부하역률 제약조건을 고려한 최적 급전 알고리즘

論 文
53A-9-3

The Optimal Power Flow Algorithm Considering Load Power Factor Limits.

金 洸 郁* · 趙 鍾 萬** · 金 鎭 吾†
(Kwang-Wook Kim · Jong-Man Cho · Jin-O Kim)

Abstract - This paper presents to compute the power economic dispatch, an optimal power flow (OPF) computation algorithm, considering the load power factor limits constraint in developed. Efficient reactive power planning enhances economic operation as well as system security. Accordingly, an adequate level of power factor limits for the load busesshould be evaluated for economic operation. In this paper, the ranges of acceptable load power factors are portrayed as bandwidths of load power factor expressed as a function of load level. The load power factor limits are included and described into the OPF's objective function. The method proposed is applied to IEEE 26 bus system.

Key Words : Load Power Factor limits, Optimal Power Flow(OPF), Thevenin equivalent, Line Stability Index

1. 서 론

전력계통의 전압은 전력 품질 및 계통의 안정성을 평가할 수 있는 중요 지표로서 일정한 전압을 유지하였을 때 계통 설비의 경제적, 효율적 운영을 기대할 수 있다. 국내 전압관리 규정은 하루를 중부하시, 경부하시, 부하변동시로 구분하여 유지하여야 할 전압을 규정하고 있으며 이 전압유지 범위를 초과하는 경우 비상급전체계에 따르고 있다.

무효전력 제어는 전압과 밀접한 관련이 있으며, 계통 내 전압을 제어한다는 의미는 곧 무효전력을 제어한다는 의미이다. 따라서 일정한 전압을 유지하고 계통의 안정적인 운영을 위하여 무효전력의 효율적인 운용이 요구된다. [1]

전압과 무효전력은 송전선과 계통 설비의 무효전력 손실로 인하여 국지적으로 다르다는 특징을 가지고 있다. 또한 계통이 대규모로 되고 발 · 변전소 용량의 증대 및 계통 구성의 루프화로 인하여 계통 각 지점의 전압 · 무효전력 조류 상황, 각 조정 설비의 동작 상황 등까지 함께 고려한 일관성 있는 제어를 실시하지 않으면 전압유지 목적을 달성할 수가 없게 된다. [2]

그러나 국내 전압 규정이나 역률 규정은 단일한 유지범위만을 제시하거나 특정한 상황만을 규정하고 있으며 계통 내 조류 상황이나 부하량을 고려하지 않은 단순한 관리 규정을 가지고 계통운영을 하고 있다. 이러한 단순 관리 규정을 가지고 계통 운영을 하였을 때 계통 운영의 경제적, 효율적 운영은 이루어지지 않을 것이며, 지속적인 계통 내 설비의 손상으로 인해 계통 안정성에도 악영향을 미칠 것이다.

이에 본 논문에서는 무효전력의 소비량을 나타내는 부하역률 개념을 이용하여 일정한 규정범위의 역률이 아닌 부하의 상황이나 부하량이 고려된 부하역률 제한치를 이용하여 계통 운영을 하였을 때의 경제적 이득과 효율적인 무효전력원의 운영을 최적 급전 알고리즘에 적용하여 분석하였다.

