

전압 상태변수에 의한 비 최적운용 계통에 대한 모선가격 분해 알고리즘

김 용 하*, 이 범**, 최 상 규***, 조성린****, 오석현*, 김동근*
 인천대학교*, 여수대학교**, 안양과학기술대학***, 한국전력공사****

Decomposition of Nodal Price and calculation by state variables
 on Power System Operation

Kim, Y.H.* · Lee, Buhm** · Choi, S.K.*** · S.L. Cho**** · Oh, S.H.* KIM, D.K.*
 University of Incheon*, Yosu National Univ**, Anyang Technical College***, KEPCO****

Abstract - We provide a method which can calculate nodal-price considering real network state by using state variables on non-optimal condition of power system. And we present a method to provide a detailed description of each nodal price by decomposition of nodal price

1. 서 론

우리 나라 전력시장의 구조적 변화에 따라서 현실에 적합한 전력시장운영규칙 및 전력거래 방식의 필요하게 되었다. 이에 따라서 전력시장운영 규칙 및 전력거래 방식에 대한 다양한 연구가 진행이 되고 있으며 최근 관심을 가지고 있는 전력시장의 가격은 실제적으로 손실이나 선로제약 등을 고려한 한계비용을 사용한 모선별 가격인 모선가격(Nodal Price:NP)이다.[1] 하지만 모선가격을 결정하는 방법은 계통이 최적의 상태로 운전되어지고 있는 것을 전제로 하여 최적조류계산(Optimal Power Flow:OPF)의 계산과제인 LP의 결과로 계산되어지는 잠재가격(Shadow Price)을 이용하여 모선가격을 산정하고 있다.[2]

본 연구에서는 모선가격의 구성요소인 잠재가격을 계산할때 최적조류계산을 통하지 않고 현재 계통의 상태인 각 모선의 상태변수를 사용하여 모선가격을 산정 하였다.[3] 하지만 이것 역시 최적상태의 모선가격만이 산정되기 때문에 계통의 비최적 상태를 반영하여 모선가격을 계산할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 현재 계통이 비 최적으로 운전되는 경우에 대하여 가상제약을 개발해 모선가격을 산출하였다.[4] 이렇게 산정된 모선가격이 계통의 어떤 요인에 의해서 영향을 받고 있는지에 대한 정보를 도출하기 위하여 음함수 이론을 사용해 각 발전기의 발전 비용과 각 제약이 모선가격에 미치는 영향을 분해함으로써 계통운영에 있어서 유용한 정보를 도출하였다. 사례 연구에서는 6모선 계통에 적용하여 본 연구에 대한 유용성을 증명하였다.

2. 전압 상태변수에 의한 모선가격 산정

현재 계통상태에서 모선중분비용은 발전비용 최소화를 목적으로 하는 최적화문제를 계산함으로써 구해질 수 있다. 최적화 문제의 정식화는 다음과 같다.

$$\text{Min } \sum_{i \in \Omega_D} f_i(P_{Gi}) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } P_{Di} + \sum_{l \in \Omega_L} P_{l-} - P_{Gi} = 0, Q_{Di} + \sum_{l \in \Omega_L} Q_{l-} - Q_{Gi} = 0 \quad (2)$$

$$P_{Gi}^{\text{min}} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\text{max}}, Q_{Gi}^{\text{min}} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi}^{\text{max}} \quad (3)$$

$$V_i^{\text{min}} \leq V_i \leq V_i^{\text{max}} \quad (4)$$

$$T_i \leq T_i^{\text{max}} \quad (5)$$

단 P_{Gi}, Q_{Gi} : i 모선의 발전기 유·무효출력 [MW] P_{Di}, Q_{Di} : i 모선의 부하 유·무효전력 [MW]
 P_{l-}, Q_{l-} : i 모선과 연결된 선로유·무효조류 [MW] V_i : i 모선의 전압[V]
 T_i : i 선로의 피상조류

