

論 文
36~4~1

# 修正 블럭모델法에 의한 配電系統의 最適運用에 關한 研究

## A Study on the Optimal Operation of Distirbution System Using the Modified Block Model Method

宋 吉 永\* · 洪 尚 垠\*\* · 金 在 泳\*\*\*  
(Kil-Yeong Song · Sang-Eun Hong · Jae-Yeong Kim)

### Abstract

Distribution system is one of large and complicated sytem, consisted of a great number of components. Therefore efficient operation based on precise analysis and computation methods is indispensable accommodating growing loads.

This paper describes an optimal operation problem to relieve overload flow in radial distribution systems by using modified block model.

The problem is formulated as a network problem of synthesizing the optimal spanning tree in a graph, branch and bound method is used for the optimization.

Especially modified block model proposed in this paper is validated more practical than conventional model.

These methods can be applied to two types of distribution system problems such as, 1) planning problem to check the capability of relieving overload at normal rating, 2) emergency operation problem to determine switching scheme for minimizing customer loads affected by a fault.

Examples of application to these problems are discussed.

### 1. 序 論

근년 産業의 발전과 人口의 都市 集中化 그리고 생활 수준의 향상에 따른 가전제품의 보급 확대로 電力 需要는 급격히 增加하고 있으며, 이에따라 配電系統 역시 大規模化, 複雜化하여 가는 추세이다. 특히 配電系統은 電力系統의 末端에 位置하여 需用家에게 직접 電力을 供給하므로 需用家 서비스 조건에 미치는 영향이 클 뿐 아니라 廣大한 地域에

다수의 設備를 가지고 있어, 配電 運用에 많은 人力과 投資를 必要로 하고 있다." 따라서 우리 나라에서는 配電 運用의 效率化를 위하여 新型 器材의 개발, 配電 業務의 電算化, 配電 運用의 自動화를 추진하고 있다. 특히 配電 自動화에 있어서는 현재 配電用 變電所에 SCADA시스템(Supervisory control and data acquisition system)을 설치 운용하고 있으며, 配電 自動화를 위한 遠方 監視制御에 대한 研究가 활발히 進行되고 있어 앞으로 配電 運用의 自動화 時代를 예고하고 있다."

그러나 이러한 시스템의 효율적인 運用을 위해서는 무엇보다 最適 理論에 입각한 配電 系統의 最適 運用 알고리즘의 개발이 선행되어야 한다.<sup>4),5),6),7)</sup>

지금까지 배전 운용 문제를 중점적으로 研究한 事例는 그다지 많지 않고 대부분이 경제성을 고려한 設備 投資문제를 다루는 장기 配電 계획 문제에

\*正 會 員：高麗大工大 電氣工學科教授 · 工博  
 \*\*正 會 員：韓電 技術研究院 先任研究員  
 \*\*\*正 會 員：韓電 送變電處  
 接受日字：1986年 10月 2日  
 1次修正：1986年 12月 9日  
 2次修正：1987年 1月 28日

편중하여 왔다.<sup>8),10),13),15)</sup>

이것은 配電 系統의 특성이 수많은 부하점 (수용가)과 설비들이 面狀으로 分布 되어 있고, 변동 상황이 빈번하다는 것 외에도 항상 樹枝狀 선로 구성을 해야하고, 선로 도중에 분기선로와 구분개폐기 (Recloser, Interruptor, Sectionlizer, Loop Switch) 들이 散在하여 送電 系統에서는 볼 수 없는 특성을 가지고 있는 관계로 配電 系統의 最適 運用 모델의 개발이 어렵기 때문이다.

配電 運用 문제의 해석용으로 개발된 모델 중에서 블록 모델(Block Model)에 의한 방법<sup>8)</sup>은 상기한 配電 系統의 특성을 살릴 수 있는 方法으로 주목되기는 하지만, 이 역시 블록내의 許容 容量을 대표적인 線種으로 결정하고 있으므로, 동일 블록내에서는 선로의 線種이 바뀌거나 분기 선로가 있는 경우에는 系統특성을 정확하게 표현하기가 곤란하다는 단점을 가지고 있다.

본 研究에서는 종래의 블록 모델에 假想節點(Dummy Node)과 假想枝路(Dummy Branch)를 도입하여 그 결점을 보완 하므로써 실제통을 보다 정확하게 표현할 수 있는 「修正 블록 모델」을 제안하고, 配電 運用 문제에서 중요한 부분인 負荷 切替 대책 및 공급지장 전력 最小化 결정 문제<sup>16)</sup>에 적용할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 본 연구 결과를 韓 電 실제통을 대상으로 配電 선로에 過負荷가 발생할 경우, 事故가 발생할 경우 및 休電 作業을 할 경우에 적용해 본 결과 그 유용성을 확인할 수 있었다.

## 2. 配電 系統의 等價 表現

配電線 過負荷 解消를 위한 開閉器切替 문제를 정식화하는 데에는 우선 최소한의 데이터를 사용하면서 配電系統의 특성을 충분히 고려할 수 있도록 系統을 等價的으로 표현할 필요가 있다. 이와같은 等價 表現을 용이하게 하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 가정을 하였다.