2. NEPOOL의 부하역률

미국 내 ISO중 하나인 NEPOOL ISO는 계통 내 무효전력의 안정적인 공급과 소비를 위하여 지역마다의 적절한 부하역률 범위를 제시하고 있다. 이러한 부하역률 규정은 해년마다 지역 내 부하증가량이나 계통 상태를 반영하여 재설정 된다. NEPOOL ISO는 부하 특성상 또는 환경적인 이유로 10곳의 부하 지역으로 나누어져 있다. 이는 전압과 무효전력의 변화는 검출하는 곳에 따라 각각 그 값이 다르다는 국지적인 성질을 가지고 있기 때문에 부하특성과 부하량에 따라 나누어 관리하여야만 효율적인 계통 운영이 이루어질 수 있기 때문이다. NEPOOL ISO에서는 부하의 상황이나 부하량에 따른 적절한 부하역률 범위를 제시하여 발전자, 계통 운영자 및 배전 사업자로 하여금 해당 지역의 역률을 유지하게 하고 있다. ISO는 위와 같은 역률규정을 적용하여 각 사업자간 효율적인 협조 운용을 통하여 계통의 안정성과 경제적 이득을 얻고 있다. NEPOOL ISO에서는 일년에 한번씩 관리지역의 부하역률을 재설정하게 된다. 부하역률 제한치는 부하량에 따라 설정되게 되는데 일년 중 가장 전력수요가 많은 여름 Peak부하를 과부하(100%)로 가정하고 Peak부하의 75%, 40%를 중부하, 경부하로 구분하여 전력량에 따른 부하역률 제한치를 설정하고 있다. [3], [4]

* 正 會 員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 博士課程
** 正 會 員 : 韓國電力去來所
† 교신저자, 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 副敎授 · 工博
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr
接受日字 : 2004年 2月 8日
最終完了 : 2004年 6月 17日

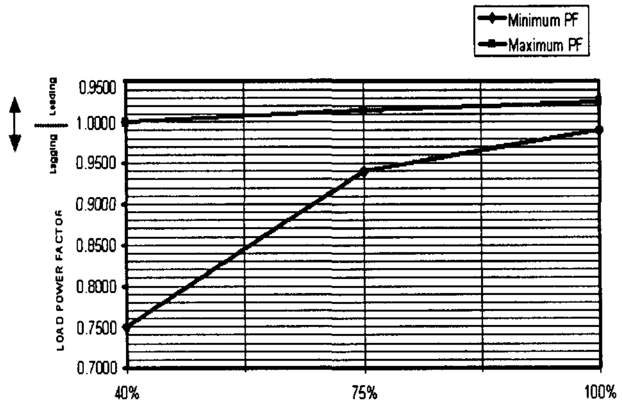


그림 1. 부하지역의 부하역률 그래프

Fig. 1 Load power factor curve for a load area

그림 1은 NEPOOL에서 작성한 부하역률 그래프로서 지역 내 부하상태(과부하, 중부하, 경부하)에 따라 최대 부하역률 그래프와 최소 부하역률 그래프를 작성한 그림이다. 최대 부하역률 그래프는 계통 내 무효전력 공급의 과다로 인하여 과전압 상태를 모의했을 때의 부하역률이고, 최소 부하역률 그래프는 계통 내 심각한 사고로 인하여 저전압이 되었을 때 일정 전압을 유지하기 위한 최소 부하역률을 나타낸다.

각 사업자들은 ISO에서 제시한 최대, 최소 역률 그래프를 바탕으로 부하량에 맞는 역률을 유지하기 위하여 상호 협조하여 무효전력원을 운영하고 있다. NEPOOL 지역의 10곳에서 그림 1과 같은 부하역률 그래프를 매 해 작성하여 계통 운영에 참여하는 관리자, 송전 사업자, 배전사업자들에게 운영 지침 자료로서 사용하고 있다.

본 논문에서는 국외 계통운영에서 사용되고 있는 부하역률 관리와 연구를 바탕으로 보다 구체적이고 상세한 부하역률 제한치를 수식적으로 제시하고 부하 상황에 맞는 유지 부하역률을 구하여 이를 최적 급전 알고리즘의 제약조건으로 첨가하였을 때의 경제적 이득을 살펴보고자 한다.

