

모선주입전력 조정에 의한 과부하 해소 알고리즘

Overload Alleviation Algorithm by the Bus Injection Power Control

朴 圭 弘* · 鄭 在 吉** · 安 敏 玉*
(Kyu-Hong Park · Jai-Kil Chung · Min-Ok An)

요 약

본 논문은 전력계통의 선로과부하를 해소하기 위한 상정사고해석 및 대책에 대한 새로운 알고리즘을 제시한다. 선로상정사고시 새로운 Jacobian의 역행렬은 사고전 Jacobian요소를 이용하여 Householder의 IMML(Inverse Matrix Modification Lemma)에 의하여 계산하였다. 상정사고시 나타나는 선로과부하를 해소함에 있어서 가능한 한 부하 차단없이 발전력만 재분배하여 과부하 해소를 시도해 보고 완전히 해소가 되지 아니 하거나 새로운 과부하가 나타나면 신속한 사고 대책수립을 위하여 과부하선로의 양단모선전력을 과부하량 만큼 조정하여 선로과부하를 해소토록 하였다. 이의 유용성은 6모선 11선로의 모델계통을 통하여 입증 하였다.

Abstract- This paper presents a new algorithm of contingency analysis and countermeasure to alleviate the line overloads for electric power systems. In this algorithm, the inverse matrix of the new Jacobian matrix when a contingency occurs, is fastly calculated using the Householder's Inverse Matrix Modification Lemma (IMML) with the original factor table. The generation outputs are firstly adjusted to alleviate all line overloads occurred by the contingency without tripping loads. If the generation adjustment is not enough anymore to alleviate line overloads, then the control of bus injection power is recommended to quickly alleviate remaining overloads with minimum amount of load tripping and generation readjusting at the terminating busbars of the overload lines. The proposed algorithm has been validated in tests on the 6 busbar test system.

1. 서 론

전력계통이 거대하고 복잡화함에 따라서 사고를

일으킬 수 있는 부분이 대단히 많으며 계통의 어느 부분에서 돌발적인 사고가 발생하더라도 이들 사고가 확대되지 않도록 빠른 시간내에 적절한 사고 대책이 필요하다.

일반적으로 부하 혹은 계통상태가 변화 하면 계통혼란(disturbance)이 야기된다. 어떤 원인으로 선로 개방사고가 발생하면 다른 선로의 전력 조류

*正 會 員 : 大林工業專門大學 副教授 · 工博
 **正 會 員 : 中央大 工大 電氣工學科 教授 · 工博
 接受日字 : 1989年 7月 10日
 1次修正 : 1989年 11月 8日
 2次修正 : 1989年 11月 25日

가 변하여 과부하가 될 수도 있다. 이에 대한 상정사고해석(Contingency Analysis)방법으로는 Z-부행렬법, 직류조류계산법, 고속분할조류계산법 등을 이용하는 방법이 있으나 해의 정확도 또는 계산시간면에서 다소 문제점이 있는 것으로 알려져 있다.[1, 2, 3]

이를 개선하기 위하여 선로 개방사고에 따라 변화되는 자코비행렬의 역행렬을 구하는데 있어 하우스홀더(Householder)공식에 의한 역행렬기법을 이용하여 해의 정확도를 높임과 동시에 계산속도를 향상 시키고 기억용량을 축소하도록 하는 방법이 제시된바 있다.[5]

이는 선로사고의 경우 자코비 행렬은 사고선로의 양단모선에 대응되는 요소만이 변한다는 성질을 이용하였기 때문이다. 따라서 본 논문에서도 위의 하우스 홀더 공식에 의한 역행렬 기법을 이용하여 해의 정도를 개선 하였다. 또한 상정사고대책(Contingency Countermeasure)으로는 사고선로와 모선사이의 감도계수를 구한다음 선형계획법, 2차계획법등을 이용하여 발전력을 재분배하고 부하를 차단하는 방법 또는 이상기(Phase Shifter)를 이용하여 모선전압의 위상각을 조정하여 선로 조류를 변화시키는 방법등이 알려져 있다.[4, 6]