- 1) 線路에서의 電力 損失은 無視한다.
- 2) 線路의 3相電流는 定常運轉 및 事故時 모두 平衡 狀態이다.
- 3) 過負荷 線路는 동시에 여러곳에서 발생할 수 있다.

### 2.1 종래의 等價 表現法

종래의 等價 表現法은 블록 모델<sup>8)</sup>을 말한다. 블

록 모델이란 配電 系統을 開閉器와 開閉器로 둘러싸인 블록으로 分割하고, 이 블록과 開閉器의 集合을 回路網으로 表現하는 方法이다. (이때 블록내의 配電 設備에 대한 제특성은 일괄하여 表現한다) 여기서 回路網을 구성하는 각 요소들은 다음과 같이 정의한다.

- 1) 節點 : 開閉器와 開閉器로 둘러싸인 블록  
 節點 負荷 電力 : 동일 블록내에 존재하는 需用家의 負荷 電力의 合  
 節點 許容 容量 : 블록내 線路에서 대표적인 線種의 許容 容量
- 2) 枝路 : 開閉器에 해당  
 開(open)狀態 : 점선 표시  
 閉(close)狀態 : 실선 표시

그림 1은 블록 모델에 의한 配電 系統의 等價 表現例를 나타낸 것이며, 이때 블록 모델로 表現된 回路網의 諸變數들은 그림 2와 같다.

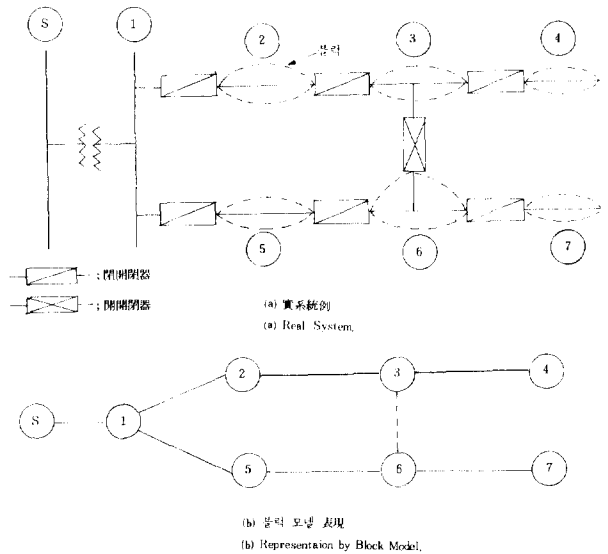


그림1. 配電 系統의 等價 表現

Fig.1. Example of distribution equivalent network.

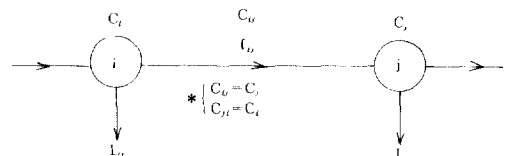


그림2. 블록모델의 諸變數

Fig.2. Variables of block model

그림 2에서

$L_j$  : 節點  $j$ 의 負荷 電力(demand)

$C_j$  : 節點  $j$ 의 許容 容量(capacity)

$f_{ij}$  : 枝路  $i, j$ 의 流量

$C_{ij}$  : 枝路  $i, j$ 의 許容 容量

이며, 여기서  $C_{ij} = C_j, C_{ji} = C_i$ 로 한다.

### 2.2 修正 블록 모델<sup>3)</sup>

전술한 블록 모델은 그림 1의 ③과 ⑥블록 表現에서와 같이 동일 블록내에서 線種이 변하거나 分岐 線路가 있을 경우, 블록 節點의 許容 容量을 代表 線種으로 나타내거나 分岐 線路를 단일블록으로 간략하게 표현하기 때문에 實系統을 精確하게 표현할 수 없었다.

本 研究에서는 이점에 着眼하여 종래의 블록 모델에 다음과 같은 假想節點과 假想枝路를 도입하므로써 等假 表現의 精確성을 기하도록 하였다.

#### 1) 假想節點

線種이 바뀌는 접속점이나 分岐 線路의 접속점을 假想節點으로 나타낸다. 이 때 回路網 變數값은 다음과 같다.

$$L_j = 0, C_j = \infty : j \in DN$$

여기서 DN : 假想節點의 集合

#### 2) 假想枝路

일반 블록과 假想 블록을 구분하기 위해 假想 開閉器를 假定하고, 修正 블록 모델에서는 이를 假想枝路로 나타낸다(단 假想枝路는 항상 閉路이어야 하며 그림에서는 일반지로와 구분하기 위해 =로 표현함)

그림 3은 블록(節點)  $i$ 에서  $n$ 개의 블록으로 分岐되어 있는 경우(線種이 바뀌는 경우도 마찬가지임) 블록 모델과 修正블록 모델을 비교한 것이다.

