

The Modified Power Flow Analysis in a Sense of Economic Load Dispatch

蔣光洙* · 李尙鎬** · 許純***
(Gwang-Soo Jang · Sang-Ho Lee · Don Hur)

Abstract - This paper suggests an extended power flow analysis algorithm based on a modified economic load dispatch concept. Meaningfully, the proposed method makes it possible to perform the power flow analysis without a slack bus. And the 'equal incremental cost' rule which is obtained by economic load dispatch prior to power flow is maintained even during the proposed power flow analysis. In this paper, both 5 - bus and 14 - bus power systems are used to offer the theoretical accuracy and practical applications of this algorithm.

Key Words : 조류계산, 배분율, 슬랙 분배, 경제 급전

1. 서 론

Newton-Raphson법(이하 N-R법)을 사용한 전통적인 조류계산 알고리즘은 슬랙버스(slack bus-이하 슬랙)의 가정으로 인해 다음과 같은 점을 가지고 있다. 첫째는 슬랙이라는 가정으로 인해 계통의 모든 손실이 슬랙(또는 단 하나의 슬랙버스)에 할당되게 되는데, 이는 발전기에 지나친 부담이 되므로, 비현실적인 가정이라 할 수 있다. 둘째는 전력 조류계산을 하기 전에 행해지는 경제 급전에서 성립된 '동일 증분 비용'이, 슬랙의 가정으로 인해 조류계산 후에는 성립되지 않게 된다. 이 외에도 전력시장이 종래의 독점체제 하에서 경쟁시장으로 전환됨에 따라 특정 발전기 또는 특정 지역의 발전기들이 계통의 전 손실을 부담한다는 생각은 비현실적인 발상이 되게 되었다. 따라서 이러한 문제점들을 제거하기 위해 슬랙의 부담을 전 발전기에 배분하는 방법이 생각될 수 있다. 실제로 슬랙의 부담을 배분하는 기법(이하 슬랙 분배)은 여러 가지로 제안된 바 있으며, 여기서는 슬랙의 부담을 배분하는 배분율(Distribution Rule)을 세우는 것이 중요하다. 참고문헌 [1]에서는 발전기 정전이나 부하 정전의 경우, 슬랙 분배하는 기법이 제안되었다. 여기서는 자동 발전력 제어에서의 주파수 특성을 사용하여 배분율을 구축하였고, 정전 사고 모의시 타당한 결과를 보임을 알 수 있다. 한편, 손실항을 N-R법에 도입하는 방법이 참고문헌 [2]에서 제안되었으며, 배분율은 손실항에 대한 발전량의 미분항과 관련하여 정의됨을 알 수 있다. 각 단계마다 이렇게

구성된 배분율로 발전량을 갱신하게 된다. 그러나, 손실항이 발전량의 항으로 근사화될 수 있으므로, 이러한 방법에서는 자코비언이 ill-conditioned하게 될 가능성이 있다는 단점이 있다. 또다른 제안으로 참여계수를 사용한 방법이 있는데 ([3]-[4]) 특히, 경제급전의 의미를 살리는데 초점이 맞추어져 있다. 여기서 참여계수에 관한 정의는 참고문헌 [5]의 정의를 따랐다.

본 논문에서도 역시 참여계수를 사용한 슬랙 분배 방법을 사용하지만, 3절에서는 발전량 배분시 경제급전의 의미를 명시적으로 보이기 위해 변형된 경제급전을 사용하여 조류 방정식을 재구성함과 동시에, 참여계수를 다시 유도하였다. 4절에서는 슬랙의 부담을 좀더 적극적으로 줄이기 위해 다시 변형된 조류계산 알고리즘을 제안하였다. 각 2개의 절에서 사용된 P_{IB} 와 IB는 각기 다른 의미로 사용되었다. 5 모선 계통과 14 모선 계통을 통해 제안된 방법을 검증하고자 한다.

2. 본 론

N-R법을 사용한 전통적인 조류계산에서 슬랙버스는 다음과 같은 의미를 가지고 있다.