3. 부하역률 제한조건 설정과 최적 급전 알고리즘의 정식화

3.1 부하역률 제약조건 연구

본 논문에서는 부하역률 제약조건에 대한 연구 대상으로서 IEEE 26모선 계통을 사용하였다. 그림 2는 본 논문의 연구 목적인 부하역률 제약 조건을 고려한 최적 급전 알고리즘의 연구 절차로서 line stability index L을 이용하여 모의계통에서 위험 모선을 선정한 후, 그 모선에 대한 테브난 등가화를 통하여 각 부하 상황에 맞는 부하역률을 수식적으로 구한다음, 최적 급전 알고리즘의 제약조건으로 첨가하여 OPF를 수행하게 된다. 이때 계통 발전 비용의 변화와 계통 내 설비들의 운영에 대에 알아보고자 한다.

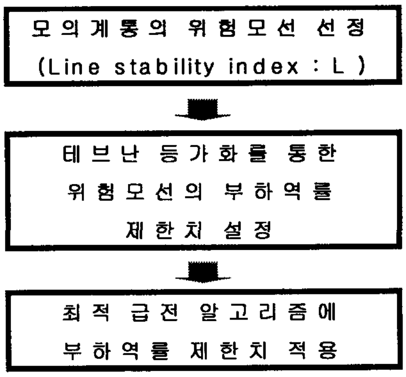


그림 2. 부하역률 제한치 설정 절차

Fig. 2 Procedure of the load power factor establishment

3.2 Line Stability index를 이용한 위험모선 판별

Line stability index는 계통의 특정 부하 상태에서 모선과 선로의 파라미터를 이용하여 계통의 안정성을 판별하는 지수로서 계통 내 위험 지역과 모선을 선별할 때 사용된다. [7]

본 논문에서는 이 Line stability index를 이용하여 모의계통 내 위험모선을 선정한 후, 선정 모선에 대한 부하역률 제한치를 구하였다.

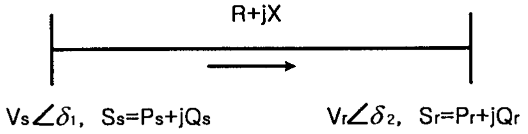


그림 3. 송수전단의 단선도

Fig 3. One line diagram of a transmission line

위 그림에서 송수전단의 피상전력 Ss, Sr 은 다음과 같다.

$$Ss = \frac{|Vs|^2}{Z}\angle\theta - \frac{|Vs||Vr|}{Z}\angle(\theta+\delta1-\delta2) \quad (1)$$

$$Sr = \frac{|Vs||Vr|}{Z}\angle(\theta-\delta1+\delta2) - \frac{|Vr|^2}{Z}\angle\theta \quad (2)$$

위 피상전력으로부터 수전단의 유효전력과 무효전력을 분리하면, 식 (3), (4)와 같다.

$$Pr = \frac{Vs\,Vr}{Z}\cos(\theta-\delta1+\delta2) - \frac{V_r^2}{Z}\cos\theta \quad (3)$$

$$Qr = \frac{Vs\,Vr}{Z}\sin(\theta-\delta1+\delta2) - \frac{V_r^2}{Z}\sin\theta \quad (4)$$

식 (4)에서 $\delta1-\delta2=\delta$ 라 하고, Vr 에 대하여 정리하면,

$$Vr = \frac{Vs\sin(\theta-\delta) \pm \sqrt{\{Vs\sin(\theta-\delta)\}^2 - 4ZQr\sin\theta}}{2\sin\theta} \quad (5)$$

와 같다. 위 식 (5)에서 Vr 이 실근을 갖기 위해서는 루

트 안의 값이 0보다 커야 한다.

$$\{[V_S \sin(\theta-\delta)]^2 - 4ZQr\sin\theta\} \geq 0 \tag{6}$$

즉, $$\frac{4ZQr\sin\theta}{[V_S\sin(\theta-\delta)]^2} = Lmn \leq 1.0 \tag{7}$$

위 식 (7)에서 Lmn 은 모선간의 안정도를 판별할 수 있는 선로 지수로서, 지수값이 1에 가까울수록 전압 붕괴의 위험이 크고, 만약 1이상의 값을 가진다면 그 선로에서는 전압 붕괴가 일어났다고 생각할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 IEEE 26모선을 위 선로 안정도 지수 Lmn 을 사용하여 위험 모선을 선별한 다음 그 모선에 대하여 부하역률 제한치를 구하여 최적 급전 알고리즘의 제약 조건으로 사용하였다.

