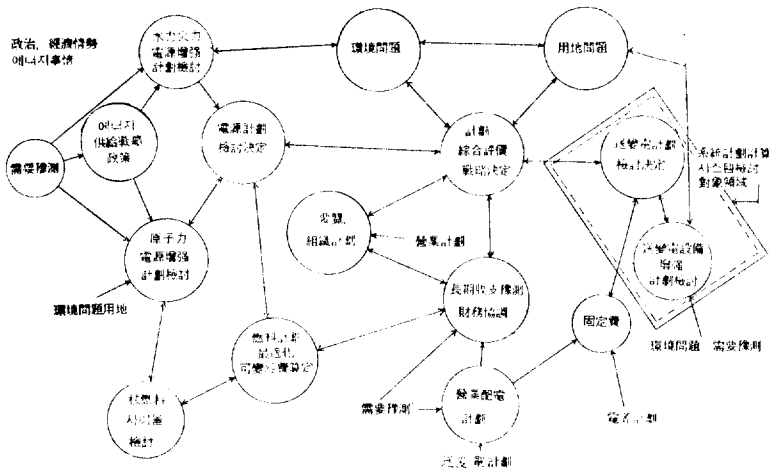


그림 4. 電氣事業 經營計劃 意思決定 過程時 情報의 흐름圖

는 假說目標에 대한 最適의 時系列과정을 本手法로 찾아내고 人間에 의한 종합적인 판단을 가하면서 假說 目標을 수정해 나가는 과정을 반복하면서 最適의 系統 計劃을 얻는 방법을 채택하도록 하였다.

4. 系統計劃시스템의 概要

가. 시스템의 必要性

電力事業은 거대한 設備産業이다. 이 設備投資의 내역을 보면 電力輸送부분에의 投資가 電源設備부분에 이어서 큰 비중을 차지하고 있다. 電力系統계획은 이 電力輸送설비의 확충에 관한 方針을 결정하는 것이며 따라서 그 계획의 良否는 電力事業의 經營에 커다란 영향을 미치게 되는 것이다.

電力系統은 기능을 달리하는 여러가지 설비로 구성되고 또한 상호 밀접하게 관련해서 이루어진 에너지공급시스템이다. 또 電力系統은 공급지역전체에 걸쳐서 계층적인 연락을 지닌다는 공간적구성을 취하는 한편 시간적으로도 수요의 증가에 따라 끊임없이 성장을 거듭하는 시스템이기도 하다. 이러한 관점에서 電力系統計劃에 있어서는 모든 각도에서 다종다양한 諸要因을 정확하게 분석하고 종합적으로 평가하는 수단을 갖는다는 것이 꼭 필요할 것이다.

그림 4는 電氣事業 經營計劃 意思決定 과정에 있어서의 情報의 흐름을 알기쉽게 보인 것이다.

앞서 개발한 系統計劃시스템은 그림의 點線부분으로 한정되는 것인데 이 부분을 중심으로 정리해서 설명하면 다음과 같다. 일반적으로 電力會社에서 실시되는 設備計劃의 策정은 그림 5에 보이는 바와 같이 대략 아래와 같은 과정을 취한다.

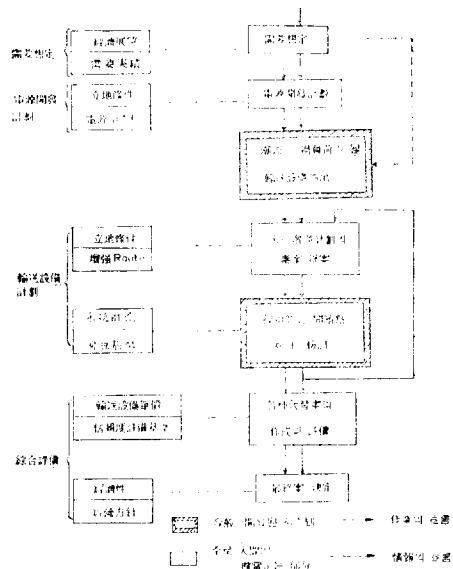


그림 5. 設備計劃의 策定順序

需要想定→電源開發計劃→輸送設備計劃→綜合評價

이 중 輸送設備계획이 있어서는 제안된 計劃案에 대하여 계획담당자는 다음과 같은 2段階의 순서를 거쳐게 된다. 즉 第1段階는 제안된 計劃案에 기술적인 문제점이 포함되어 있는가 어떤가를 소정의 基準에 비추어서 그 與否를 체크하는 순서이며 第2段階는 이 체크에 의해서 합격된 計劃案에 대해서 다시 기술적, 경제적 측면에서 평가를 가하고 이들의 計劃案 가운데에

서 몇개의 적절한 案을 선정한다는 것이다.