2.1 기준각 모션으로서의 슬랙버스

기준각이 필요한 이유는 각의 차이로만 표현되는 조류방정식의 특성때문이다. 따라서 만약 다음 (1)식과 같이 각의 차이로 표시된 모든 버스의 조류방정식을 N-R법으로 풀다 면, 자코비언은 특이행렬이 된다.

$$\begin{aligned} f_i &= V_i \sum_{k=1}^N V_k h_i(\theta_i - \theta_k) \\ g_i &= V_i \sum_{k=1}^N V_k l_i(\theta_i - \theta_k) \end{aligned} \quad (1)$$

* 正會員 : 서울大 電氣工學部 博士課程

** 正會員 : 韓國電氣研究院 研究員

*** 正會員 : 서울大 電氣工學部 博士課程

接受日字 : 2002年 12月 10日

最終完了 : 2003年 10月 18日

f_i, g_i 는 각각 i 번째 버스의 유효전력과 무효전력을 의미하고 h 와 l 은 코사인과 사인의 삼각함수로 이루어진 조류방정식을 간략히 하나의 문자로 표시한 것이다. 즉, 원래의 조류방정식을 고려하면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} h_i(\theta_i - \theta_k) &= G_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k), \\ l_i(\theta_i - \theta_k) &= G_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) - B_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) \end{aligned}$$

2.2 계통의 손실을 보상하는 슬랙버스

$$P_{Slack} = PD_T + P_{Loss} - \sum_{i \in Slack} P_i \quad (2)$$

여기서 PD_T 는 부하 요구량, P_{Loss} 는 계통 손실, P_i 은 i 번째 발전기의 발전량을 표시하고 있다.

식(2)는 계통의 전체 손실을 담당하는 전통적인 의미로서의 슬랙버스를 표현하고 있다. 슬랙에 집중된 이와 같은 부담은 실제로는 비현실적일 뿐만 아니라, 전통적 경제급전에 의해 배분된 발전량에서 성립된 '동일 증분 비용'이라는 규칙을 성립하지 않게 만드는 요인이 된다. 결과적으로는 비용의 최소화를 기대할 수 없게 된다. 슬랙분배의 기법은 이와 같은 슬랙의 의미를 고려하여 새롭게 제안될 수 있다.

2.3 슬랙 분배 알고리즘 I

2.3.1 P_{IB} 항을 사용한 슬랙 분배 알고리즘의 재구성

슬랙분배를 하되, 경제급전의 측면에 부합되도록 분배되게 하기 위해 다음과 같이 P_{IB} 라는 매개변수를 도입하여, 변형된 경제급전을 고려한다. 식 (3)과 같이 i 번째 발전기의 비용함수가 주어졌을 때, 식 (4)는 알고리즘의 k 번째 단계에서 발전량을 경제급전의 측면에 부합되게 분배하기 위한 관계식이다.

$$F_i(PG_i) = a_i PG_i^2 + b_i PG_i + c_i \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{i=1}^{NG} F_i(PG_i) \\ \sum_{i=1}^{NG} PG_i - PD_{TOTAL} - \Delta P_{IB} = 0 \\ (\Delta P_{IB} = P_{IB} - P_{IB0}) \end{aligned} \quad (4)$$

PG_i, PD_{TOTAL} 은 각각 발전기의 발전량, 부하 요구량이고, NG 는 발전기의 개수를 나타낸다. 식 (4)를 풀면 각 발전기의 발전량은 $PG_i = f(P_{IB})$ 와 같은 형태로 P_{IB} 에 관한 함수로써 나타내어지며 이 PG_i 가 조류계산의 발전기 버스의 식에 대입되게 된다. 즉 P_{IB} 는 하나의 매개변수라고 할 수 있다. 즉 제안되는 방법의 아이디어는 식 (10)과 같이 변형된 경제급전과 조류계산을 연계하여 발전량을 배분하는 방법이므로, 아직 발전기 버스의 발전량이 식 (4)만으로 결정된 것이 아니다. 식 (4)에서 ΔP_{IB} 는 $P_{IB} - P_{IB0}$ 를 의미하며 P_{IB0} 는 초기값으로서 지정될 수 있으며, 본 논문에서는 0으로 하였다. P_{IB} 가 아니라 굳이 ΔP_{IB} 를 사용한 이유는 뒤의 조류