3.3 테브난 등가 후 위험모선의 부하역률 제한치 설정

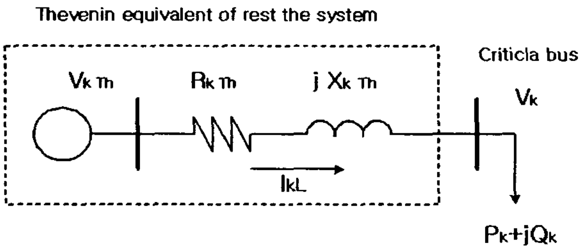


그림 4. 계통의 테브난 등가 변환

Fig 4. Thevenin equivalent of a power system

그림 4는 본 논문에서 선로 안정도 지수를 가지고 판별한 위험부하모선을 기준으로 계통을 실제 테브난 등가화 한 그림이다. 그림과 같이 간략하게 표현된 계통을 가지고 위험 모선에서 부하역률 제한치를 구하게 된다. 이때 부하역률 제한치를 구하기 위하여 다음과 같은 수식적 전개를 수행하였다.

위 그림 4에서 나타낸 테브난 전압과 임피던스 는 식 (8), (9)와 같다. [8]

$$Z_{k\,Th} = \frac{Z_{kk} Z_k^L}{Z_k^L - Z_{kk}} \tag{8}$$

$$V_{k\,Th} = (1 + \frac{Z_{k\,Th}}{Z_k^L})\, V_k \tag{9}$$

또한 위험모선의 유효전력과 무효전력을 이용하여 I_{kL}과 V_k를 구하면 다음과 같다.

$$I_{kL} = \frac{(P_k - jQ_k)}{V_k^*} \tag{10}$$

$$V_k = V_{k\,Th} - Z_{k\,Th} I_{kL} \tag{11}$$

식 (10)과 (11)식을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

$$V_{k\,Th}^2 = V_k^2 + 2(R_{k\,Th}P_k + X_{k\,Th}Q_k) + (R_{k\,Th}^2 + X_{k\,Th}^2)\frac{P_k^2 + Q_k^2}{V_k^2} \tag{12}$$

식 (12)에서 위험모선의 유효전력은 조류계산에서 확인할 수 있고, 테브난 등가방법을 통하여 테브난 전압과 임피던스를 알 수 있다면 일정한 V_k 값을 유지하기 위한 Q_k 값을 구할 수 있다. 위험모선의 일정한 전압 V_k 값을 유지하기 위하여 P_k 와 Q_k 가 구해진다면 그 위험모선에서의 부하역률 값을 구할 수 있을 것이다.

위험모선의 특정 부하 P_k 시 전압 V_k 를 유지하기 위하여 필요한 무효전력 Q_k 를 구하여 부하량에 따른 부하역률 제한치를 구하게 된다.

3.4 최적 급전 알고리즘의 정식화

OPF (Optimal Power Flow)문제는 전력계통의 여러 제약조건을 만족시키며 특정 목적함수의 최적화를 실행하는 기법이다. OPF의 목적함수로는 발전비용, 계통의 손실, 계통 안전도 등 다양한 목적함수를 선택할 수 있다.

본 논문에서는 목적함수로 계통의 총 발전비용을 선택하였으며 아래 식과 같이 정식화하였다.

$$\min f_{cost} = \sum_{i\in\ni}(a_i + b_i P_{gi} + c_i P_{gi}^2) \tag{13}$$

$$P_i - V_i \sum_{j\in\ni} V_j(G_{ij}\cos\theta_{ij} + B_{ij}\sin\theta_{ij}) = 0$$

$$Q_i - V_i \sum_{j\in\ni} V_j(G_{ij}\sin\theta_{ij} - B_{ij}\cos\theta_{ij}) = 0$$

$$\begin{aligned} &P_{gi}^{\min} \leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max} && i\in N_g \\ &Q_{gi}^{\min} \leq Q_{gi} \leq Q_{gi}^{\max} && i\in N_g \\ &T_k^{\min} \leq T_k \leq T_k^{\max} && i\in N_T \\ &V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} && i\in N_B \\ &Q_{ci}^{\min} \leq Q_{ci} \leq Q_{ci}^{\max} && i\in Nc \end{aligned} \tag{14}$$