식(1)~(5)의 constrained optimization 문제는 식(6)과 같은

라그랑지안 함수로 표현하여 unconstrained optimization 문제로 변환할 수 있다.

$$L = \sum_{i \in \Omega_D} f_i(P_{Gi}) + \sum_{i \in \Omega_D} [\lambda_{Pi}(P_{Di} + \sum_{l \in \Omega_L} P_{l-} - P_{Gi})] \\ + \sum_{i \in \Omega_D} [\lambda_{Qi}(Q_{Di} + \sum_{l \in \Omega_L} Q_{l-} - Q_{Gi})] + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{P_{Gi}}(P_{Gi}^{\text{min}} - P_{Gi})] \\ + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{P_{Gi}}(P_{Gi} - P_{Gi}^{\text{max}})] + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{Q_{Gi}}(Q_{Gi}^{\text{min}} - Q_{Gi})] \\ + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{Q_{Gi}}(Q_{Gi} - Q_{Gi}^{\text{max}})] + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{V_i}(V_i^{\text{min}} - V_i)] \\ + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{V_i}(V_i - V_i^{\text{max}})] + \sum_{i \in \Omega_D} [\rho_{T_i}(T_i - T_i^{\text{max}})] \quad (6)$$

단, $\lambda_{Pi}, \lambda_{Qi}$: i 모선 수급조건과 관련된 잠재가격
 $\rho_{P_{Gi}}, \rho_{P_{Gi}}, \rho_{Q_{Gi}}, \rho_{Q_{Gi}}, \rho_{Q_{Gi}}$: 발전기모선 유·무효출력 상·하한치와 관련된 잠재가격
 ρ_{V_i}, ρ_{V_i} : i 모선 전압 상·하한치와 관련된 잠재가격
 ρ_{T_i} : i 선로 피상조류 상한치와 관련된 잠재가격

위의 라그랑지안 함수의 최적조건을 계산함으로써 잠재가격을 산정할 수 있는데 이를 위해서 발전기 출력과 부하전력을 계통의 상태변수로 표현할 수 있는 주입전력으로 표현하였다.[2]

이때 최적조건은 다음의 식(9)~(12)과 같이 구성된다.

<조건1>

$$\frac{\partial L}{\partial X_i} = \frac{\partial f(P_{Gi})}{\partial P_{Gi}} \frac{\partial P_{Gi}}{\partial X_i} + \lambda_{Pi} \frac{\partial P_{Di}}{\partial X_i} + \lambda_{Qi} \frac{\partial Q_{Di}}{\partial X_i} - \rho_{P_{Gi}} \frac{\partial P_{Gi}^{\text{min}}}{\partial X_i} + \rho_{P_{Gi}} \frac{\partial P_{Gi}}{\partial X_i} \\ - \rho_{Q_{Gi}} \frac{\partial Q_{Gi}^{\text{min}}}{\partial X_i} + \rho_{Q_{Gi}} \frac{\partial Q_{Gi}}{\partial X_i} - \rho_{V_i} \frac{\partial V_i^{\text{min}}}{\partial X_i} + \rho_{V_i} \frac{\partial V_i}{\partial X_i} + \rho_{T_i} \frac{\partial T_i^{\text{min}}}{\partial X_i} = 0 \quad (9)$$

<조건2>

$$\frac{\partial L}{\partial P_{Gi}} = P_i + \sum_{l \in \Omega_L} P_{l-} = 0 \quad \frac{\partial L}{\partial Q_{Gi}} = Q_i + \sum_{l \in \Omega_L} Q_{l-} = 0 \quad (10)$$

<조건3>

$$P_{Gi}^{\text{min}} - P_{Gi} \leq 0, P_{Gi} - P_{Gi}^{\text{max}} \leq 0, Q_{Gi}^{\text{min}} - Q_{Gi} \leq 0, Q_{Gi} - Q_{Gi}^{\text{max}} \leq 0 \\ V_i^{\text{min}} - V_i \leq 0, V_i - V_i^{\text{max}} \leq 0, T_i - T_i^{\text{max}} \leq 0 \quad (11)$$