계산에서 행해질 발전량 upgrade 규칙을 고려하였기 때문이다. 결국 초기값을 0으로 둘 경우 최종적인 P_{IB} 는 손실이 된다. 따라서 라그랑지 함수를 구성하고, 변수 λ, PG_i 에 대한 정류조건(stationary condition)을 식 (5)와 같이 사용하면 PG_i 를 식 (6)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} L &= \sum_{i=1}^{NG} F_i(PG_i) + \lambda (\sum_{i=1}^{NG} PG_i - PD_{TOTAL} - \Delta P_{IB}) \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= (\sum_{i=1}^{NG} PG_i - PD_{TOTAL} - \Delta P_{IB}) = 0, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial PG_i} = 2a_i PG_i + b_i + \lambda = 0$$

$$\begin{aligned} PG_i &= \frac{-b_i + (PD_{TOTAL} / \sum_{i=1}^{NG} \frac{1}{2a_i})}{1/2a_i} \\ &+ \frac{(\sum_{i=1}^{NG} \frac{b_i}{2a_i}) / (\sum_{i=1}^{NG} \frac{1}{2a_i})}{1/2a_i} + \frac{\Delta P_{IB}}{2a_i \sum_{i=1}^{NG} 1/2a_i} \end{aligned} \quad (6)$$

위의 식에서 ΔP_{IB} 를 제외한 항들의 합은 전통적인 경제급전을 했을 때 각 발전기들마다 배분되는 발전기의 양이다. 이것을 $P_{i,sa}$ 라고 표현하고 ΔP_{IB} 와 곱해지는 계수 즉,

$$\frac{1}{2a_i \sum_{i=1}^{NG} \frac{1}{2a_i}}$$

을 pf_i 로 두면,

$$PG_i = P_{i,sa} + \frac{\Delta P_{IB}}{2a_i \sum_{i=1}^{NG} \frac{1}{2a_i}} = P_{i,sa} + pf_i \Delta P_{IB} \quad (7)$$

위 식에서 구해진 pf_i 를 참여계수(participation factor)라 부르기로 한다. 이 참여계수의 정의는 참고문헌 [5]에서의 정의에 따른 것이다. 한편 i 번째 버스에 달린 발전기 부하량을 PD_i 라고 두면 (7)식에서 구해진 발전량 PG_i 는 또한 조류계산에서의 전력 방정식으로 다음과 같이 표시되어진다.

$$\begin{aligned} PG_i - PD_i &= P_{i,sa} + pf_i \Delta P_{IB} - PD_i = f(\theta, V) \\ &= |V_i| \sum_{k=1}^N |V_k| [G_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k)] \end{aligned} \quad (8)$$

유효전력에 관한 위의 식을 조류방정식에 포함시켜 풀 수 있다, 이때, P_{IB} 라는 변수가 하나 더 첨가되었으므로, 슬랙버스의 방정식까지 필요하게 되어 변수와 방정식의 개수가 일치하게 된다.

이상의 과정에서, 아래 (9)~(12)과 같이 매단계마다의 배분율과 조류방정식을 구성해 볼 수 있다. 배분율은 식 (7)에서 다음과 같이 유추될 수 있다.

$$PG_i^{k+1} = PG_i^k + pf_i \Delta P_{IB}^k \quad (9)$$

한편, (8)에서 다음과 같은 새로운 조류 방정식을 얻을 수

있다.

$$F_i(P_{IB}, \theta, V) = P_{D_i}^k - P_{D_i} + pf_i \Delta P_{IB} - f(\theta, V) = 0 \quad (10)$$

이렇게 매단계마다 새로이 배분된 발전량에 따라 조류 계산을 해 볼 수 있으며, 이 때 jacobian을 새로이 구성한 N·R법 formulation은 다음과 같다.

$$\Delta \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \vdots \\ V_1 \\ \vdots \\ P_{IB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial \theta_1} & \cdots & \frac{\partial F_1}{\partial V_i} & \cdots & \frac{\partial F_1}{\partial P_{IB}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial F_N}{\partial \theta_1} & \cdots & \frac{\partial F_N}{\partial V_i} & \cdots & \frac{\partial F_N}{\partial P_{IB}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial g_N}{\partial \theta_1} & \frac{\partial g_N}{\partial \theta_2} & \frac{\partial g_N}{\partial V_i} & \cdots & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_N \\ \vdots \\ g_N \end{pmatrix} \quad (11)$$

g_i 는 다음 (12)과 같이 무효전력과 관련된 조류 방정식이며, 무효전력에 관한 배분율은 여기에서 고려하지 않았다.

$$0 = g_i(\theta, V) = -Q_{SPECi} + |V_i| \sum_{k=1}^N |V_k| (G_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) - B_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k)) \quad (12)$$

Q_{SPECi} 는 i 번째 버스의 부하량이 된다. 반복해 진술하면, 배분된 발전량으로 N-R법을 통해 조류계산을 행하고 배분율을 통해 다시 발전량을 배분한다. 이러한 전체 알고리즘은 다음의 오차항이 기준치 이내로 들어오면 멈춘다.

$$\Delta P_{IB} = |P_{IB}^k - P_{IB}^{k-1}| \quad (13)$$

그림 1은 이 절에서 제안된 알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다.

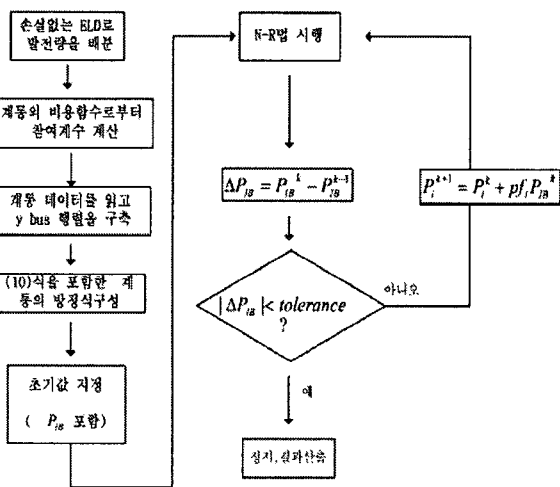


그림 1. P_{IB} 항과 참여계수를 사용한 슬랙분배 알고리즘
Fig. 1. The algorithm for the slack distribution using P_{IB} and participation factors

2.3.2 참여계수

식 (7)에서 이미 pf_i 의 값을 다음 (14)와 같이 유추할 수 있다.

$$pf_i = \frac{1}{2a_i \sum_{k=1}^{NG} \frac{1}{2a_k}} \quad (14)$$

참여계수의 모든 합은 다음 (15)식에서 보는 바와 같이 1이라는 것을 알 수 있다.

$$\sum_{i=1}^{NG} \left(\frac{1}{2a_i \sum_{k=1}^{NG} \frac{1}{2a_k}} \right) = 1 \quad (15)$$

전통적인 조류계산에서는 자동적으로 슬랙버스에 손실이 할당되게 되어 있었다. 슬랙버스를 제거하기 위해 이상과 같이 제안된 배분율에 의해 배분된 발전량들이, 과연 손실을 모두 보상할 수 있는지의 여부는 다음과 같은 과정을 통해 검토할 수 있다.

n 번만에 제안된 알고리즘이 수렴한다고 하면, 이는 다음 (16)식에서 $\Delta P_{IB} \approx 0$ 임을 의미한다.

$$PG_i^{n+1} = PG_i^n + pf_i \Delta P_{IB} \quad (16)$$

따라서 PG_i^{n+1} 와 PG_i^n 에 대한 계통 운전점(위상각과 전압)이 거의 동일하다고 볼 수 있다. 한편 계통의 총손실은 유효전력에 관한 계통 방정식의 총합으로 나타내어질 수 있다. 이에 따라 현재의 운전점에서 계통의 유효전력을 합하면,

$$\begin{aligned} P_{Loss} &= \sum_{i=1}^{NG} PG_i^{n+1} + \sum_{j=1}^{NG} (-P_{Load,j}) \\ &= \sum_{i=1}^{NG} (PG_i^n + pf_i \Delta P_{IB}) + \sum_{j=1}^{NG} (-P_{Load,j}) \\ &\approx \sum_{i=1}^{NG} PG_i^n + \sum_{i=1}^{NG} (-P_{Load,i}) \end{aligned} \quad (17)$$

PG_i^n 가 현재 발전기에 배분된 발전량이므로, 식(17)은 배분된 발전량으로 계통의 손실을 보상할 수 있다는 것을 의미한다.

2.4 슬랙 분배 알고리즘 II

이 절에서는 전통적인 조류계산을 그대로 반복적으로 사용하면서 앞 절에서 제안된 방법과 유사한 결과를 얻을 수 있는 방법을 제안한다. 자코비언의 크기가 $(n-1) \times (n-1)$ 로 앞 절보다 줄어들며, 배분된 발전량으로 계통의 손실을 항상 보상할 것이 보장된다.

배분된 발전량, 즉 손실을 지정하기 위해 다음과 같이 IB항을 도입한다.

$$IB = P_{Stack-cal} - P_{Stack-sch} \quad (18)$$

(18)식에서 $P_{Stack-cal}$ 은 전통적 조류계산 후 슬랙이 담당하게 되는 전력량을 나타내며, $P_{Stack-sch}$ 는 조류계산 전에 전통적인 경제급전으로 슬랙버스에 할당된 전력량을 나타낸다. 따라서 식 (18)과 같이 표현된 손실을 모든 발전기 모선에 (19)과 같이 참여계수를 사용하여 할당한다면, 이는 슬랙에 집중된 부담을 해소함과 동시에 최적 경제급전의 의미도 살릴 수 있게 된다.

$$PG_i = PG_{i-sch} + pf_i IB \quad (19)$$

그러나, 이렇게 할당되면 계통 버스들의 위상각과 전압도 바뀌게 되므로, 다시 조류계산을 행해야 한다. 즉, IB가 0으로 수렴할 때까지 위의 과정들을 반복해야 한다.

즉, 각 단계마다의 일반화된 배분율은 다음과 같다.

$$PG_i^{k+1} = PG_i^k + pf_i(P_{Stack-cal}^k - P_{Stack-sch}^k) \\ = PG_i^k + pf_i IB^k \quad (20)$$

다음의 오차항이 일정 범위 이내로 수렴하면, 반복과정을 마친다.

$$|IB^k| = |P_{Stack-cal}^k - P_{Stack-sch}^k| \quad (21)$$

그림 2는 이 절에서 제안된 알고리즘에 대한 순서도를 보여주고 있다.

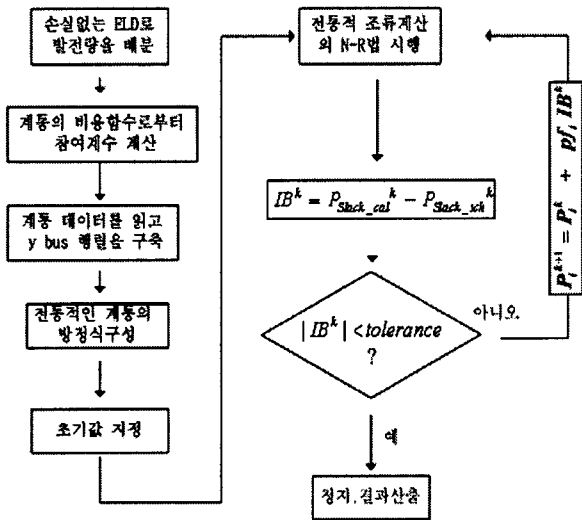


그림 2. IB항을 사용한 슬랙분배 알고리즘
Fig 2 The algorithm for the slack distribution using the proposed IB

2.5 적용사례

제안된 알고리즘을 적용하기 위해 그림 3, 4와 같이 5 모선 계통과 14 모선 계통을 사용한다.

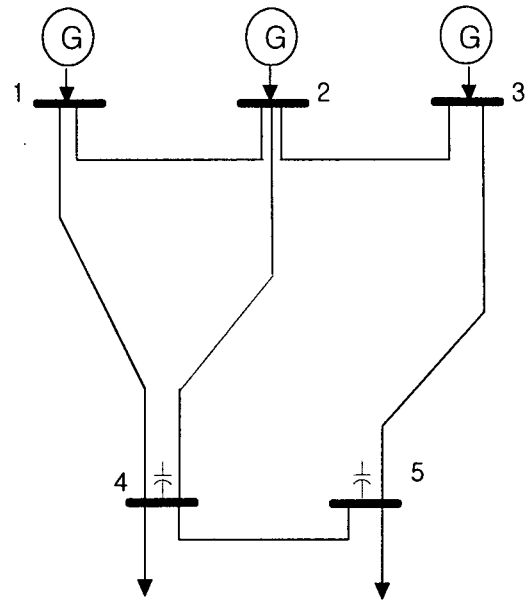


그림 3. 5모선 계통도
Fig. 3. 5-bus system

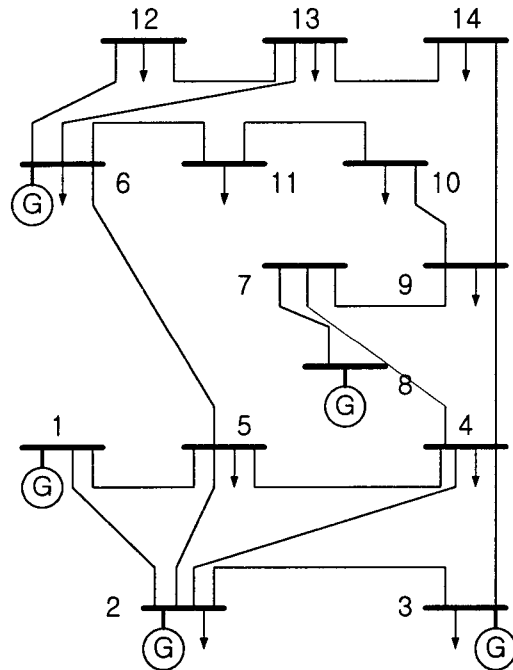


그림 4. 14모선 계통도
Fig. 4. 14-bus system

각 발전기의 비용함수는 다음과 같이 아래로 블록인 2차 함수로 주어진다 가정하고, 각 계통 비용함수의 계수 a_i, b_i, c_i 가 ($i=1,2,3, \dots$ 발전기의 개수) Table I, II에 제시되어 있다.

표 1. 5모선 계통 발전기들의 비용함수

Table 1. The coefficients of the cost function for generators in 5-bus system

모선 번호	계수		
	a_i	b_i	c_i
1(Gen 1)	0.074	1.083	100
2(Gen 2)	0.089	1.033	70
3(Gen 3)	0.074	1.083	100

표 2. 14모선 계통 발전기들의 비용함수

Table 2. The coefficients of the cost function for generators in 14-bus system

모선번호	계수		
	a_i	b_i	c_i
1(Gen 1)	0.074	1.083	100
2(Gen 2)	0.089	1.033	70
3(Gen 3)	0.074	1.083	100
6(Gen 4)	0.089	1.033	70
8(Gen 5)	0.053	1.17	40

2.5.1 슬랙 분배 알고리즘 test

5모선, 14모선에 대해 테스트한 결과가 각각 Table III, IV에 제시되어 있다. 전통적인 조류계산과 제안된 알고리즘으로 배분된 발전량을 비교하였다.

표 3 제안된 알고리즘 I로 배분된 발전량- 5모선 계통
Table 3 The allocated generation of the proposed algorithm I -5 bus system

버스 번호	전통적 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)	제안된 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)
1(발전기 1-Slack)	배분량 : 125.992	123.231
1(발전기 2)	101.467	102.743
3(발전기 3)	121.697	123.231

표 4. 제안된 알고리즘 I로 배분된 발전량- 14모선 계통
Table 4. The distributed generation with proposed algorithm I -14 bus system

버스 번호	전통적 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)	제안된 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)
1(발전기 1-Slack)	71.2136	67.8561
2(발전기 2)	56.0374	56.7006
3(발전기 3)	67.0585	67.8561
6(발전기 4)	56.0374	56.7006
8(발전기 5)	92.8081	93.9218

두 번째 제안된 방법에 의한 결과가 5모선에 대해 Table 5에 제시되어 있다. 14모선에서의 결과는 슬랙 분배 알고

리즘 I과 완전히 동일하여, 따로 제시하지 않았다. 예제 계통에서는 제안된 알고리즘의 2가지 방법의 차이가 특별히 나타나지 않았다.

표 5. 제안된 알고리즘 II로 배분된 발전량- 5모선 계통
Table 5. The allocated generation by the proposed algorithm II - 5 bus system

버스 번호	전통적 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)	제안된 조류계산에 의해 계산된 발전량(W)
1(발전기 1-Slack)	125.992	123.053
2(발전기 2)	101.467	103.098
3(발전기 3)	121.697	123.053
계통 손실	4.3543	4.2848

위의 테이블에서 보여지는 바와 같이, 각 발전기에 주어진 비용함수의 계수에 따라 발전량이 배분되었다. 즉, Table III에서는 그 비용함수가 동일한 발전기 1(슬랙)번과 발전기 3번의 발전량이 동일하였고, Table IV에서도 그와 똑같은 상황이 보여지고 있다.

2.5.3. 비용의 비교

아래 Table VI에서 보듯이, 전통적 방법에 비해 제안된 방법상에서 비용 최소화가 보다 효율적으로 이루어짐을 알 수 있었다. 보다 큰 실계통에서 있어서 비용의 차이는 좀 더 클 것으로 예상된다.

표 6. 각 알고리즘 간의 비용 비교
Table 6. The comparison between the traditional N-R method and the proposed method in the cost minimization

모선 번호	5 모선 계통	14 모선 계통
	총 비용(\$)	총 비용(\$)
전통적 조류계산	3831.16	2477.62
제안된 알고리즘 I	3830.05	2475.26
제안된 알고리즘 II	3830.07	2475.22

3. 결 론

조류 계산에서의 슬랙버스는, 이미 알려져 있듯이 경제급 전에서 의도되었던 발전기 동일 증분 비용이라는 규칙을 깨뜨릴 뿐만 아니라, 하나의 발전기에 과도한 부담을 지운다는 점, 그리고 점점 탈규제화되어가는 전력시장에서 비현실적인 가정이라는 문제점을 제기하였다. 따라서 이러한 슬랙버스를 제거하기 위해, 슬랙버스의 발전량을 계통의 각 발전기에 배분하되, 발전기 동일 증분 비용을 유지하면서 배분하는 방식, 즉 경제급전의 취지를 살린 방식을 제안하였다. 이 방법에는 인위적인 P_{LB} 라는 항을 도입한 방법과 직접적으로 손실을 고려한 방식, 2가지의 방식이 따로 제안되었다. 제안된 방법으로 배분된 발전량의 합은, 계통 손실을 보상할 수 있

음이 보여졌으며, 이것은 슬랙버스의 제거라는 취지에 부합한다. 제안된 방법은 발전연료 비용의 최소화에서, 전통적인 조류계산에 비해 더 긍정적인 기여를 한다는 것을 모의결과를 통해 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Young-Moon Park, Jeong-Ho Lee "A Newton Raphson Load Flow Considering Frequency Characteristics," KIEE, vol.42, No. 6, June 1993, pp. 85-93
- [2] Joong - Rin Shin, Han-Suck Yim,, "An Extended Approach For NR Load Flow with Power Loss Correction Method," IEEE TENCON'93 / Beijing
- [3] Yong-Jin Jang, "Load Flow without Slack Bus using Efficient Participation Factor", SNU Electrical Engineering School Masters Thesis 2002, Seoul Korea
- [4] Ping Yan, "Modified Distributed Slack Bus Load Flow Algorithm for Determining Economics Dispatch in Deregulated Power System," IEEE/PES Winter Meeting'2001, vol.3, pp1226-1231.
- [5] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg, POWER GENERATION, OPERATION, AND CONTROL, A Wiley interscience Publication

저 자 소 개



장 광 수 (蔣 光 洙)

1974년 7월 24일생. 2001년 부산대 전기공학과 학사 졸업. 2003년 서울대 전기공학과 석사 졸업. 현재 동대학원 박사과정

Tel : 02-880-7258, Fax : 02-878 -1452

E-mail : light01@snu.ac.kr



이 상 호 (李 舜 信)

1972년 4월 19일생. 1995년 서울대 전기공학과 학사 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 석사 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 박사졸업(공박) 현재 한국 전기연구원 연구원

E-mail : pino99@snu.ac.kr



허 돈 (許 焯)

1974년 1월 17일생. 1997년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 석사 졸업. 1999년~현재 동대학원 박사과정

Fax : 02-878-1452

E-mail : hanwha@snu.ac.kr