P_g : 발전기 유효전력, Q_g : 발전기 무효전력
T_k : 변압기 탭, V_i : 부하모선의 전압
Q_{ci} : 캐패시터 용량

위 식에서 발전비용을 최소화를 목적함수로 하고 제약조건으로서 발전기의 유 · 무효전력, 변압기 탭, 부하모선의 전압과 캐패시터의 용량을 사용하였다.

본 논문에서는 다음과 같은 부하역률 제약조건을 포함시킨 최적 급전 알고리즘을 제안하였다.

$$PF_i^{\min} \le PF_i \qquad i \in N_B \tag{15}$$

위에서 살펴본 일반적인 최적 경제 급전 알고리즘 정식화에 본 논문에서 제안한 부하역률 제약조건을 포함시키고, 부하모선의 전압, 발전기 무효전력 출력, 발전기의 출력의 제약조건 등의 상태 변수들을 penalty 함수를 이용하여 재구성하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min f_{cost} = & \sum_{i \in Ng}(a_i + b_i P_{gi} + c_i P_{gi}^2) \\ & + \sum_{i \in N_B} \lambda_{Vi}(V_i - V_i^{\lim})^2 + \sum_{i \in Ng} \lambda_{Qg}(Q_{gi} - Q_{gi}^{\lim})^2 \\ & + \lambda_{Pgs}(P_{gs} - P_{gs}^{\lim})^2 + \sum_{i \in N_{sc}} \lambda_{PF}(PF_i - PF_i^{\lim})^2 \end{aligned} \tag{16}$$

$$P_i - V_i \sum_{j \in \ni} V_j (G_{ij} \cos\theta_{ij} + B_{ij} \sin\theta_{ij}) = 0$$

$$Q_i - V_i \sum_{j \in \ni} V_j (G_{ij} \sin\theta_{ij} - B_{ij} \cos\theta_{ij}) = 0$$

$$\begin{aligned} & P_{gi}^{\min} \le P_{gi} \le P_{gi}^{\max} && i \in N_g \quad i \ne s \\ & Q_{ci}^{\min} \le Q_{ci} \le Q_{ci}^{\max} && i \in Nc \\ & T_k^{\min} \le T_k \le T_k^{\max} && i \in N_T \end{aligned} \tag{17}$$

λ_{Vi} , λ_{Qg}, λ_{Pgs}, λ_{PFi} : Penalty factors

그리고 $V_i^{\lim}$, $Q_{gi}^{\lim}$, $P_{gs}^{\lim}$, $PF_i^{\lim}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$V_i^{\lim} = \begin{cases} V_i^{\min} & \text{if } V_i < V_i^{miin} \\ V_i^{\max} & \text{if } V_i > V_i^{\max} \end{cases}$$

$$Q_{gi}^{\lim} = \begin{cases} Q_{gi}^{\min} & \text{if } Q_{gi} < Q_{gi}^{\min} \\ Q_{gi}^{\max} & \text{if } Q_{gi} > Q_{gi}^{\max} \end{cases}$$

$$P_{gs}^{\lim} = \begin{cases} P_{gs}^{\min} & \text{if } P_{gs} < P_{gs}^{\min} \\ P_{gs}^{\max} & \text{if } P_{gs} > P_{gs}^{\max} \end{cases}$$

$$PF_i^{\lim} = \{PF_i^{\min} \quad \text{if } PF_i < PF_i^{\min} \tag{18}$$

4. 사례연구 및 결과

4-1. 모의계통의 Line Stability index를 이용한 위험모선 선정

본 논문에서 제안한 부하역률 제약조건을 구하기 위하여 먼저 모의계통 내 위험모선을 선정하는데 앞 장에서 설명한 Line stability index를 사용하여 판별한 결과는 다음과 같다.