현재 開發, 利用 중인 系統計劃計算시스템은 輸送設備 계획 중 상기 第1段階의 技術的側面에서의 檢査에 중점을 두고 있는 것이며 구체적으로는 輸送설비를 能力限界내에서의 運用與否 및 供給電力의 品質與否를 검토, 判定하는 것이다.

이들 두개의 檢査 조건을 다시 세분해서 보이면 다음과 같다.

- 1) 輸送設備의 能力限界
 - 送電線, 變壓器의 潮流容量限界
 - 電源脫落時의 過負荷
 - 系統事故時의 短絡容量
- 2) 供給電力의 品質維持
 - 過渡安定度에 의한 系統崩壞
 - 系統의 電壓 無効電力分析

이상의 目的을 위해서 본 시스템에서는 다음의 4가지 檢査를 위한 計算프로그램을 구비하도록 하였다.

- 系統事故時의 遮斷容量(短絡容量) 檢査
- 送電線變壓器의 潮流容量(過負荷計算) 檢査
- 過渡安定度解析
- 精密潮流計算

나. 시스템開發方針

오늘날 系統計劃을 立案作成함에 있어서는 立案者의 작업을 配分的으로 보조하는 형식으로 電子計算機의 介在이 필수조건으로 되어 있다. 이 경우 人間과 計算機와는 우수한 能力을 서로 발휘하고 調和를 취하는 형식으로 작업을 분담하도록 하는 것이 보다 바람직하다고 하겠다.

人間은 패턴認識이라든가 創造力을 필요로하는 종합적인 判斷能力面에서는 計算機를 앞지르고 있으나 작업을 고속도로 처리하는 능력이라든가 막대한 양의 데이터를 記憶하는 能力面에서는 計算機가 훨씬 앞지르고 있다.

이와같은 兩者의 個性的能力的 차이를 고려하므로써 앞서든 그림 4의 순서중

- (1) 系統增強計劃(패턴)素案의 提案
- (2) 最終計劃案의 決定

의 두가지에 대해서는 주로 人間이 主體性을 가지고 담당하는 것이 보다 實際的이며 기타의 block에 대해서는 計算機를 적극적으로 활용하는 것이 효과적일 것이다.

다. 시스템의 構成

시스템의 構成은 그림 7에 보인 바와 같이 크게 나누어서 데이터베이스(Data base) 設定프로그램部와 系統解析프로그램部로 이루어진다.

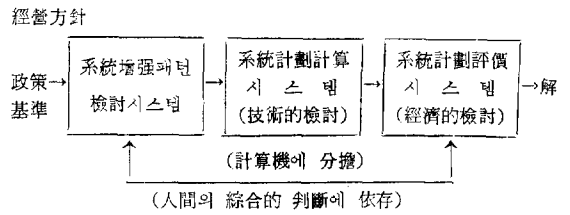


그림 6. 系統計劃計算시스템設計 概念圖

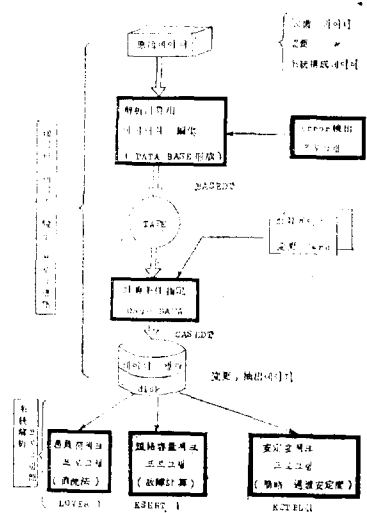


그림 7. 系統計劃計算시스템의 構成

前者의 서브시스템은 長期計劃등에 의해서 주어지는 設備, 需要등의 관련메이타로부터 系統解析用의 데이터를 編輯해서 data file을 만드는 部分이며 後者의 서브시스템은 그 데이터와 각종 解析프로그램에 의거해서 系統特性解析을 실행하는 部分이다.

그동안 韓電에서 본 시스템의 수차례 걸친 使用結果에 따르면 이것이 系統計劃策定業務의 有력한 手段으로서 충분히 활용할 수 있다는 것이 밝혀지고 있다.

參 考 文 獻

- (1) 日本電力中央研究所 “電力系統計劃시스템의 開發” 技研報告 F175525, 1976.
- (2) K. Takahashi etc: Practical Assessment and Strategy for Improvement of Dynamic Performance of Power Systems CIGRE Report 32-03, 1976.
- (3) 宋吉永: “送配電施設計劃을 위한 最適化시스템의 開發” 韓國開發院報告書 1977.
- (4) 宋吉永: “電力系統計劃의 綜合機械化에 관한 研究” 大韓電氣學會誌 Vol.27, No.1, 1978.