<조건4>

$$\rho_{P_{Gi}}(P_{Gi}^{\text{min}} - P_{Gi}) = 0, \rho_{P_{Gi}} \geq 0, \rho_{P_{Gi}}(P_{Gi} - P_{Gi}^{\text{max}}) = 0, \rho_{P_{Gi}} \geq 0 \\ \rho_{Q_{Gi}}(Q_{Gi}^{\text{min}} - Q_{Gi}) = 0, \rho_{Q_{Gi}} \geq 0, \rho_{Q_{Gi}}(Q_{Gi} - Q_{Gi}^{\text{max}}) = 0, \rho_{Q_{Gi}} \geq 0 \\ \rho_{V_i}(V_i^{\text{min}} - V_i) = 0, \rho_{V_i} \geq 0, \rho_{V_i}(V_i - V_i^{\text{max}}) = 0, \rho_{V_i} \geq 0 \\ \rho_{T_i}(T_i - T_i^{\text{max}}) = 0, \rho_{T_i} \geq 0 \quad (12)$$

단, P_i, Q_i : 각 모선의 주입전력 $P_i = P_{Gi} - P_{Di}, Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di}$

위의 식(9)~(12)를 풀어 제약에 binding된 잠재가격을 계산한 모선가격은 식(14),(15)와 같이 표현된다.

· 발전기 모선인 경우

$$\pi_{P_{Gi}} = \frac{\partial L}{\partial P_{Gi}} = \frac{\partial f(P_{Gi})}{\partial P_{Gi}} - \bar{\rho}_{P_{Gi}} + \bar{\rho}_{P_{Gi}} \quad (14)$$

$$\pi_{Q_{Gi}} = \frac{\partial L}{\partial Q_{Gi}} = -\bar{\rho}_{Q_{Gi}} + \bar{\rho}_{Q_{Gi}}$$

· 부하 모선인 경우

$$\pi_{D_{i,k}} = \lambda_{Pi,k} \quad (15)$$

$$\pi_{Q_{i,k}} = \lambda_{Qi,k}$$

단, $\bar{\rho}$: Binding된 부등호제약조건의 잠재가격

3.가상제약에 의한 비최적운용 계통의 모선가격 산정
비 최적 상태의 모선가격을 구하기 위하여 현재 발전기 출력의 상태에 따라 발전기 유효출력의 상·하한제약을 조정하는 가상제약을 개발하였다. 가상제약이란 현재상태의 발전기출력이 최적상태와 다른 출력을 내고 있을때 해당발전기 출력의 상·하한 제약을 현재의 발전기 출력 크기와 동일하게 조정하여 현재의 발전력이 최적의 발전력으로 운전되는 것과 같게 만드는 제약으로 가상제약의 개념은 다음 그림1 과 같다.

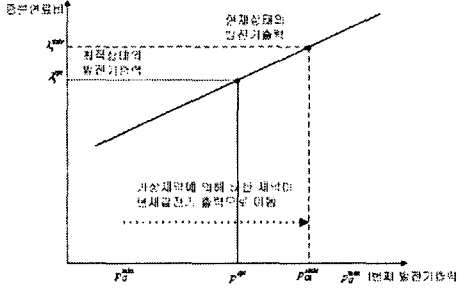


그림1. 가상제약의 개념

가상제약을 적용시키는 방법은 현재의 발전기 출력의 상태에 따라 다음 표와 같이 적용할 수 있다.

표1 현재상태에 따른 가상제약의 적용 분류

Case 구분	최적상태 발전기 출력 (P_g^{opt})	현재상태 발전기 출력 (P_g^{state})	가상 제약의 적용
Case 1	$P_g^{opt} = P_g^{max}$	$P_g^{opt} = P_g^{state} = P_g^{max}$	가상제약 사용하지 않음
Case 2	$\beta^{min} < P_g^{opt} < P_g^{max}$	$P_g^{state} = P_g^{opt}$	가상제약 사용하지 않음
Case 3	$P_g^{opt} = P_g^{min}$	$P_g^{opt} = P_g^{state} = P_g^{min}$	가상제약 사용하지 않음
Case 4	$\beta^{min} < P_g^{opt} < P_g^{max}$	$P_g^{state} = P_g^{max}$	발전기 하한 제약 이동
Case 5	$\beta^{min} < P_g^{opt} < P_g^{max}$	$\beta^{min} < P_g^{state} < \beta^{max}$	발전기 하한 제약 이동
Case 6	$\beta^{min} < P_g^{opt} < P_g^{max}$	$P_g^{state} = \beta^{min}$	발전기 상한 제약 이동
Case 7	$\beta^{min} < P_g^{opt} < P_g^{max}$	$\beta^{min} < P_g^{state} < P_g^{max}$	발전기 상한 제약 이동
Case 8	$P_g^{opt} = P_g^{max}$	$P_g^{state} = \beta^{min}$	발전기 상한 제약 이동
Case 9	$P_g^{opt} = P_g^{max}$	$\beta^{min} < P_g^{state} < P_g^{max}$	발전기 하한 제약 이동
Case 10	$P_g^{opt} = P_g^{max}$	$P_g^{state} = P_g^{max}$	발전기 하한 제약 이동
Case 11	$P_g^{opt} = P_g^{max}$	$P_g^{state} = P_g^{max}$	발전기 하한 제약 이동

case1~case3은 현재 발전기출력과 최적 발전기의 출력이 같기 때문에 가상제약을 적용하지 않는다.

case4,case5,case10,case11은 발전기 출력의 하한제약을 현재 발전기 출력으로 조정한 가상제약을 적용하게 된다. 이것은 발전기 출력이 최적상태의 발전기출력보다 큰 출력을 내고 있는 경우로서 현재의 발전기 출력이 최적상태로 가기위해 자신의 출력을 줄이는 것을 막기 위함이다. 또한 case6~case9는 발전기 출력의 상한제약을 조정하여 가상제약을 적용하게 된다. 이러한 경우는 최적상태의 출력이 현재상태의 발전기 출력보다 큰 경우로서 현재발전기 출력이 최적상태의 발전기 출력으로 변화됨을 막기 위함이다.

표1에 따른 case의 분류에 따라 모선가격을 산정하게 되면 최적상태에서의 전압상태 변수에 의한 모선가격산정 방법과 동일한 최적화 문제를 계산함으로써 알 수 있다. 다만 비최적상태인 경우 가상제약의 사용으로 인해 새로 제약에 binding되는 잠재가격이 나타나게 되어 모선가격에 포함되게 되며 모선가격은 식 (16),(17) 와 같이 표현할 수 있다.[4]

· 발전기 모선인 경우

$$\pi_{k,i} = \lambda_{k,i} = \frac{\partial f(P_G)}{\partial P_G} - \rho_i^{min} + \rho_i^{max} - \alpha_i^{min} + \alpha_i^{max} \quad (16)$$

· 부하 모선인 경우

$$\pi_{k,i} = \lambda_{k,i} \quad (17)$$

4. 모선가격의 분해

위의 식(16),(17)에서 산정한 모선가격을 계통에서 관심을 가지는 제약에 대해서 분해하기 위해서 음함수 이론을 적용하였다. 또한 수급조건과 같이 시장안에서 거래될 수 없는 제약을 nontradable constraints로 하고 시장에서 거래할 수 있는 제약을 tradable constraints로 분류하여 최적조건 식(9)~(12)을 표현하면 식(18)~(19)이 된다.

$$\frac{\partial L(X, \lambda, \rho, P, Q)}{\partial X_i} = \frac{\partial f(P_G)}{\partial P_i} \frac{\partial P_i}{\partial X_i} + U(X, \alpha, P, Q) = 0 \quad (18)$$

$$M(X, P, Q) = 0 \quad (19)$$

단, M : nontradable constraints N : tradable constraints

α : nontradable constraints와 관련된 라그랑지안 승수

분류한 제약 조건에 따라서 라그랑지안 함수는 다음과 같이 재구성된다.

$$L(X(P, Q), \alpha(P, Q), P, Q) = f(X(P, Q), P, Q) + \alpha(P, Q)M(P, Q, P, Q) + \beta N(X(P, Q), P, Q) \quad (20)$$

재구성한 라그랑지안 함수를 이용하여 모선증분비용을 구하면 식(21)이 된다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(X(P, Q), \alpha(P, Q), P, Q)}{\partial P_i} &= \left(\frac{\partial f(X, P, Q)}{\partial P_i} \frac{\partial P_i}{\partial P_i} + \frac{\partial f(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} \right) \\ &+ \left(\frac{\partial \alpha(P, Q)}{\partial P_i} M(X(P, Q), P, Q) + \alpha(P, Q) \left(\frac{\partial M(X, P, Q)}{\partial P_i} \frac{\partial P_i}{\partial P_i} + \frac{\partial M(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} \right) \right) \\ &+ \left(\frac{\partial M(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} \right) + \beta \left(\frac{\partial N(X, P, Q)}{\partial P_i} \frac{\partial P_i}{\partial P_i} + \frac{\partial N(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

위의 식(21)에서 직접 계산되지 않는 $\frac{\partial X}{\partial P_i}$ 를 식(22)과 같이 음함수 이론에 의해서 가정 할 수 있으며 선택함수 식(22)를 통해서 식(23)과 같이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} + \frac{\partial U}{\partial X} \frac{\partial U}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial M}{\partial X} \\ 0 \end{bmatrix} \neq 0 \quad (22)$$

$$\begin{bmatrix} f_{XX} + U_X & U_\alpha \\ M_X & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial P_i} \\ \frac{\partial \alpha}{\partial P_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f_{Xk,i} - U_{k,i} \\ -M_{k,i} \end{bmatrix} \quad (23)$$

식(22),(23)를 이용하여 식(21)을 정리하면 다음의 식(24)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(X(P, Q), \alpha(P, Q), P, Q)}{\partial P_i} &= \left(\frac{\partial f(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} + \frac{\partial f(X, P, Q)}{\partial P_i} \right) \\ &+ \beta \left(\frac{\partial N(X, P, Q)}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial P_i} + \frac{\partial N(X, P, Q)}{\partial P_i} \right) \end{aligned} \quad (24)$$

계통에서 관심을 가지는 제약 중 거래가 불가능한 제약(f_j)의 발전기 비용에 대한 분해요소)과 거래가 가능한 제약에 대한 분해요소들의 합으로 모선가격은 구성된다. 식(25)의 우변의 첫째항은 nontradable constraints이고 두 번째 항은 tradable constraints으로 각 요소에 대한 관심량을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \pi_{k,i} &= \sum_{j \in NT} \left(\frac{\partial f_j}{\partial X} \right) \left(\frac{\partial X}{\partial P_i} \right) + \left(\frac{\partial f_i}{\partial P_i} \right) \\ &+ \sum_{j \in T} \beta_j \left(\left(\frac{\partial N_j}{\partial X} \right) \left(\frac{\partial X}{\partial P_i} \right) + \left(\frac{\partial N_j}{\partial P_i} \right) \right) \end{aligned} \quad (25)$$

5. 사례 연구

본 사례연구는 계통이 최적상태가 아닌 다양한 상태로 운전되는 경우에 대한 모선가격을 산정하고 분해하여 계통이 운전되면서 상태에 따라서 각 제약이 계통의 비용에 미치는 영향을 평가함으로써 실제 전력가격산정에 있어서 유용한 정보를 제공할 수 있는 정보를 도출하였다. 본 사례연구를 위해서 총 부하가 210[MW]인 그림 2와 같은 6모선계통[5]을 사용했다.

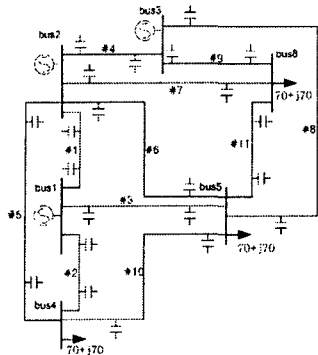


그림 2. 6모선계통

5.1 계통의 입력 Data

계통에서 고려하고자 하는 제약조건은 다음의 표2~3와 같다.

표 2. 계통의 발전기 출력제약조건 및 전압제약 조건

	gen1	gen2	gen3
유효출력[MW] 상한/하한	200.0 / 50.00	130.0 / 37.50	180.0 / 45.00
각모선의 전압크기	$0.95 \leq E_i \leq 1.05$ (단 i=1,2,4,5,6), $0.95 \leq E_3 \leq 1.07$		

표 3. 계통의 선로피상조류제약조건

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11
선로피상조류 상한(MVA)	130	150	140	120	140	120	130	120	160	120	120

위에서 주어진 계통에 대해서 최적조류계산을 시행하여 계통의 최적운전상태를 계산한 결과는 다음과 같다. 여기에서 총 발전비용은 3131.743[WON]이다.

5.2 계산결과

표 4. 계통의 최적조류계산 결과

모선 번호	각모선의 상태 변수값	
	전압의 크기[V]	위상각[rad]
1	1.04999206	-0.00000266
2	1.05000006	-0.00807019
3	1.07000142	-0.01011076
4	0.98397373	-0.03504873
5	0.97875389	-0.04656498
6	1.00166798	-0.04445861

	gen1	gen2	gen3
발전기출력 [Mw]	0.50000	0.90389	0.76833

위 최적조류계산의 결과인 계통의 상태를 이용하여 산정된 모선 가격과 제약에 대한 분해 결과는 다음과 같다.

표 5. 계통의 최적상태에 대한 모선가격

모선 번호	모선 가격	발전기 출력과 관련된 비용			Binding된 제약과 관련된 비용		
		gen1	gen2	gen3	bus1 voltage	bus2 voltage	gen3 realpower
1	11.6743	11.66690	-0.07740	0.08664	0.01430	-0.02237	0.00623
2	10.3489	-0.14546	10.33599	0.15489	-0.03272	0.05185	-0.01565
3	10.8444	0.13025	1.2390	10.59084	0.00842	-0.01396	0.00492
4	9.6416	-8.92844	23.79660	-5.52665	-1.26328	2.17137	-0.60797
5	11.2104	6.76527	-581.13	5.08875	0.28906	-0.47819	0.12667
6	11.3304	6.00608	-4.82858	10.27138	0.50839	-0.85081	0.22392

위의 표 5는 계통이 최적 상태에 운전될 때의 모선가격과 제약에 대한 비용에 대해서 표시하였다. 본 연구에서는 계통의 최적상태가 아닌 비최적 상태의 모선가격을 구하기 위하여 slack모선을 제외한 2번 모선과 3번 모선의 발전기 유효전력을 표6 과 같이 변화 시켰다.

표 6. 발전기 출력의 변화

	gen1	gen2	gen3
발전기출력 [Mw]	0.50000	1.10389	0.56833

표 7은 현재상태에서의 가상제약 조건을 사용하여 계산한 모선가격을 나타내고 있다. 표8은 그 모선 가격을 구성하고 있는 요소를 나타내고 있다.

표 7. 계통의 비 최적상태에 대한 모선가격

모선번호	1	2	3	4	5	6
모선가격	11.6743	11.6009	11.7872	12.1132	12.2211	12.0540

표 8 계통의 비 최적상태에 대한 모선가격의 분해

모선번호	발전기 출력과 관련된 비용			Binding된 제약과 관련된 비용				
	gen1	gen2	gen3	bus1 voltage	bus2 voltage	bus3 voltage	bus2 active power	bus3 active power
1	11.59238	-0.03803	0.11715	-0.00232	-0.00160	0.00112	-0.00459	0.01022
2	-0.09075	13.42217	-0.16583	0.01054	0.00864	-0.00632	-1.56303	-0.01448
3	0.17614	-0.10456	10.79135	-0.00369	-0.00347	0.00262	-0.01261	0.94142
4	10.34707	-4.76221	6.66331	-0.10939	-0.10913	0.07657	-0.57429	0.58129
5	7.92180	-5.04207	9.27057	-0.09257	-0.09285	0.05554	-0.60804	0.80875
6	2.86747	-2.92216	11.54202	-0.06130	-0.05776	0.03125	-0.35239	1.00690

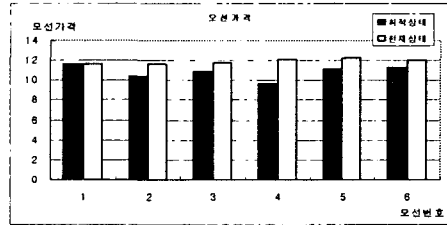


그림 3 계통의 상태에 따른 모선가격의 비교

위의 그림3을 보면 알 수 있듯이 계통이 최적으로 운영될때보다. 비최적으로 운영 될 때 모선가격이 올라감을 알 수 있다. 또한 1번 모선같은 경우에는 최적상태와 비최적상태의 모선가격은 같게 나타나나 모선가격의 분해를 통해서 1번 모선가격에 영향을 주고 있는 요소를 분석해 보면 계통의 상태에 따라 모선에 영향을 주고 있는 요소가 다름을 알 수 있다.

6. 결 론

모선가격의 산정을 위하여 최적조류계산을 통한 잠재가격을 이용한 것이 아닌 상태변수를 사용하여 모선가격을 산정하였다. 또한 최적상태가 아닌 비최적상태의 모선가격을 산정하기 위하여 가상제약을 개발하였다. 비최적상태의 모선가격 산정 역시 상태변수를 이용하여 최적상태의 모선가격을 구하는 산정방법과 동일하게 계산함으로써 모선가격의 산정에 일관성 있는 알고리즘을 제시 하였다. 또한 모선가격을 시장참여자가 관심있는 제약에 관하여 가격결정을 할 수 있도록 모선가격을 제약에 따라 분해하였다. 이는 모선중분비용이 어떠한 제약조건으로부터 영향을 받고 있는지에 대한 정보를 제공하므로 시장참여자가 합리적이고 효과적인 가격을 결정할 수 있도록 하였다. 앞으로 본 연구에서 제시한 알고리즘을 기초로하여 모선가격의 분해 요소에 더 정확한 평가와 실제 계통을 운영할 때 나타나는 여러제약을 함께 고려함으로써 보다 실질적인 정보를 얻는 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

"본 연구는 2003년도 산업자원부 전력산업 연구개발사업 전력기술 기초연구에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다."

[참 고 문 헌]

- [1] Luonan Chen, Suzuki, Hideki Wachi, Tsunehisa, Shimura, Yukhiro "Components of Nodal Prices for Electric Power Systems." IEEE Transactions on Power Systems, Feb2002, Vol. 17 Issue 1, p41, 9p
- [2] 김용하, 문형기, "계통운전상태에서의 모선중분비용 산정 및 분해에 관한 연구(II)", 대한전기학회 논문지, vol. 52, No.9, 2003
- [3] Steven Stoft, "Power System Economics", JOHN WILEY & SON, 2002
- [4] 김용하, 이재걸 "가상제약조건에 의한 비최적 현재운전계통의 모선가격산정" 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, 2003.11.13 15
- [5] Allen J. Wood, "Power Generation, Operation and Control", JOHN WILEY & SON, INC.,1996
- [6] 한국전력, "전력시장 경쟁도입을 위한 기초연구", 1999.8