표 1. IEEE 26 모선의 Line stability index

Table 1. Line stability index of IEEE 26

	From	To	Index		From	To	Index
1	1	2	0.0042	23	10	22	0.0466
2	1	18	0.0454	24	11	25	0.2751
3	2	3	0.1504	25	11	26	0.1272
4	2	7	0.0000	26	12	14	0.0718
5	2	8	0.0000	27	12	15	0.0126
6	2	13	0.0854	28	13	14	0.0207
7	2	26	0.2389	29	13	15	0.0118
8	3	13	0.0051	30	13	16	0.1564
9	4	8	0.0000	31	14	15	0.0075
10	4	12	0.0602	32	15	16	0.1044
11	5	6	0.0540	33	16	17	0.5181
12	6	7	0.0000	34	16	20	0.1248
13	6	11	0.6559	35	17	18	0.2632
14	6	18	0.0952	36	17	21	0.8805
15	6	19	0.0639	37	19	23	0.1158
16	6	21	0.1330	38	19	24	0.2509
17	7	8	0.0000	39	19	25	0.2635
18	7	9	0.1350	40	20	21	0.2906
19	8	12	0.0548	41	20	22	0.0653
20	9	10	0.0000	42	21	24	0.3197
21	10	12	0.0433	43	22	23	0.0915
22	10	19	0.2521	44	22	24	0.1909

위 표 1에서 볼 수 있듯이 17, 21 모선에서 line stability index가 상대적으로 높게 나와 두 모선을 IEEE 26 모의계통에서 위험모선으로 선정하였고, 이 두 모선 각각의 테브난 등가방법을 통한 부하역률을 제한치를 구하여 최적 급전 알고리즘의 제약조건으로 첨가하기로 하였다.

따라서 위험모선인 17 모선과 21 모선을 테브난 등가방법을 이용하여 부하량에 따라 일정하게 전압을 유지하기 위한 무효전력을 계산하게 된다. 이때 본 논문에서는 최대 부하역률은 구하지 않았고 실제 계통에서 쉽게 일어날 수 있는 최소 부하역률 값만을 구하기로 하였다. 위험모선에서 유지하여야 할 최소 전압은 0.95 pu로서 최적 급전 알고리즘의 제약조건에서 부하에서 유지하여야할 최저 전압과 같다.

4-2. 위험모선의 부하역률 제한치 설정

앞 3-3절에서 살펴본 테브난 등가방법에 따라 17, 21모선에서 일정한 부하상태 즉, 계통의 과부하시를 1로 놓았을 때 중부하를 0.75pu, 경부하를 0.5pu로 가정하고 각 부하별로 모선의 전압을 최저 0.95pu로 유지하고자 했을 때 다음 그림 5, 6과 같은 부하량에 대한 역률 그래프를 구할 수 있었다. 표 2에는 두 모선에서 부하에 따라 유지하여야 할 역률값을 나타내었다.