### 3. 問題의 定式化

配電 系統을 修正 블록 모델法에 의해 回路網으로 變換하면 네트워크 解析 問題로 취급할 수 있으므로, 다음과 같이 定式化 할 수 있다.

#### 3.1 目的函數

枝路( $i^*j^*$ )가 過負荷 狀態일 때 그 過負荷量의 최소화를 目的函數로 한다.

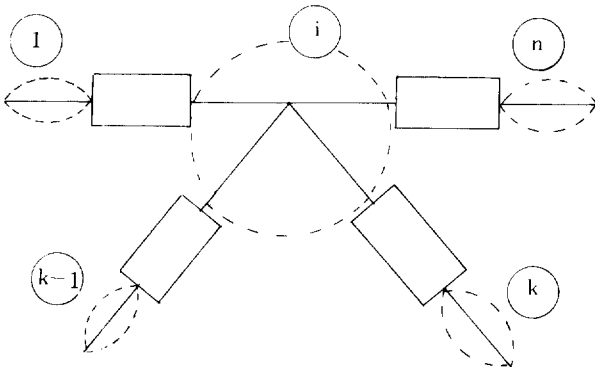
$$\min Z = \begin{cases} f_{i^*j^*} - C_{i^*j^*} & : f_{i^*j^*} \geq C_{i^*j^*} \\ 0 & : f_{i^*j^*} < C_{i^*j^*} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $(i^*, j^*) \in OB$

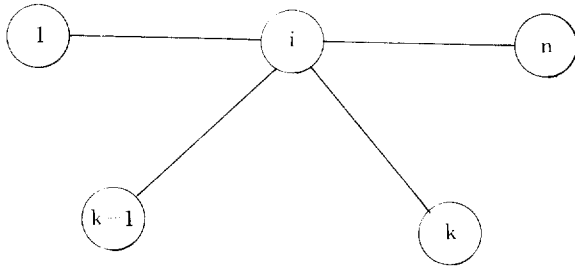
OB : 過負荷 枝路의 集合

#### 3.2 制約 條件

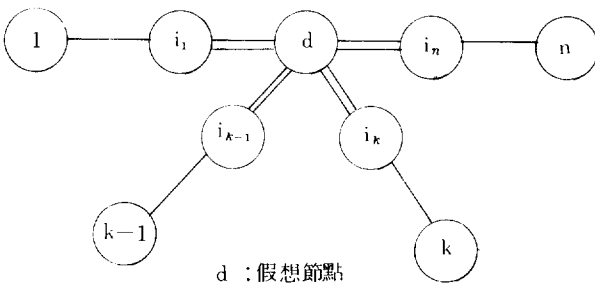
1) 需給 制約 條件(Kirchhoff의 節點法測)



(a) 실제의 회로  
(a) Sample circuit



(b) 블록 모델 表現  
(b) Block model



d : 假想節點  
= : 假想枝路

(c) 修正 블록 모델 表現  
(c) Modified block model

그림3. 블록모델과 修正블록모델의 비교

Fig.3. Comparison between Two models

流入點(source)으로 부터 回路網에 流入하는 總流量은 回路網으로 부터 流出點(sink)으로 流出되는 總流量과 같아야 한다.

$$\sum_{(i,j) \in \text{cutset } j} f_{ij} = \begin{cases} -\sum_{k \in \text{TN}-S} L_k & ; j \in S \\ L_j & ; j \notin S \cup \text{DN} \\ 0 & ; j \in \text{DN} \end{cases} \quad (2)$$

여기서  $(i, j) \in \text{TB}$

TN : 節點의 집합

TB : 枝路의 집합

DN : 假想節點의 집합

S : 基準節點

cut set j : 절점 j와 연결된 枝路의 집합

2) 容量 制約 조건

枝路에서의 流量은 枝路의 最大 許容 容量을 초과하여서는 안된다.

$$C_{ij} \geq f_{ij} \quad (3)$$

여기서  $(i, j) \notin \text{OB}$

$$C_{ij} = \begin{cases} C_j & ; j \notin S \cup \text{DN} \\ \infty & ; j \in S \cup \text{DN} \end{cases}$$

2) 系統 構成 制約 조건

配電 系統은 반드시 樹枝狀(radial)으로 운전되어야 한다(radial constraint)

i)  $j \notin \text{DN}$ 일 때

$$X(j) = \sum_{(i,j) \in \text{cutset } j} x_{ij} \leq 1 \quad (4)$$

$$\text{여기서 } x_{ij} = \begin{cases} 1 & ; f_{ij} > 0 \\ 0 & ; f_{ij} \leq 0 \end{cases}$$

ii)  $j \in \text{DN}$ 일 때

$$X(j) = \sum_{(k,j) \in \text{cutset } j^*} x_{kj} \leq 1 \quad (5)$$

$$\text{여기서 } x_{kj} = \begin{cases} 1 & ; f_{kj} > 0 \\ 0 & ; f_{kj} \leq 0 \end{cases}$$

$j_k$  : 假想節點 j와 假想枝路로 연결된 節點  
cutset  $j^*$  :  $j_k$ 와 연결된 枝路의 집합

### 4. 問題의 解法

配電 系統을 修正 블럭 모델에 의해 回路網으로 表現하고 電力潮流(power flow)를 流量(flow)으로 대치하게 되면 이 문제는 네트워크 解析 問題<sup>2), 21)</sup>로 취급 할 수 있으나, 네트워크 解析 問題의 解法에 의해 容量 制約 조건과 系統 구성 제약 조건을

동시에 만족하도록 最適化하는 것은 대단히 어렵다. 이것은 네트워크 解析 問題가 일반적으로 閉路(loop)狀 回路에 대해서 유효한 방법이므로 系統 構成 制約 조건인 樹枝狀(radial) 조건의 취급이 곤란하기 때문이다.<sup>5), 15), 17)</sup>

따라서 여기서는 우선 容量 制約 조건만을 고려하여 네트워크 解析 問題인 最大 流量 感度 解析(Maximum flow sensitivity analysis)<sup>3), 20)</sup>에 의해 過負荷量이 최소가 되는 流量 分布를 구하고, 이 閉路를 하나씩 개방시키면서 最大 流量 感度 解析을 반복적으로 실시하게 되면 최종적으로 두 제약조건을 모두 만족하는 最適解를 구할 수 있다.

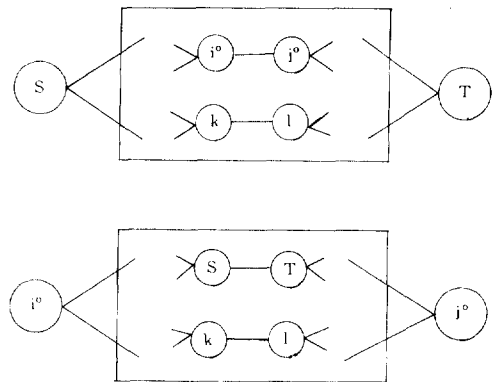
#### 4.1 最大 流量 感度 解析<sup>2), 18), 20), 21)</sup>

最大 流量 感度 解析이란 容量 制約 있는 最大 流量法에 의해 주어진 回路網의 最大 流量을 구할 때 容量 制約을 위반하고 있는 枝路가 있는 경우, 이 위반량(過負荷量)이 최소가 되도록 流量 分布를 修正하는 解析 방법이다.

最大 流量 感度 解析을 위해서 먼저 다음과 같은 殘餘容量이라는 變數를 도입한다.

$$RC_{kl} = C_{kl} - f_{kl} \quad (6)$$

식 (6)에서 殘餘容量  $RC_{kl}$ 이  $RC_{kl} < 0$  이면 枝路(k, l)는 過負荷 상태이고, 이 때 過負荷量은



(a) 원래의 회로망  
(a) Original Network  
(b) 변환 후 회로망  
(b) Network after change

그림4. 회로망 변환

Fig.4. Network after conversion

- $RC_{kl}$ 가 되며, 또  $RC_{kl}$ 이  $RC_{kl} \geq 0$  이면 그 枝路는  $RC_{kl}$  만큼 容量의 여유가 생기는 것을 의미한다.

따라서 修正 모델법에 의해 等價 表現된 그림 4 (a)의 回路網에서 過負荷 狀態로 判定된 枝路를  $(i, j)$ 라 하고 기타 枝路를  $(k, l)$ 이라 할 때 그림 4 (b)와 같이 流入點 S와 流出點 T를 연결하고 節點  $i^*$ 와  $j^*$ 를 각각 流入點과 流出點으로 變換한 후 그 逆방향으로 流量을 흘리면 過負荷를 解消할 수 있다.

이때 逆방향 流量의 경로는  $RC_{kl}$ 의 값이 正이 되는 枝路를 탐색하여 殘餘容量이 負가 되지 않는 범위에서 過負荷量을 감소시키도록 流量 分布를 修正한다. 이 경우 각 節點의 需給 制約 조건은 반드시 만족하여야 하기 때문에 流量 分布 修正은 閉路狀 回路를 순환하는 流量에 의해 가능하다. 이와같이 流量 分布를 修正하는 閉路狀 回路를 체인(chain)이라 한다.

이 때 修正 流量의 크기는

$$fm = \min\{\min\{-RC_{kl} \mid (k, l) \in \text{체인}\}, RC_{i^*j^*}\} \quad (7)$$

로 결정되며, 流量 分布의 修正에서 체인에 속하는 각 枝路의 流量 및 殘餘流量은 다음과 같이 修正한다.

$$\left. \begin{aligned} f_{kl}^{new} &= f_{kl}^{old} + fm \\ -RC_{kl}^{new} &= -RC_{kl}^{old} - fm \end{aligned} \right\} (k, l) \in \text{체인} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} f_{lk}^{new} &= f_{lk}^{old} - fm \\ -RC_{lk}^{new} &= -RC_{lk}^{old} + fm \end{aligned} \right\} (l, k) \in \text{체인} \quad (9)$$

이상의 과정을 흐름도(flow chart)로 나타내면 그림 5와 같다.

上記 계산 결과에서 最適 流量 分布가 複數個 존재하는 경우가 생기는데, 이때에는 되도록 開閉器의 조작 횟수를 최소화 하는 것이 바람직한 것이므로, 본 연구에서는 다음과 같은 계산 조건을 고려하여 最適解를 구하고 동시에 開閉器의 조작 횟수도 최소화 하였다.

- 1) 殘餘容量이 正이 되는 枝路를 선택할 때에는 現 상태에서 閉狀態인 枝路를 우선 선택한다.
- 2) 閉狀態의 枝路가 없을 때는 체인에 포함되는 開狀態의 枝路의 數가 최소가 되도록 선택한다.
- 3) (2)의 조건에서 동일 상태의 체인이 있을 때는 체인 殘餘容量 최소량 중 최대치인 開狀態 枝路를 선택한다.

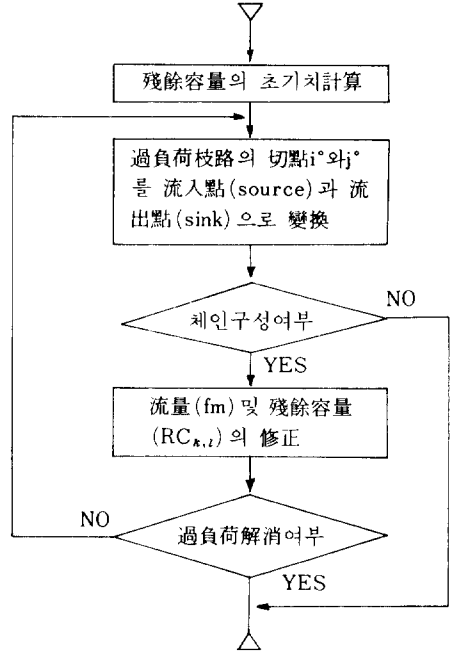


그림5. 計算 흐름도  
Fig.5. Flow chart

상기한 방법외에도 개폐기의 조작횟수를 최소화 하는 조건을 目的函數에 포함시키는 방법을 생각할 수 있으나, 이 경우의 解法으로는 多目的 計劃法등의 새로운 기법의 연구가 요망된다.

#### 4.2 分岐限定法에 의한 解法

그림 5의 計算에서는 식 (2)와 (3)의 制約조건만을 고려한 것으로, 그 결과는 系統 구성이 閉路狀 구성을 갖게 되므로 식 (4)와 (5)의 조건을 만족하도록 修正되어야 한다.

이와같은 問題의 解法으로는 整數計劃法<sup>10)</sup>, 나무 探索法(Tree search Method),<sup>11),12)</sup> 分岐限定法(Branch and Bound Method)<sup>12),13),14)</sup> 등이 있으나, 전자의 두 방법은 系統 규모가 커질 경우 計算 時間과 기억容量이 비약적으로 增加하게 되므로, 本 研究에서는 이와같은 問題에서 有效한 方法으로 잘 알려진 分岐限定法을 適用하였다.

分岐限定法의 특징<sup>21),22)</sup>은 주어진 問題를 직접 풀기 곤란할 경우, 몇개의 보다 容易한 問題로 分割한 후 最適解가 얻어질 때까지 分割된 問題를 反復 計算하는 問題이므로, 本 問題에서는 饋入點의 枝路를 개방하여 最大流量 感度解析을 하는 것을 問題

의 分割로 보고 系統 構成 制約 조건이 만족될 때까지 順次的으로 제로점을 解消하여 나가도록 하였다.

여기서 문제의 분할은 문제k의 解가 원문제의 허용해가 아닐 때 系統構成條件인 식(4) 및 식(5)를 만족하지 못하는 節點을 하나 선택하여 식(4) 및 식(5)가 만족될 때까지  $x_{ij}$  및  $x_{k, jk}$ 의 모든 조합을 탐색하여 문제k를 각각의 조합에 대응하는 문제군  $\{p^k\}$ 로 분할하는 것(분기조건)을 말한다. (그림 6참고)

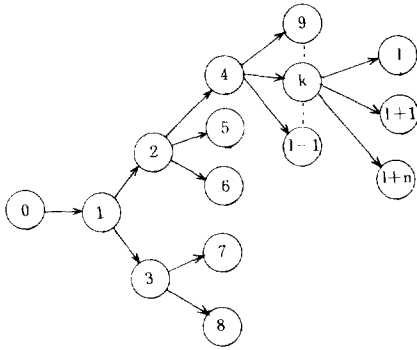


그림6. 解 그래프의 概念  
Fig.6. Concept of solution graph

문제  $l \in \{p^k\}$ 일 때 문제 l은 식(4) 및 식(5)를 무시하고 식(3) 대신 다음식을 도입한다.

$$C_{ij}^l \geq f_{ij} \tag{10}$$

여기서  $(i, j) \in OB, i \neq j$

$$C_{ij}^l = \begin{cases} 0 & (i, j) \in \{x^l\} \\ C_{ij} & (i, j) \notin \{x^l\} \end{cases} \tag{11}$$

$$\{x^l\} = \{x^k\} + \text{cutset } n_k - (n_m, n_k) \tag{12}$$

$m \in M_k$

$(n_m, n_k)$  : cutset  $n_k$ 의 요소

$M_k$  : cutset  $n_k$ 의 요소수

따라서 문제 l은  $M_k$ 개 존재한다. 이 때 일반성을 갖기 위해  $\{x^l\}$ 은 空集合으로 한다.

그림 6은 分岐限定法の 解 그래프를 나타낸 것으로 각 分割 問題의 解를 다음 3가지로 정의하여 그 最適性を 判定하도록 하였다.

- 1) 部分許容解(subfeasible solution) : 페로점 j가 系統 構成 제약조건을 만족하는 경우의 해
- 2) 許容解(feasible solution) : 모든 節點이 系統

構成 제약조건을 만족하는 경우의 해

3) 最適解(optimal solution) : 許容解중에서 目的 함수의 값이 最小인 解

또 문제의 分割에 있어서도 다음의 성질을 利用하여 分割數를 最小化하므로서 수렴 속도와 기억용량을 줄일 수 있었다(한정조건).

1) 문제 K의 解가 部分 許容解가 아니면 문제 l도 部分 許容解가 존재하지 않으므로 문제 K는 더 이상 분할 불필요.

2) 문제 K와 문제 l이 部分 許容解를 가질 때 許容解  $Z^*$ 가 구해져 있을 경우  $Z^* \leq Z^*(f^{**k})$  라면 문제 k의 분할 불필요.

그림 7은 이상의 계산 과정을 흐름 선도로 나타낸 것이다.

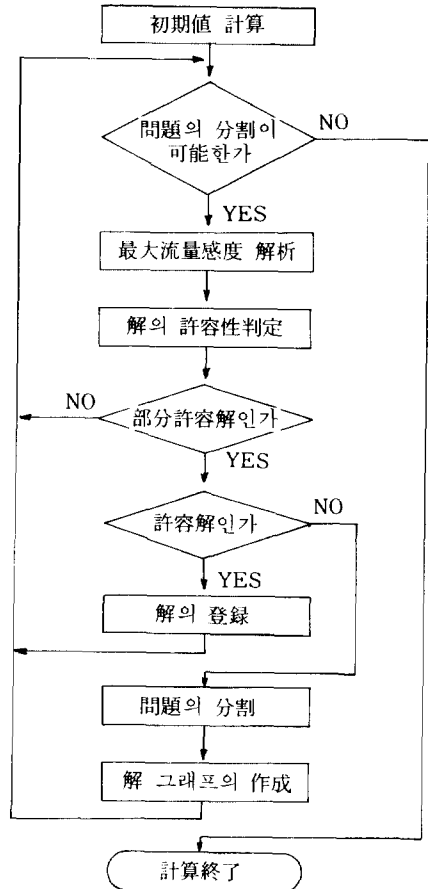


그림7. 分岐限定법에 의한 계산흐름도  
Fig.7. Calculation flow chart

### 5. 實系統 適用例

本 研究에서는 그림 8 과 같이 配電變電所 2 個所, 變電所別 給電線(Feeder) 各 3 回線, 開閉器 32 個所, 블럭 28 個所를 갖는 韓電 實系統에서 ① 配電線이 過負荷인 경우, ② 休電作業을 施行할 경우, ③ 線路事故가 發生한 경우의 3 가지 경우로 區分하여 本 研究에서 提示한 알고리즘을 適用하여 開閉器 最適切替問題를 檢査하였다.

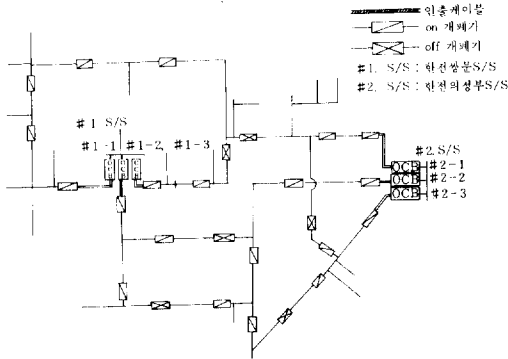


그림 8. 實系統  
Fig. 8. Real system

이 때의 系統狀態는 節點 ⑩에서 線種이 바뀌는 경우로써 修正 블럭모델에서는 假想節點 ⑩을 導入하고 線種이 다른 部分을 節點 ⑩로 나타내었다. (그림 9 참조)

1) 配電線이 過負荷인 경우: 그림 9 의 블럭 ③에서 2120[kW]의 過負荷가 發生하였을 때 計算結果는 枝路(7, 8)을 OFF하고 枝路(8, 28)을 ON하여 # 1 變電所에서 供給하던 블럭 ⑧을 # 2 變電所로

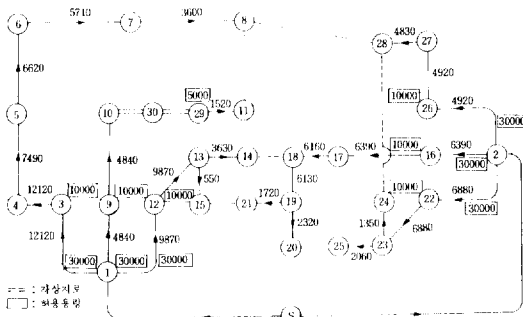


그림 9. 모델 系統  
Fig. 9. Model system

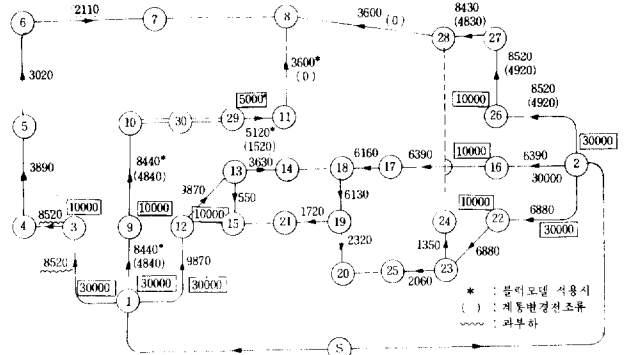


그림 10. 過負荷 發生時  
Fig. 10. Over load case

切替하여 供給하는 것으로 나타났다. 그 結果로 블럭 ③의 潮流는 3600[kW]만큼 감소하며 1480[kW]만큼의 여유를 갖게 되고, 블럭 ⑩은 8520[kW]로 增加하였으나 許容値이내이므로 過負荷가 解消되었음을 알 수 있다. 그러나 동일한 경우에 대하여 블럭 모델을 그대로 適用한 結果 블럭 ⑧은 枝路(8, 11)을 통해 블럭 ⑩과 連結되고 枝路(7, 8)은 OFF 되었다. 이것은 블럭 ⑩에서 線種變更에 따른 容量減少를 무시할 경우에는 最適이지만 이를 考慮한 경우에는 오히려 블럭 ⑩에 過負荷를 發生시키는 結果를 가져오게 된다. 따라서 線種變更이나 分岐點 問題를 무시할 때 計算 結果에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다. (그림 10 참조)

2) 休電作業을 施行하는 경우: 1)의 過負荷 解消를 施行한 후 블럭 ⑩에서 休電作業을 實施하는 경우(즉 枝路(17, 18)과 (18, 19) OFF인 경우)의 計算 結果는 枝路(24, 28)을 연결하고 (23, 24) OFF,

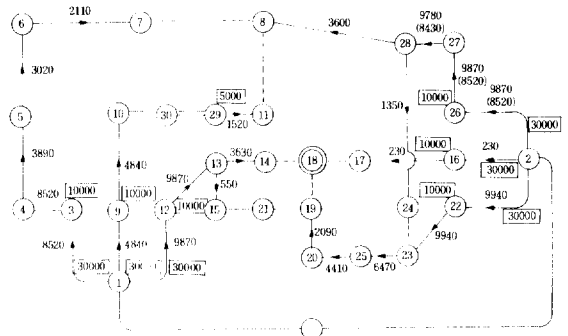


그림 11. 休電作業時  
Fig. 11. Line repair case

枝路(20, 25)를 연결하고 (19, 21)를 OFF하는 것으로 나타났다. 따라서 블럭 ⑭의連結로 블럭 ⑮의 조류는 9870(kW)로 許容値 이내이고 블럭 ⑰는供給이 不可能하게 되는 결과를 얻었다.

그러나 블럭 ⑰를 블럭 ⑮ 또는 ⑱와連結하게 되면 블럭 ⑲ 또는 ⑳가 過負荷로 되므로 이結果는 당연한 것이라고 볼 수 있다. (그림 11참조)

3) 線路事故가 發生한 경우: 1)의 過負荷 解消 이후 블럭 ⑰에서 線路事故가 發生하는 경우(枝路(19, 21), (18, 19), (19, 20)OFF)의 계산 결과는 枝路(13, 14)를 OFF, 枝路(15, 21), (14, 18), (20, 25)가 ON되어 過負荷를 발생시키지 않고 停電區間을 縮少할 수 있었다. (그림 12참조)

상기한 각 경우의 適用 결과는 만족할 만한 것으로 大規模 系統에서도 적용이 가능할 것으로 생각된다.