또한 과부하선로 양단모선의 주입전력을 과부하량 만큼 조정 함으로써 과부하를 해소할 수 있는 방법이 있으나 부하차단을 하지 아니하고도 과부하를 해소할 수 있는 경우에도 부하를 차단 하여야 하는 단점이 있다.[7]

따라서 본 논문에서는 수용가에 대한 정전없는 전력공급이 우선되어야 함으로 가능한 한 부하차단없이 발전력만 재분배 하여 과부하 해소를 시도해 보고 완전히 해소가 되지 아니 하거나 새로운 과부하가 나타나면 신속한 사고대책 수립을 위하여 과부하 선로의 양단 모선전력을 과부하량 만큼 조정하여 선로과부하를 해소코자한다.

즉, 감도계수 및 선형계획법등을 반복 이용하는 일반적인 사고대책에 비하여 기억용량 및 계산시간을 감축할 수 있을 뿐만 아니라 수용가에 대한 정전없는(또는 정전회수 및 정전시간이 짧은) 전력공급과 신속한 사고 대책 수립을 위한 알고리즘을 제시코자 한다.

2. 상정사고해석 알고리즘

선로가 개방되면 그선로의 양단모선간의 상호어드미턴스 및 양단모선의 자기어드미턴스가 변화되며, 이에 따라 이에 대응되는 자코비 행렬의 요소

의값 및 모선전압의 위상각과 크기가 변화된다. 따라서 사고후의 전력조류방정식은 식(1)과 같이 표시된다.

$$[\Delta P]' = [H]'\Delta\theta' \tag{1}$$

단, '(Prime)은 상정사고시 변화된 값을 나타낸다.

식(1)에서 상정사고시의 모선전압의 상차각 $[\Delta\theta]'$ 의 계산은 선로개방상정사고로 인하여 정상운전상태로부터 변화된 자코비행렬의 역행렬을 새로이 구한다는 것은 많은 계산시간을 요하므로 정상운전상태의 조류계산으로부터 구한 자코비행렬의 요소를 그대로 이용하는 식(2)와 같은 하우스홀더의 역행렬기법을 이용하여 간단히 구할 수 있도록 하였다. [4, 5]

$$[A + BCB^T]^{-1} = A^{-1} - A^{-1}B[I + CB^T A^{-1}B]^{-1} CB^T A^{-1} \tag{2}$$

위식을 상정사고시 변화된 자코비의 역행렬 $[H']^{-1}$ 에 대하여 나타내면 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} [H']^{-1} &= [H + \Delta H]^{-1} \\ &= [H + M_{pq} \Delta \hat{H} M_{pq}^T]^{-1} \\ &= H^{-1} - H^{-1} M_{pq} [I + \Delta \hat{H} M_{pq}^T H^{-1} M_{pq}]^{-1} \Delta \hat{H} M_{pq}^T H^{-1} \end{aligned} \tag{3}$$

또한 식(1)은 다음과 같이 변형할 수 있으며

$$[\Delta\theta]' = [H']^{-1}[\Delta P]' \tag{4}$$

식(3)을 위 식에 대입하여 정리하면 식(5)와 같이 된다.

$$\begin{aligned} [\Delta\theta]' &= H^{-1} \Delta P' - H^{-1} M_{pq} [I + \Delta \hat{H} M_{pq}^T H^{-1} \\ & M_{pq}]^{-1} \Delta \hat{H} M_{pq}^T H^{-1} \Delta P' \end{aligned} \tag{5}$$

식(5)에서 $\Delta \hat{H}$ 는 자코비행렬의 변화분으로서 2×2 차원이며 M_{pq} 는 접속행렬로서 $N \times 2$ 차원이므로 $[I + \Delta \hat{H} M_{pq}^T H^{-1} M_{pq}]^{-1}$ 는 2×2 행렬에 불과하다. (단, N 은 모선수이다.)

그리고 $H^{-1} \Delta P'$ 는 $N \times 1$, $H^{-1} M_{pq}$ 는 $N \times 2$ 행렬이므로 이는 정상운전시의 조류계산으로부터 구한 자코비행렬을 이용하여 간단히 구할 수 있다.

이와 같이 계산된 상정사고시의 모선전압의 위상각 $[\Delta\theta]'$ 를 반복수정하므로써 상정사고시 전력조류계산의 해를 구할수 있다.

3. 감도계수 계산

모선전력 변화에 대한 선로 조류의 감도계수를 구하기 위하여 그림 1과 같은 모선 p 와 q 사이의 선로 k 가 연결된 π 형 등가회로를 생각한다. 이 등가회로에 있어서 선로 k 의 피상전력은 식(6)과 같이 표시되며, 이때 유효전력은 식(7)과 같이 된다.[4, 5]

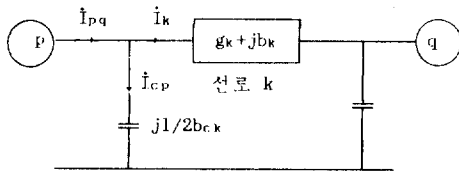


그림 1 선로K의 등가회로
Fig. 1 Equivalent circuit of line K

$$\begin{aligned}
 S_k &= \dot{I}_{pq}^* \dot{V}_p \\
 &= (\dot{I}_k + \dot{I}_{cp})^* \dot{V}_p \\
 &= [(g_k + j b_k)(\dot{V}_p - \dot{V}_q) + j1/2 b_{ck} \dot{V}_p]^* \dot{V}_p \\
 &= g_k V_p^2 - V_p V_q (g_k \cos \theta_{pq} + b_k \sin \theta_{pq}) \\
 &\quad + j[-b_k V_p^2 - V_p V_q (b_k \cos \theta_{pq} + g_k \sin \theta_{pq})] - 1/2 b_{ck} V_p^2 \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$F_k = g_k V_p^2 - V_p V_q (g_k \cos \theta_{pq} + b_k \sin \theta_{pq}) \quad (7)$$

$$\text{단, } \theta_{pq} = \theta_p - \theta_q \quad (8)$$

모선 i의 전력변화로 인한 선로 k의 전력변화에 대한 감도계수는 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha_{ki} = \partial F_k / \partial P_i \quad (9)$$

전력계통에서 유효전력은 주로 모선전압의 위상각에 의하여 좌우됨으로 식(7)을 위상각 θ_p, θ_q 에 대하여 편미분하면 다음과 같은 선형화된 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \Delta F_k &= -V_p V_q (-g_k \sin \theta_{pq} + b_k \cos \theta_{pq}) \Delta \theta_{pq} \\
 &= A V_p V_q \Delta \theta_{pq} \quad (10)
 \end{aligned}$$

$$\text{단, } A = g_k \sin \theta_{pq} - b_k \cos \theta_{pq} \quad (11)$$

$$\Delta \theta_{pq} = \Delta \theta_p - \Delta \theta_q \quad (12)$$

P-Q분할법에 의한 전력조류 계산식 $[\Delta P] = [H][\Delta \theta]$ 에서 $[\Delta \theta]$ 관하여 풀면 p, q 모선의 위상각 증분은 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta \theta_p = \sum_{i=1}^N C_{pi} \Delta P_i \quad (13)$$

$$\Delta \theta_q = \sum_{i=1}^N C_{qi} \Delta P_i \quad (14)$$

$$\text{단, } C_{pi}, C_{qi}; [H]^{-1} \text{의 element} \quad (15)$$

위식을 식(10)에 대입하여 정리하면 식(16)과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 \Delta F_k &= V_p V_q [A(\Delta \theta_p - \Delta \theta_q)] \\
 &= V_p V_q \{A \sum_{i=1}^N (C_{pi} - C_{qi}) \Delta P_i\} \quad (16)
 \end{aligned}$$

위식으로 부터 식(9)에서 정의된 감도계수를 구하면 식(17)과 같이 된다.

$$\alpha_{ki} = A(C_{pi} - C_{qi}) V_p V_q \quad (17)$$

또한 위식의 감도계수를 행렬형태로 나타내면 식(18)과 같이 된다.

$$\begin{bmatrix} \alpha_{k1} \\ \vdots \\ \alpha_{ki} \\ \vdots \\ \alpha_{kN} \end{bmatrix} = V_p V_q A \begin{bmatrix} \cdot & C_{p1} & \cdot & C_{q1} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & C_{pi} & \cdot & C_{qi} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & C_{pN} & \cdot & C_{qN} & \cdot \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cdot \\ 1 \\ \cdot \\ -1 \\ \cdot \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{--- } p_{th} \\ \text{--- } q_{th} \end{matrix} \quad (18)$$

따라서 감도 행렬은 조류계산 결과로 부터 구한 전치된 자코비행렬의 요소 및 사고선로 k의 양단 모선번호 p, q에 대응되는 요소의 기지의 값으로부터 3각인수화분해법(triangular factorization)에 의하여 간단히 계산된다.

4. 선형계획법을 이용한 과부하 해소

일반적으로 사고 대책을 수립함에 있어서 가능한 한 부하차단량을 최소화 하면서 최적인전상태로 부터 재분배되는 발전기 출력의 변화량이 최소가 되도록 재분배 하거나 또는 발전비용이 최소로 되도록 재분배하는 방법이 있다.

이러한 문제를 해석하는 방법에는 선형계획법, 2차계획법 및 비선형계획법이 있다. 선형계획법은 해의 정도는 떨어지나 수렴 특성이 안정하고 계산 시간을 단축시킬 수 있다는 점 때문에 널리 사용된다. [8]

발전력 재분배시 목적함수는 각종제약 조건하에서 발전소의 총연료비를 최소화 하는 문제로서 할 수 있으나 상정사고시에는 계통 안전이 더욱 요망됨으로 최적인전 상태로 부터의 편차를 최소화 하면서 상정사고 대책을 수립하는 것이 보다 더 효율적이다.

유효전력 재분배 알고리즘에서 변수는 각 모선의 유효전력 p_i 가 되며 재분배되는 유효전력은 경우에 따라서 증가 또는 감소 될 수 있지만 LP알고리즘에서 모든 변수는 양이어야 한다.

그러므로 모선 i의 변화분은 식(19)과 같이 증가분과 감소분의 합으로 표시할 수 있다. [1, 4, 9, 10]

$$\Delta P_i = \Delta P_i^+ + \Delta P_i^- \quad (19)$$

단, ΔP_i^+ : 모선 i의 증가분

ΔP_i^- : 모선 i 의 감소분

위 식에 의하여 목적함수는 식(20)과 같다.

$$Z = \sum_{i=1}^{NC} K(\Delta P_i^+ + \Delta P_i^-) \quad (20)$$

여기서 K 는 임의의 정수이며 NC 는 발전기 모선수이다.

선로유효전력 조류를 각 모선유효전력 변화에 대한 선형적인 함수로 가정하면 각 모선의 유효전력 변화에 대한 선로 l 의 유효 전력조류를 f_l 라 할 때 다음과 같이 나타 낼수있다.

$$f_l = f_l^0 + \sum_{i=1}^{NC} \alpha_{li} \Delta P_i \quad (21)$$

선로개방 상정사고인 경우에는 상기 감도 행렬 이외에 선로 k 의 개방으로 인하여 선로 l 에 미치는 영향을 고려하면 유효 전력 조류는 식(22)과 같다.

$$f_l = f_l^0 + \sum (\alpha_{li} + d_{lk} \alpha_{ki}) \Delta P_i \quad (22)$$

여기서 d_{lk} 는 선로개방분배계수(line outage distribution factor)로서 개방선로 k 및 선로 l 의 정상운전시 유효전력조류를 F_k^0, F_l^0 라 하고 k 선로 개방시 선로 l 의 유효전력조류를 F_l 이라고 하면 다음과 같이 정의된다.

$$d_{lk} = (F_l - F_l^0) / F_k^0 \quad (23)$$

이와 같이 발전기출력(모선전력)변화분에 대한 개방선로 및 과부하선로의 감도계수 이외에 정상상태 및 상정사고시 전력조류계산으로 부터 구하는 선로개방분배계수를 별도로 고려 하여야 한다.

[1]

최대허용 유효전력을 f_l^{max} 라 하면 부등식 제약 조건은 식(24)과 같다.

$$-f_l^{max} < f_l < f_l^{max} \quad (24)$$

식(22), (24)을 LP알고리즘에 적용하기 위하여 다음과 같이 변형할수 있으며 선로 조류의 방향에 따라서 어느 하나의 식을 선택하여야 한다.

$$\sum_{i=1}^{NC} (\alpha_{li} + d_{lk} \alpha_{ki}) \Delta P_i \leq f_l^{max} - f_l^0 \quad (25)$$

$$-\sum_{i=1}^{NC} (\alpha_{li} + d_{lk} \alpha_{ki}) \Delta P_i \leq f_l^{max} + f_l^0 \quad (26)$$

선로과부하를 해소하기 위한 모선전력 조정은 식(27), (28)과 같이 각 모선 유효전력의 상하한치의 범위내에서 행하여야 한다.

$$0 \leq \Delta P_i^+ \leq P_i^{max} - P_i^0 \quad (27)$$

$$0 \leq \Delta P_i^- \leq P_i^0 - P_i^{min} \quad (28)$$

선로과부하를 해소하기 위해서는 식(25), (26)의 선로 부등식 제약조건과 식(27), (28)의 모선 전력 상하한 제약조건 및 전력 수급 평형조건(전력손실을 무시하면 $\sum \Delta P_i = 0$)하에서 목적함수를 최소화하는 문제로서 목적함수 및 제약 조건은 모

두 1차식 이므로 선형계획법에 의하여 용이하게 구할수 있다.

5. 모선주입전력 조정에 의한 과부하해소

상정사고 대책은 발전력을 재배분하거나 일부 부하를 차단함으로써 과부하를 해소 하는 것이나, 신속한 상정사고 대책을 위하여 감도 계수 및 선형계획법을 이용하지 아니하고 단지 과부하전력과 같은 량의 전력을 과부하선로 양단 모선에서 조정함으로써 해소할수 있는 방법이 있다.[7]

이 모선 주입전력 조정은 발전기 출력을 조정하거나 일부 부하를 차단함으로써 가능하다.

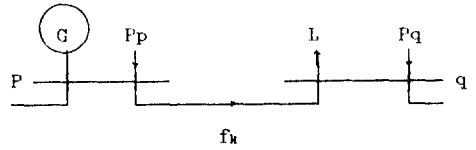


그림 2 π 형 등가회로
Fig. 2 π type equivalent circuit

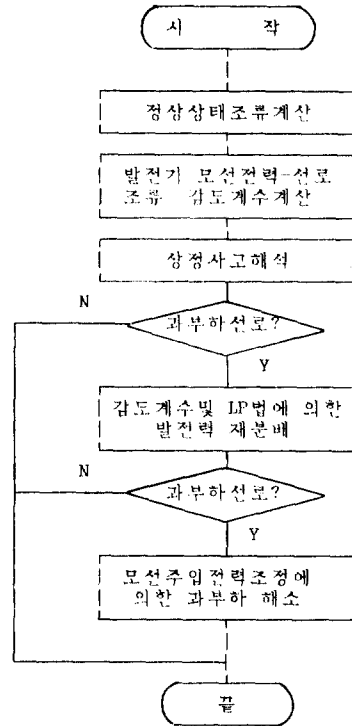


그림 3 과부하해소 대책에 관한 흐름도
Fig. 3 Flowchart of Contingency Countermeasures

이방법의 개념을 설명하기 위하여 그림 같은 π 형 등가회로를 생각한다.

그림2에서 발전기 모선을 p , 부하모선을 q , 조류의 방향을 $p \rightarrow q$ 라하고 과부하량 $\Delta f_k = f_k^0 - f_k^1$ (f_k^0, f_k^1 , 선로 k 의 유효전력조류 및 선로용량)라 할 때 선로 k 의 과부하를 해소할 수 있는 가장 좋은 방법은 모선 p 에서 발전기 출력을 내리고 동시에 모선 q 의 일부 부하를 차단하는 것이다.

즉, 모선 p, q 의 주입전력 변화량 $\Delta P_p, \Delta P_q$ 는 선로 과부하량 Δf_k 와 같게 한다.

그림에서 선로 k 의 과부하를 해소하기 위하여 필요한 모선 p, q 의 주입전력 P_{cp}^0, P_{cq}^0 는 다음과 같다.

$$P_{cp}^0 = P_{cp}^0 - \Delta f_k \tag{29}$$

$$P_{cq}^0 = P_{cq}^0 - \Delta f_k \tag{30}$$

단, P_{cp}^0, P_{cq}^0 는 선로과부하를 해소하기전 모선 p, q 의 발전전력과 부하이다.

이와 같이 새로운 발전전력 및 부하를 지정치로 두고 조류계산을 행하며 선로 과부하가 해소될 때까지 반복하게 된다.

과부하선로 양단 모선의 종류 및 조류 방향에 따라서 취하여야 할 모선주입전력 조정은 표1과 같다.

표 1 조류방향 및 모선종별에 따른 주입전력 조정

Table 1 Types of action to alleviate line overload

조류방향	모선종별		주입전력조정
	p	q	
$p \rightarrow q$	G	L	$P_{cp}^0 - \Delta f_k$ $P_{cq}^0 - \Delta f_k$
$p \leftarrow q$	G	L	$P_{cp}^0 + \Delta f_k$ $P_{cq}^0 - \Delta f_k$
$p \rightarrow q$	L	G	$P_{lp}^0 - \Delta f_k$ $P_{cq}^0 + \Delta f_k$
$p \leftarrow q$	L	G	$P_{lp}^0 - \Delta f_k$ $P_{cq}^0 - \Delta f_k$
$p \rightarrow q$	G	G	$P_{cp}^0 - \Delta f_k$ $P_{cq}^0 + \Delta f_k$
$p \leftarrow q$	G	G	$P_{cp}^0 + \Delta f_k$ $P_{cq}^0 - \Delta f_k$

단, G, L: 발전기 및 부하모선

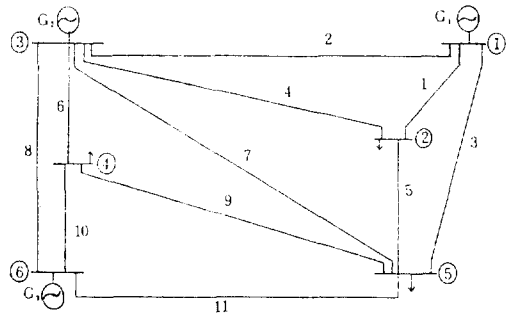


그림 4 모델 계통도
Fig. 4 Model System

본 논문에서 제시한 알고리즘에 의한 과부하 해소 대책에 관한 개략적인 흐름도를 표시하면 그림 3과 같다.

6. 사례연구

본 연구에서 제시한 알고리즘을 그림4와 같은 6 모선 11선로의 모델계통에 적용하고자 한다.

선로 및 모선데이터는 표 2와 같고 발전기 모선 전력변화에 대한 선로 조류를 나타내는 감도계수는 표 3과 같다.

이에 대한 상정사고해석 및 결과는 표 4와 같다.

표 4에서 알수 있는 바와 같이 선로번호 2, 3, 4, 7, 11의 상정사고시는 선형계획법을 이용하여 발전력만을 조정하여 과부하를 해소시킨 경우이다.

그러나 선로번호 1, 6, 10의 경우는 발전력의 조정만으로 과부하가 해소 되지 않으므로 양단모선전력을 과부하량 만큼 조정하여 해소시킨 경우이다.

예를 들면 1번선로의 개방사고시 4번 선로에서 128[%]의 과부하가 발생하였으며 이를 위하여 각 발전기의 출력을 조정하였으나 해소되지 아니하므로 부득이 과부하선로인 4번 선로의 양단모선전력을 과부하량만큼 조정 하였다.

1차조정시 109[%]까지 낮아졌으며 2차, 3차, 4차 조정에 이르러 해소됨으로 조정량의 합계를 계산하여 1회만의 조정으로 완전 해소됨을 알수 있었다.

즉, 4번선로 양단모선인 3번모선의 발전기출력을 0.296(0.199+0.067+0.022+0.008)내리고 2번모선의 부하는 0.296차단 함으로써 해소되었다.

표 2 선로 및 모선 데이터

Table 2 Line and Bus input data

(100MVA기준)

선로번호	모 선 번 호		선로원시임피던스		선로정전용량	선로용량 (P.U)
	부 터	까 지	R(P.U)	X(P.U)	Y/2(P.U)	
1	1	2	0.02	0.10	0.01	1.063
2	1	3	0.05	0.25	0.03	1.063
3	1	5	0.12	0.26	0.025	0.647
4	2	3	0.07	0.20	0.025	0.697
5	2	5	0.10	0.30	0.30	0.697
6	3	4	0.05	0.10	0.01	0.647
7	3	5	0.10	0.30	0.02	0.697
8	3	6	0.10	0.20	0.02	0.647
9	3	5	0.20	0.40	0.04	0.647
10	4	6	0.05	0.20	0.02	0.838
11	4	6	0.08	0.30	0.03	0.914

모선번호	발전출력	모선전압	부하전력(P.U)	
	PG(P.U)	V(P.U)	PL	QL
1	0.939	1.07	0.0	0.0
2	0.0	1.0	1.2	0.581
3	1.238	1.05	0.0	0.0
4	0.0	1.0	1.2	0.581
5	0.0	1.0	1.2	0.581
6	0.0	1.05	0.0	0.0

7. 결 론

전력계통의 사고대처를 수립함에 있어서 수용가
에 대한 정전없는 전력공급이 우선하여야 함으로
가능한한 부하차단 없이 각 발전기 출력만 재배분
하여 과부하 해소를 시도 한후 완전한 해소가 되
지 않으면 신속한 사고대처 수립을 위하여 과부하
선로의 양단 모선전력을 과부하량 만큼 조정하도
록 하는 알고리즘은 전력계통의 ON-LINE제어를
위해서도 필요할 것이다.

표 3 정상상태에서의 감도계수

Table 3 Sensitivity Coefficients for the Base Case System

SENSITIVITY COEFFICIENT

SKP(1, 1)= .365	SKP(1, 2)= -.005	SKP(1, 3)= .000
SKP(2, 1)= .367	SKP(2, 2)= -.062	SKP(2, 3)= .000
SKP(3, 1)= .298	SKP(3, 2)= .066	SKP(3, 3)= .000
SKP(4, 1)= .228	SKP(4, 2)= -.063	SKP(4, 3)= .000
SKP(5, 1)= .129	SKP(5, 2)= .058	SKP(5, 3)= .000
SKP(6, 1)= .241	SKP(6, 2)= .319	SKP(6, 3)= .000
SKP(7, 1)= -.020	SKP(7, 2)= .107	SKP(7, 3)= .000
SKP(8, 1)= .393	SKP(8, 2)= .445	SKP(8, 3)= .000
SKP(9, 1)= -.098	SKP(9, 2)= -.008	SKP(9, 3)= .000
SKP(10, 1)= .300	SKP(10, 2)= .314	SKP(10, 3)= .000
SKP(11, 1)= .300	SKP(11, 2)= .216	SKP(11, 3)= .000

따라서 본 알고리즘의 적용으로 발전력조정을
통하여 해소 할수 없는 과부하는 모선주입전력 조
정을 통하여 신속하고 확실하게 해소할 수 있음이
증명 되었다.

본 연구는 1989년도 문교부 학술연구조성비에
의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] A.J. Wood, "Power Generation, Operation and Control", John Wiley, 1984, pp. 335-374
- [2] Homer E. Brown, "Contingencis Evaluated by a Z-Matrix Method", IEEE, PAS-88, No. 4 Apr. 1969
- [3] B. Stott, O. Alsac, "Fast Decoupled Load Flow" IEEE, PAS-93, No. 3 pp. 859-867, May/ June 1974
- [4] K.H. Park, "A Study on Contingency Analysis and Countermeasures of Power Systerms", Ph.D. Thesis, Chung-Ang Uni. 1986
- [5] Y.H. Moon, "Optimal Load Shedding and

표 4 상정사고대책결과

Table 4 Results of Contingency Countermeasures

사고선로	과부하선로	과부하량 [%]	사 고 대 책	조 정 량	비 고 (총조정량)	
1	4	128	LP실행안됨			$G_3 \rightarrow L_2$ $\Delta p_2 = -0.296$ $\Delta p_3 = -0.296$
			1차 BIPC실행결과	109%	$\Delta p_2 = -0.199$ $\Delta p_3 = -0.199$	
			2차 "	103%	$\Delta p_2 = -0.067$ $\Delta p_3 = -0.067$	
			3차 "	101%	$\Delta p_2 = -0.002$ $\Delta p_3 = -0.002$	
			4차 "	100%	$\Delta p_2 = -0.008$ $\Delta p_3 = -0.008$	
2	6	102	LP실행결과과과부하해소		$\Delta p_{G2} = -0.053$ $\Delta p_{G3} = +0.053$	
			"		$\Delta p_{G2} = -0.201$ $\Delta p_{G3} = +0.201$	
			"		$\Delta p_{G2} = -0.225$ $\Delta p_{G3} = +0.225$	
6	10	120	LP실행안됨			$G_6 \rightarrow L_4$ $\Delta p_4 = -0.233$ $\Delta p_6 = -0.233$
			1차 BIPC실행결과	105%	$\Delta p_4 = -0.175$ $\Delta p_6 = -0.175$	
			2차 "	101%	$\Delta p_4 = -0.046$ $\Delta p_6 = -0.046$	
			3차 "	100%	$\Delta p_4 = -0.012$ $\Delta p_6 = -0.012$	
7	6	114	LP실행결과과과부하해소		$\Delta p_{G2} = -0.264$ $\Delta p_{G3} = +0.264$	
10	8	185	LP실행안됨			$G_3 \rightarrow L_4$ $G_6 \rightarrow G_3$ $\Delta p_3 = -0.46$ $\Delta p_4 = -0.616$ $\Delta p_6 = -0.156$
			1차 BIPC실행결과	108%	$\Delta p_3 = -0.552$ $\Delta p_4 = -0.552$	
				103%	$\Delta p_3 = +0.123$ $\Delta p_6 = -0.123$	
			2차 "	101%	$\Delta p_3 = -0.056$ $\Delta p_4 = -0.056$	
				101%	$\Delta p_3 = +0.025$ $\Delta p_6 = -0.025$	
			3차 "	100%	$\Delta p_3 = -0.008$ $\Delta p_4 = -0.008$	
				100%	$\Delta p_3 = +0.008$ $\Delta p_6 = -0.008$	
11	10	110	LP실행결과과과부하해소		$\Delta p_{G1} = +0.189$ $\Delta p_{G3} = -0.189$	

BIPC : 모선주입전력조정 (Bus Injection Power Control)

- Generation Rescheduling for Overload Suppression in Large Power Systems" Ph.D. Thesis, Oregon State Uni. June, 1983
- [6] N.Srinivasan, C.S.Indulkar, S.S. Venkata, "On-Line computation of Phase Shifter Distribution Factors and Lineload Alleviation." IEEE PAS-104, pp. 1656-1662, July 1985
- [7] A. Mohamed, G.B. Jasmon, "Realistic Power System Security Algorithm," IEE proc. PP. 98-105, March 1988
- [8] J.K. Jung, "A Study on the Optimum Operational Control of Power System". Ph.D. Thesis, Soong-sil Uni. 1983
- [9] B. Stott, E. Hobson, "Power System Security Control Calculation Using Linear Programming, Part I", IEEE, PAS-97, No. 5, pp. 1713-1720, Sept/Oct 1978
- [10] B. Stott, E. Hobson, "Power System Security Control Calculation Using Linear Programming, Part 2", IEEE, PAS-97, No. 5 pp. 1721-1730, Sept/Oct 1978
-