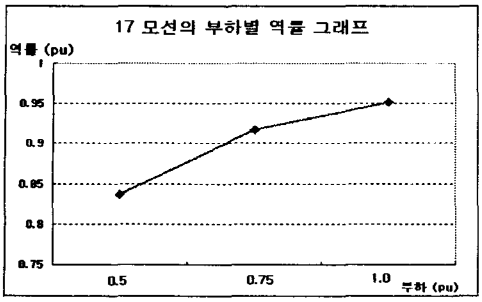


그림 5. 17번 모선의 부하역률 그래프

Fig 5. Load power factor curve of 17 bus

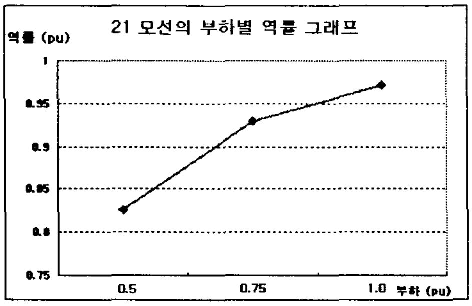


그림 6. 21번 모선의 부하역률 그래프

Fig 6. Load power factor curve of 21 bus

표 2. 위험모선의 부하역률

Table 2. Load power factor of critical bus

[illegible]	0.5	0.75	1.0
17 Bus	0.836	0.918	0.951
21 Bus	0.826	0.929	0.971

4-3. 위험모선의 부하역률 제약조건을 고려한 최적급전 알고리즘 수행

표 3. 발전기 출력 제한과 발전비용 데이터

Table 3. Generator's power limit and cost parameters

발전기 출력 제한과 발전비용 파라미터						
Bus	1	2	3	4	5	26
Pg max	700	200	300	150	200	120
Pg min	100	50	80	50	50	50
Qg max		250	150	80	160	50
Qg min		-40	-40	-40	-40	-15
a	240	200	220	200	220	190
b	7.0	10.	8.5	11.0	10.5	12.0
c	0.007	0.0095	0.009	0.009	0.008	0.0075

표 4. 모선전압과 변압기 탭 제한값

Table 4. Load voltage and Tap limits

부하모선 전압 limits		변압기 Tap limits	
Vmax	Vmin	Tmax	Tmin
1.05	0.95	1.05	0.95

표 3과 4에서 볼 수 있는 계통의 파라미터와 제약조건, 그리고 본 논문에서 구한 위험모선의 부하역률 제약조건을 이용하여 최적 급전 알고리즘을 수행하였을 때 다음 표 5와 같은 경제적 이득을 얻을 수 있었다.

표 5. 발전 비용의 비교

Table 5. Total fuel cost comparison

조 건	Pg	Qg	Sg	비 용 ($/h)
Power Flow	1440.562	686.477	1595.7661	19710.9
Without PF OPF	1435.053	607.647	1588.4005	17599.44
With PF OPF	1433.025	592.023	1550.5005	17581.90

모의계통의 데이터를 바탕으로 기본적인 조류계산을 수행하였을 때 19710.9[$/h]의 전체 발전비용이 들었다. 다음으로 부하역률 제약조건을 첨가하지 않았을 때 즉, 일반적인 최적 급전 알고리즘을 적용하여 조류계산을 수행하였을 때는 기본적인 조류계산을 수행하였을 때 보다 훨씬 적은 17599.44 [$/h]의 발전비용이 들었다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 부하역률 제약조건을 일반적인 최적 급전 알고리즘의 제약조건으로 첨가한 후 조류계산을 수행하였을 때는 17581.90 [$/h]의 총 발전비용이 들었다.

위 발전비용을 시간당 비교하였을 때 역률제약조건을 첨가하지 않았을 때와 첨가한 후의 비용은 시간당 17.54$을 절약할 수 있었으며, 년 간 153650.40$을 절약할 수 있었다.

또한 발전기의 유・무효전력의 출력을 비교 하였을 때 제약조건이 첨가 된 후 줄어든 것을 볼 수 있다. 이것은 발전기가 감당해야하는 부하량을 무효전력 공급원의 효율적인 제어를 통하여 출력을 감소 시켜 발전설비의 보호나 수명연장에 영향을 미칠 수 있음을 볼 수 있었다.

표 6. 위험모선의 역률 비교

Table 6. Load power factor comparison of critical bus

역률 제한 모선	역률 제한 전 부하역률	역률 제한 후 부하역률
17 모선	0.918	0.953
21 모선	0.915	0.974

표 6은 부하역률 제약 조건을 첨가하기 전과 첨가한 후의 위험모선의 역률 변화를 나타내었다. 최적 급전 알고리즘 수행 후 부하역률 값은 표 2에서 제시한 부하별 역률 제한치를 만족함을 볼 수 있다.