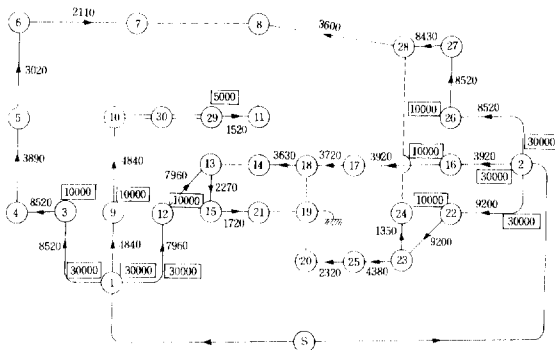


그림12. 線路事故時  
Fig.12. Line outage case

### 6. 結 論

本 研究는, 配電 運用 問題에서 중요한 부분인 定常時 過負荷量 및 事故時, 停電 電力 最小化 問題를 실제 系統 狀態에서 충분히 고려한 回路網 問題로 定式化하고, 그 解法을 개발함에 있어 開閉器의 開閉狀態의 조합을 단순히 비교하는 방법과는 달리 대규모 系統에서도 효율적인 방법을 제시하였다.

1) 配電 線路의 線種 變更 및 分岐線路구간의 표현이 곤란하였던 종래의 블럭 모델을 개선한 修正 블럭 모델을 提案하였다.

2) 配電線 過負荷 解消 問題를 修正 블럭 모델에 의해 정식화하였으며, 最大流量 感度 解析과 分岐 限定法에 의한 最適 負荷 切替 알고리즘을 제시하

었다.

3) 線種 變更이 있는 實系統에 본 알고리즘을 적용해 본 결과, 종래의 블럭 모델은 線種 變更구간에서 過負荷 발생의 문제점이 있었으나 修正 블럭 모델에서는 전혀 문제가 없었음을 확인하였다.

4) 본 연구에서 제안한 알고리즘은 앞으로 配電 自動化 系統에 적용이 가능할 것으로 생각되며, 配電計劃 수립시 線路의 新增設 및 開閉器 最適位置 선정에 활용이 기대된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 宋吉永: "송배전공학", 통일출판사, page 382-386, 1980.
- 2) 宋吉永: "계통해석이론의 기초와 응용", 통일출판사, page 227-273, 348-351, 1981.
- 3) 宋吉永, 金在泳: "배전 계통의 최적운용에 관한 연구" (修正 블럭 모델법에 의한 해석을 중심으로) 대한전기학회 하계 학술회의 논문집, page 253-256, 1986. 7.
- 4) R.G. Eolgg, "automate feeder to Improve reliability" Electrical world, pp93-95, Jan. 1981.
- 5) J.R. Redmon and C.H. Gentz, "Affect of distribution automation and control on future system configuration.", IEEE Trans., Vol.PAS-100, No.4, 1923-1931 Apr. 1981.
- 6) C.H. Castro J.B. Bunch and T.M. Topka, "Generalized algorithms for distribution feeder development and sectionalizing", IEEE Trass., Vol. PAS-99, No.2, pp549-557, Mar / Apr. 1980.
- 7) S.K. Chang, "Distribution load flow", Texas at Arlington, page 77-117, 1982.
- 8) 福留外. "블럭모델에 의한 配電系統의 設備計劃. 手法", 日本電氣學會 論文誌 50-B59, pp469-476, 1975.
- 9) "配電系統自動化를 爲한 遠方監視 制御研究" 韓電研究報告書 KRC-84-J10, 1985.
- 10) R.N. Adams and M.A. Laughton, "Optimal Planning of power networks using Mixed-Integer programming", Proc.IEE. Vol.121, No.2, pp139-148, Feb. 1974.
- 11) K.S. Hindi and A. Bramellar, "Design of low-voltage distribution networks: A Mathematical programming method", Proc, IEE, Vol. 124, pp54-58, Jan, 1977.
- 12) A Fukutome and T. Ide, "Digital computer system for primary distribution system analysis and loading management", CRIEPT Report, 1979.
- 13) J.T. Boardman, O.C. Meckiff, "A Branch and Bound formulation to an electricity distribution planning pro-



- blem", IEEE Trans., PAS, Vol-PAS-104, No8, Aug. 1985.
- 14) G.L. Thomson and D.L. Wall, "A Branch and Bound model for choosing optimal substation locations", IEEE Trans., Vol.PAS-100, No.5, pp2683-2689, May 1981.
- 15) D.L. Wall, G.L. Thomson and J.E.D. Northcote-Green, "An optimization model for planning radial distribution networks", IEEE Trans, Vol.PAS-98, No.3, pp1061-1968, May / June 1979.
- 16) A. Fukutome "Optimal switching operation for relieving overload flow and application to system planning", CRIEPI Report, 1977.
- 17) G.P. Garrett, A. Fukutome and M.S. Chen, "Expansion planning of radial subtransmission systems", IEEE Trans. Vol.PAS-96, No.5, pp1528-1534, Sep / Oct, 1977.
- 18) L.R. Ford and D.R. Fulkerson, Flows in Networks, Princeton University press, 1962.
- 19) B.E. Gillett, Introduction to Operations Research, McGraw-Hill, 1976.
- 20) K.G. Murty, Linear and Combinational programming, John Wiley & Sons. Inc., 1976.
- 21) 高橋一弘, 電力システム工学, コロナ社. 1977.