

配電系統의 最適 運用에 관한 研究(2)
(修正블록모델法에 의한 解析을 中心으로)
A Study on the Optimal Operation of Distribution System
Using the Modified Block Model Method

宋 吉 永 高麗大學校
金 在 泳 高麗大學校

1. 서론

전력 수요의 증대와 더불어 배전설비가 대규모, 복잡화됨에 따라 수용가에 대한 전력 공급 신뢰도 수준에 더 한층 영향을 미치게 되었다. 이러한 배전설비들의 종합적인 자동화시스템⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾의 일부인 개폐기 최적운용문제를 해석하는 방법으로서 제안되고 있는 "블록 모델에 의한 개폐기 최적 절체 조작법"⁽³⁾⁽⁴⁾은 배전 선종이 변하거나 분기선로가 있을 경우 배전계통을 등가 표현함에 있어서 계통이 갖는 특성을 정확하게 나타내기 어렵다는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 표현을 할 때 가상절점(Dummy Node) 및 가상지문(Dummy Branch)를 도입하여 실 배전계통을 정확하게 표현할 수 있는 새로운 방법을 개발하고, 부하 절체 대책 및 공급 지장전력 최소화 결정문제들에 이를 적용할 수 있도록 정식화 및 알고리즘을 수립하였다.

이와같은 새로운 등가 표현법을 사용한 알고리즘을 이용하여 실계통을 대상으로

- (1) 배전 선로에 과부하가 발생할 때
 - (2) 배전 선로에 사고가 발생할 때
 - (3) 배전 선로에 휴전 잡업을 시행할 때
- 3가지 경우에 적용해 본 결과 그 유용성을 입증할 수 있었으며 또한 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

2. 문제의 설정

2.1 가정

문제를 정식화하기 위하여 가정한 사항들을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 배전 계통을 네트워크로 표현하므로써 유효전력에 관한 공급상태를 쉽게 알 수 있도록 하였다.
- (2) 유효전력을 유량으로 취급하여 조류계산을 유량계산으로 대체시켰다. 즉 전력 손실은 발생하지 않는 것으로 본다.
- (3) 과부하 선로가 동시에 여러개 존재할 때는 과부하량이 큰 개소부터 선택해

서 속차적으로 해소하는 것으로 한다.

- (4) 배전 선로의 3φ전류는 정상상태 및 사고 상태에 있어서 평형 상태를 이루고 있는 것으로 한다.

2.2 배전 계통의 수정 불력 모델 표현법
 이것은 종래의 불력모델법⁽³⁾에다 가상절점 및 가상지로를 추가 도입하여 실 배전계통을 정확하게 표현할 수 있는 모델법으로서, 이는 다음과 같이 정의되는 요소로 구성된다.

- (1) 가상 절점(Dummy Node) : 배전 선종이 바뀌는 접속점이나 분기선로가 연결되는 접속점에 해당한다.

- (2) 가상 절점의 부하전력 및 허용용량
 $L_j = 0, C_j = \infty ; j \in DN$ ----(2-1)

단, L_j : 절점 j 의 부하 전력

C_j : 절점 j 의 허용 용량

DN : 가상 절점들의 총 집합

- (3) 가상 지로(Dummy Branch) : 동일한 선종을 갖는 불력과 가상불력을 구분하기 위해서 가상개폐기를 가정하고, 이를 동가표현시 가상지रो로 나타낸다.
 단, 가상지로는 차단되어서는 안되는 특성을 갖는 것으로 한다.

3. 문제의 정식화

3.1 목적함수

본 문제의 목적함수는 과부하량의 최소화 이므로 식(3-1)과 같이 된다.

$$\text{Min}_{F_{ij}} z = \sum_{i,j} F_{ij} \lambda_{ij} - \sum_{i,j} C_{ij} \lambda_{ij} \quad \dots (3-1)$$

단, $F_{ij} \lambda_{ij}$: 과부하 지로의 플로우

$C_{ij} \lambda_{ij}$: 과부하 지로의 허용 용량

3.2 제약조건

- (1) 수급 제약조건

$$\sum_{(i,j) \in \text{CutSet}_j} F_{ij} = \begin{cases} -\sum_{k \in TN-S} L_k & ; j=S \\ L_j & ; j \in TN-S-DN \quad \dots (3-2) \\ 0 & ; j \in DN \end{cases}$$

단, S : 기준 절점

TN : 절점들의 총 집합

DN : 가상절점들의 총 집합

$$\text{CutSet}_j = \{(i,j) | (i,j) \in TB\}$$

- (2) 용량 제약조건

$$C_{ij} \geq F_{ij} ; (i,j) \in TB-OB$$

$$C_{ij} = \begin{cases} C_j & ; j \in TN-S-DN \quad \dots (3-3) \\ \infty & ; j \in S+DN \end{cases}$$

단, TB : 지로들의 총 집합

OB : 과부하 지로들의 총 집합

- (3) 계통구성 제약조건

$$X(i,j) = \begin{cases} \sum_{(i,j) \in \text{CutSet}_j} X(i,j) \leq 1 & ; j \in TN-DN \quad \dots (3-4) \\ \sum_{(k,i) \in \text{CutSet}_i^*} X(k,i) \leq 1 & ; i \in DN \end{cases}$$

단, $\text{CutSet}_j^* = \{(k,i) | (i,j) \in TB, (k,i) \in TB\}$

$$X(i,j) = \begin{cases} 1 ; F(i,j) > 0, j \in TN-DN \\ 0 ; F(i,j) \leq 0, j \in TN-DN \end{cases}$$

단, $(i,j) \in \text{CutSet}_j$

$$X(k,i) = \begin{cases} 1 ; F(k,i) > 0, i \in DN \\ 0 ; F(k,i) \leq 0, i \in DN \end{cases}$$

단, $(k,i) \in \text{CutSet}_i^*$

4. 문제의 해법

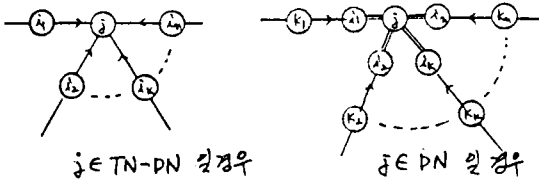
4.1 최대유량 감도 해석

과부하 상태로 판정된 지로(λ, δ)의 감도 해석 문제는 절점 λ 를 유입점(Source)으로, 절점 δ 를 유출점(Terminal)으로 하는 최대 유량 문제(2)(10)로 볼 수 있다.

이의 해법으로서 유입점으로 부터 여유가 있는 경로를 선정하고 그 경로에 더 흘려줄 수 있는 최대 Flow 를 추가해 나가는 "경로유량 해법"을 적용 하였다.

4.2 루프점 검토 및 해소 해석

전절의 최대유량감도 해석 결과 절점 j 가 식(3-4)를 만족하지 못할 경우(이러한 절점을 루프점으로 정의함)는 표1과 같은 가능한 조합에 의해 계통구성제약조건을 만족시킬 수 있다.



(그림1) 절점 j 가 루프점인 예

표1. 절점 j 의 루프점 해소 가능 조합표

	$j \in TN-DN$	$j \in DN$
방법1	$C(\lambda_e, \delta) = 0$; $(\lambda_e, \delta) \in \text{Cut Set } j - (\lambda_e, \delta)$	$C(k_e, \lambda_e) = 0$; $(k_e, \lambda_e) \in \text{Cut Set } j - (k_e, \lambda_e)$
...		
방법k	$C(\lambda_e, \delta) = 0$; $(\lambda_e, \delta) \in \text{Cut Set } j - (\lambda_e, \delta)$	$C(k_e, \lambda_e) = 0$; $(k_e, \lambda_e) \in \text{Cut Set } j - (k_e, \lambda_e)$
...		
방법n	$C(\lambda_e, \delta) = 0$; $(\lambda_e, \delta) \in \text{Cut Set } j - (\lambda_e, \delta)$	$C(k_e, \lambda_e) = 0$; $(k_e, \lambda_e) \in \text{Cut Set } j - (k_e, \lambda_e)$

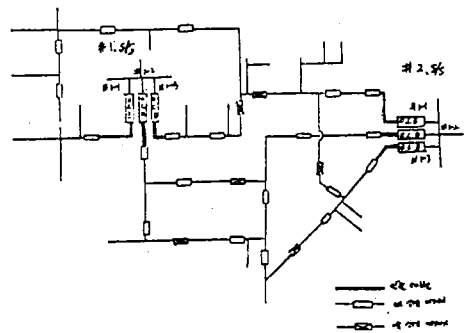
4.3 분기한정법에 의한 최적 개폐기 조작 결정 해석

표1에 나타난 제약조건을 추가한 문제를 분기한정법의 분기법칙(2)(11)에 의하여 선정한 후 여기에 최대 유량 감도 해석을 반복 시행하므로써 최적해를 얻는다.

5. 적용 예

그림2와 같은 배전용 변전소, 급전선(Feeder)×6, 블럭×27, 개폐기×32인 실배전 계통을 대상으로

- (1) # 1-1 Feeder 인출 케이블 과부하 발생 시
 - (2) # 2-2 Feeder 인출 케이블 - 3블럭 휴전 작업을 시행할 시
 - (3) # 2-2 Feeder 4블럭 선로 사고 발생시
- 3가지 경우에 대해 적용을 하였다.



(그림2) 실배전 계통도

6. 결론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 배전 종합 자동화 시스템의 중요한 기본요소가 되는 배전계통운영 문제들을 정식화 하였다.
- (2) 배전 선종이 변하고, 분기 선로가 있을 경우 이를 수정 블럭 모델법으로

동 가표 현을 함으로써 실 계통의 특성을 정확히 살릴 수 있었으며, 부하 절체 대책 및 공급 지장 전력 최소화 결정문제들에 이를 적용할 수 있는 알고리즘을 수립하였다.

- (3) 또한 장래년도 예상부하에 따른 설비 확충 문제⁽⁶⁾의 기본 대책으로서 충분히 활용될 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 송길영 : "송 배전 공학", 동일출판사, Page382-386, 1980.
2. 송길영 : "계통 해석 이론의 기초와 응용", 동일출판사, Page227-273, 348-351, 1981.
3. 송길영, 김재영 : "배전 계통의 최적응용에 관한 연구 (1)", 대한 전기 학회 전력 계통 연구회 춘계 학술 논문집, Page16-19, 1986.
4. A. Fukutome ; "Computerized Analysis and Planning of Primary Distribution System", 전연보:101, Page1-40, 1979.
5. 한국전력공사 기술연구소 : "배전 자동화를 위한 원방 감시 제어 연구", 1단계 보고서, 1985. 5.
6. EPRI ; "Research into Load Forecasting and Distribution Planning", EL-1198, Volume3 570-1, 1980.
7. Show-Kang Chang ; "Distribution Load Flow", Texas at Arlington, Page77-117, 1982.
8. 송길영 외 3 : "고압 배전선 계통의 설비 계획 기계화 수법의 개발", 1980.
9. A. Fukutome ; "Digital Computer System for Primary Distribution System Planning", 1980.
10. Ford, Fulkerson ; "Flows in Networks" Princeton University, Page2-35, 1974.
11. Billy E. Gillett ; "Introduction to O.R.", Mc Graw-Hill, Page193-236, 1976.