6. 결 론

계통의 전압 및 무효전력 제어는 계통 각 지점의 전압과 무효전력 조류 상황, 각 조정 설비의 동작 상황까지 고려한 일관성 있는 제어를 실시하여야만 계통의 효율적이고 안정적인 운영을 이룰 수 있다.

기존의 계통 운영 지침에는 계통 전압과 역률 유지 범위를 부하상태나 상황을 고려하지 않고 일률적으로 적용하여 왔다. 이에 본 논문에서는 모의계통을 적절한 등가변환을 바탕으로 계통 상태나 부하량을 고려하여 유지하여야할 부하역률 범위를 수식적으로 정리하였다. 이를 바탕으로 발전비용 최소화를 목적으로 하는 일반적인 최적 급전 알고리즘의 제약조건에 새로운 부하역률 제약조건을 첨가하였을 때 경제적인 이득을 비교하였다.

사례연구에서 볼 수 있듯이 부하역률 제약조건을 첨가하였을 때 경제적인 이득이 있음은 물론이고 발전기나 무효전력원의 안정적이고 효율적인 운용도 가능함을 볼 수 있었다.

이에 본 논문에서 제안한 부하역률 제한치 개념이 실제 계통 운영의 역률 규정에 적용하였을 때 계통의 경제적이고 안정적인 운영에 유용하게 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력거래소 지원으로 수행된 결과의 일부임.

참 고 문 헌

[1] P. Kundur, "Power system stability and control", McGraw-Hill Inc, 1994.

[2] Carson W. Taylor, "Power system voltage stability", McGraw-Hill Inc, 1994.

[3] NEPOOL operating procedure NO. 17-Load Power Factor Correction. NEPOOL Operating Procedures. 2003.

[4] Kim Tae-Eung, Kim Jae-Eon "Real and Reactive power coordination control of Distributied Generation System for Distribution Voltage Regulation", 학술 대회 논문집 2000년 pp.153-155

[5] NEPOOL operating procedure NO. 12-Voltage and reactive control. NEPOOL Operating Procedures, 2003.

[6] J. T. Ma and Q. H. Wu, "Power system optimal reactive power dispatch evolutionary programming", IEEE Trans. on Power System, Vol. 10, Issue. 3, pp. 1243-1249, 1995.

[7] M. Moghavvemi, M. O. Faruque, "Power system security and voltage collapse: a line outage based indicator for prediction", Elsevier Science Ltd. Electrical Power and Energy Systems 21 P. 455-461, 1999.

[8] M. Moghavvemi, F. M. Omar, "Technique for contingency monitoring and voltage collapse prediction", IEE Proceedings. Transmission and Distribution, Vol. 145, Issue.6 pp. 634-640.

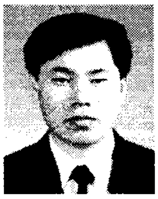
[9] Moon-Young Kim, Young-Sik Baek, Kyung-Bin Song "The Optimal Power Flow Considering the Characteristics of Electric Power Consumers", 전기학회논문지 2003년 pp. 107-113.

저 자 소 개

김 광 욱 (金 洸 郁)

1976년 11월 4일생. 2002년 2월 조선대학교 전기공학과 졸업(학사). 2004년 2월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사)

E-mail : srwook@ihanyang.ac.kr



조 종 만 (趙 鐘 萬)

1959년 7월 27일생. 1986년 2월 서울산업대 전기공학과 졸업(학사). 1999년 2월 경상대학교 전기공학과 졸업(석사) 현재 한양 대학교 대학원 전기공학과 박사과정.

E-mail : jomgman@kpx.or.kr

김 진 오 (金 鎭 吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 12월 Texas A&M 대학교 전기공학과 졸업(공박). 현재 한양대학교 전자전기공학부 부교수

Tel : 02-2290-0347

Fax : 02-2297-1569

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr