

해양도시내 분산전원의 최적 설치점 선정

박정도* · 이성환** · 도근영*** · 성효성**** · 장낙원†

*,** 위덕대학교 에너지전기공학부, *** 한국해양대학교 해양공간건축학부, ****, † 한국해양대학교 전기전자공학부

Optimal Positioning Algorithm for Distributed Energy Resources near Ocean Side

Jeong-Do Park* · Seong-Hwan Lee** · Geun-Young Doe*** · Hyo-Seong Seong**** · Nakwon Jang†

*,** Division of Energy and Electrical Eng., Uiduk University, Gyeongju, Korea

*** Division of Architecture and Ocean Space, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

****,† Division of Electrical and Electronics, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요약 : 본 논문은 Newton-Rhapon법으로 조류계산을 하여 해양도시내 분산전원의 최적 설치점에 대해 연구하였다. 도시 내에 분산전원을 설치할 경우 대규모 발전소나 송전설비를 추가 건설하지 않고도 효율적으로 필요한 전력을 공급할 수 있는 장점이 있다. 따라서 전 세계적으로 분산전원은 도시 에너지원으로 주목받고 있다. 그러나 도시 내의 전원 설치지점 변경에 따른 전력손실 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 분산전원이 주변의 선로에 미치는 전력손실을 최소화 할 수 있도록, 분산전원의 최적 설치지점을 선정하는 방안을 제안한다.

핵심용어 : 분산자원, 최적 설치점 알고리즘, 조류계산, 전력손실, Newton-Rhapon법

Abstract : In this paper we suggest optimal positioning algorithm for DER(distributed energy resource)s near ocean side by using Newton-Rhapon load flow calculation. By installing DERs within urban area, electric power can be effectively transmitted to each loads without constructing additional large scale power stations and transmission lines. Therefore, DERs have attracted worldwide attention as urban area energy sources. However, there are quite a few studies for estimation of power loss due to DERs' location change within urban area. Hence, in this study, an optimal positioning scheme for DERs is proposed in order to minimizing electrical power loss.

Key words : Distributed energy resource, positioning algorithm, Load flow calculation, Power loss, Newton-Rhapon method

1. 서 론

태양광, 연료전지, 풍력, 마이크로터빈 등 신재생에너지원을 기존의 방식으로 전력계통에 연계할 수는 있지만, 이들은 기존의 발전소에 비해 규모가 작기 때문에, 분산전원으로 사용하는 것이 바람직하다. 도시 내에 분산전원을 설치할 경우 대규모 발전소나 송전설비를 추가 건설하지 않고도 효율적으로 필요한 전력을 공급할 수 있다. 따라서 전력 사용량이 많은 대도시의 중심에 태양전지, 연료전지 등 중·소규모 발전 설비를 설치하여 효율적으로 필요한 전력을 공급하려는 욕구가 커지고 있다.

전 세계적으로 신재생 에너지 관련 기술 및 시장 동향에 따라 분산전원은 도시 에너지원으로 주목받고 있다. 기존의 발전소가 전력소비지역과 멀리 떨어져 있어 송전선에서 많은 손실이 발생하기 때문에 부하가 집중되는 지역에 분산전원을 연결하여 효율적인 전력 공급이 이루어지게 함으로써 전력 손실을 줄이고자 하는 것이다(Wang, 1994). 즉, 도시의 경제적인 에너

지 운영이 그 목적이라 할 수 있다. 그러나 신재생 에너지 관련 기술이 아직 시작 단계에 머무르고 있어 도시 내의 전원 설치지점 변경에 따른 전력손실 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 발전원의 위치 변경에 따른 전력조류 및 송전전력 손실 평가를 통하여 도시차원에 적합한 발전원 설치점 선정 기법의 개발이 시급하다.

본 연구에서는 해양도시인 부산 해운대구 규모의 도시에 분산전원을 설치할 경우, 전력손실을 고려하여 분산전원이 주변의 모선 및 선로에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 분산전원의 설치지점을 선정하는 방안을 제안한다.

2. 전력조류 해석모델

2.1 대상 시스템

본 연구의 대상 도시의 규모는 부산광역시 해운대구의 규모

* jdpark@uu.ac.kr 054)760-1663

** hwaney@uu.ac.kr 054)760-1625

*** gydoe@hhu.ac.kr 051)410-4583

**** hs-seong@hhu.ac.kr 051)410-4925

† 교신저자 : 장낙원(정회원), nwjang@hhu.ac.kr 051)410-4413

로 가정한다. 해운대구를 관장하는 기장군에는 총 17개의 변전소(3개의 345kV 변전소와 14개의 154kV 변전소)가 있고 그 중 해운대구와 연관이 있는 변전소는 Table 1과 같다. 2008년 각 변전소별 평균부하를 합하면 194.4MW 이고 변전소의 개수가 4 개이므로 Fig. 1과 같은 Stagg 5 Bus 시스템(Stagg, 1968)을 대상 시스템으로 한다.

Table 1 Substation of Haeundae-gu

변전소	2008년 평균부하	
	유효전력(MW)	무효전력(MVAR)
수영(154kV)	68.7	8.7
우동(154kV)	51.1	-3.2
정보(154kV)	19.7	-0.5
좌동(154kV)	54.9	0.1

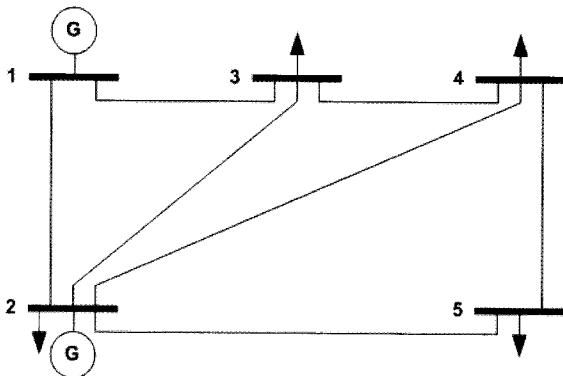


Fig. 1 Stagg 5 Bus System

Stagg 5모선 시스템은 5개의 모선으로 구성되어 계통전력 유입 모선을 슬래 모선으로 가정하면 모선의 수가 해운대구와 동일하고 총부하 역시 전력손실을 고려하면 171MW로 해운대구와 유사하여 대상 시스템으로 적합하다.

도시 에너지원인 분산전원이 연결되는 모선의 위치 변경에 따른 영향을 살펴보기 위해서 대상 시스템은 내부에 발전원을 갖지 않은 것으로 가정하며 Stagg 5 Bus 시스템을 Fig. 2와 같이 5 모선 대상 시스템으로 변경하였다. 발전원만 삭제하였으며 대상 시스템의 모선과 선로 데이터는 Stagg 5모선의 데이터를 사용하며 Table 2와 Table 3 같이 설정하였다.

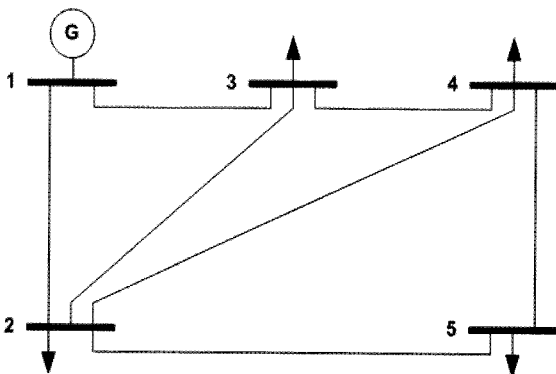


Fig. 2 5 bus system for Haeundae-gu

Table 2 Bus data (Per unit base: 100 MVA)

Bus code	Assumed bus voltage	Generation		Load	
		MW	MVAR	MW	MVAR
1	1.06 + j0.0	0	0	0	0
2	1.0 + j0.0	0	0	20	10
3	1.0 + j0.0	0	0	45	15
4	1.0 + j0.0	0	0	40	5
5	1.0 + j0.0	0	0	60	10

Table 3 Transmission line data

Bus code (p-q)	Impedance	Line charging $\frac{y_{pq}}{2}$
1-2	0.02 + j0.06	0.0 + j0.030
1-3	0.08 + j0.24	0.0 + j0.025
2-3	0.06 + j0.18	0.0 + j0.020
2-4	0.06 + j0.18	0.0 + j0.020
2-5	0.04 + j0.12	0.0 + j0.015
3-4	0.01 + j0.03	0.0 + j0.010
4-5	0.08 + j0.24	0.0 + j0.025

2.2 전력 조류계산 프로그램

대상 시스템에 대해 분산전원의 최적 설치점과 전력손실을 평가하기 위하여 전력 조류계산 프로그램을 작성하였다. 전력 조류계산 알고리즘은 Newton-Rhapson법(Wood, 1996)(Pai, 1979)을 사용하였다. 작성한 조류계산 프로그램의 내용을 요약하면 다음과 같다.

모선 i에 유입되는 복소전력 S_i 는 다음과 같이 정의되고,

$$S_i = P_i + jQ_i = V_i I_i^* = V_i \sum_{j=1}^N Y_{ij}^* V_j^*$$

$$= |V_i| (\cos \theta_i + j \sin \theta_i) \cdot$$

$$\sum_{j=1}^N (G_{ij} - jB_{ij}) |V_j| (\cos \theta_j - j \sin \theta_j)$$

$$= |V_i| \sum_{j=1}^N \{ (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij})$$

$$+ j(G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \} |V_j|$$

여기서, $I_i = \sum_{j=1}^N Y_{ij} V_j$

N : 모선수,

Y_{ij} : 모선어드미턴스행렬의 i행 j열의 어드미턴스,

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$$

V_j : j 모선의 전압, $V_j = |V_j| (\cos \theta_j + j \sin \theta_j)$

P_i : i 모선의 유효전력,
 Q_i : i 모선의 무효전력, $\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$

따라서 각 모선의 유효·무효전력은 다음과 같이 정의된다.

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) |V_j|$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) |V_j|$$

정의된 발전량 및 부하에 대해서 유·무효전력은 다음 관계를 만족해야한다.

$$P_{Gi} - P_{Li} = P_i = |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) |V_j|$$

$$Q_{Gi} - Q_{Li} = Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) |V_j|$$

여기서, P_{Gi} : i 모선의 발전 유효전력,

P_{Li} : i 모선의 부하 유효전력

Q_{Gi} : i 모선의 발전 무효전력,

Q_{Li} : i 모선의 부하 무효전력

이것을 아래와 같이 전력방정식으로 정리한다.

$$\Delta P_i = P_{Gi} - P_{Li} - P_i = P_{Gi} - P_{Li}$$

$$- |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) |V_j| = 0$$

$$\Delta Q_i = Q_{Gi} - Q_{Li} - Q_i = Q_{Gi} - Q_{Li}$$

$$- |V_i| \sum_{j=1}^N (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) |V_j| = 0$$

여기서, ΔP_i : i 모선의 유효전력 차,

ΔQ_i : i 모선의 무효전력 차

위의 식은 $f(x) = 0$ 의 일반적인 형태로 다양한 최적화 기법을 사용하여 해를 구할 수 있다. 여기서는 Newton-Rhapon 법을 적용하여 해를 구하며, Newton-Rhapon 법의 최적화 단계에 필요한 자코비안을 구성하면 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}_{(k)} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}_{(k)} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix}_{(k)}$$

여기서, $i \neq j$ 에 대해 (비대각 성분)

$$H_{ij} = L_{ij} = |V_i| |V_j| (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij})$$

$$N_{ij} = -M_{ij} = |V_i| |V_j| (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij})$$

$i = j$ 에 대해 (대각 성분)

$$H_{ii} = -Q_i - B_{ii} |V_i|^2, \quad L_{ii} = Q_i - B_{ii} |V_i|^2$$

$$N_{ii} = P_i + G_{ii} |V_i|^2, \quad M_{ii} = P_i - G_{ii} |V_i|^2$$

개발한 조류계산 프로그램은 위의 식을 사용하여 조류계산을 수행하고, 수행한 조류계산 결과를 통하여 전력손실을 계산하였다.

3. 전력조류계산 및 송전전력손실평가

분산전원을 도시에너지원으로 사용하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘는데, 첫째 소규모의 분산전원을 최종 말단 부하에 접속하는 방법과 둘째 중·소규모의 발전 설비를 구축하여 변전소나 피더에 직접 연결하는 방식이 있다. 소규모의 분산전원을 개인 용도로 전원에 연결하는 경우에는 발전원의 접속으로 인해 전력계통에 미치는 영향이 극히 미미하나, 중·소규모의 발전 설비나 발전단지 규모일 경우 반드시 전력계통에 미치는 영향을 미리 해석하여 계통의 안정성과 경제성을 평가해야 한다. 따라서 중·소규모의 발전 단지의 경우 발전원의 접속 모선 변경에 따른 전력조류해석을 통하여 전력손실 등을 평가한 후 가장 유리한 모선에 접속해야 도시 차원의 경제성을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 중·소규모의 발전원을 대상으로 한다.

3.1 전력조류 해석을 위한 분산전원 전압 레벨 설정

분산전원을 도시 내의 전력계통에 설치하고자 할 경우, 발전원이 필요로 하는 부지의 크기, 입지조건, 인근 지역의 상황(풍력발전의 경우 소음, 그림자 등) 등에 따라 분산전원의 종류와 용량이 결정된다. 전원의 용량이 결정되면 전력계통 해석을 통하여 전력손실 및 경제성 등을 평가해야 하는데 접속 모선의 전압이 결정되지 않으면 전력계통 해석의 관문인 전력조류계산을 수행할 수가 없다. 발전 모선의 경우 유효전력과 모선전압이 반드시 결정되어야 전력조류계산 수행이 가능하기 때문이다. 따라서 본 절에서는 도시 에너지원의 전압 레벨(모선 전압)을 설정하는 방안을 제안한다.

분산전원을 모선에 효율적으로 접속하는 기준은 다음과 같은 것들이 가능하다. 첫째, 가장 많은 선로가 연결된 모선에 분산전원을 연결하여 그 효과를 과급하는 방안, 둘째, 가장 많은 부하가 연결된 모선에 분산전원을 연결하여 그 효과를 과급하는 방안, 셋째, 계통유입 전력 모선으로부터 가장 거리가 먼 모선에 연결하여 전력손실을 줄이는 방안, 넷째, 모선의 부하가 가장 큰 모선에 연결하는 방안 등이다. 본 연구에서는 가장 많은 선로가 연결된 모선에 가상의 분산전원을 연결하는 경우를 알아보았다.

5 모선 대상 시스템에서 가장 많은 선로가 연결된 모선은 2번 모선(4개의 선로 접속)이므로, 2번 모선에 40MW + 30MVAR 용량의 분산전원이 설치된 경우를 알아보았다. 분산전원은 무효전력이 유동적이므로 최적의 전압을 직접 계산해 공급해야 한다. 그러나 용량은 결정되지만 적절한 전압은 알 수 없으므로 상시 전압 변동 가능 범위(0.95pu에서 1.1pu까지 0.01pu 단위)내에서 임의로 출력 전압을 조정하고 Fig. 3과 같이 조류계산을 반복 수행하여 전력손실의 변화를 계산하였다.

전력조류계산은 Newton-Rhapon법을 사용하여 수행하였고, 분산전원의 출력 전압 변동에 따른 전력손실의 계산 결과는 Table 4와 같고 Table 4의 내용을 그래프로 나타내면 Fig. 4와 같다.

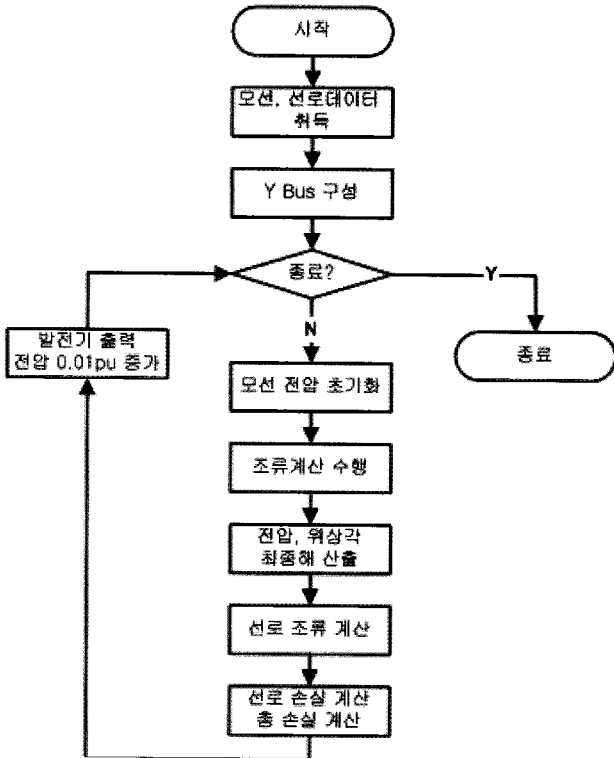


Fig. 3 Flowchart of load flow calculation

Table 4 와 Fig. 4에서 알 수 있듯이 모선 2번에 40MW의 분산전원을 설치한 경우 출력 전압이 1.05pu일 때 손실이 가장 적은 것으로 나타났다. 이와 같이 상시 전압 변동 가능 범위 내에서 전압을 조정하고 반복 조류계산을 통하여 최적의 전압을 결정할 수 있다.

Table 4 Power loss of bus 2 for voltage variation

V_2 [pu]	P_{Loss}^2 [MW]
0.95	10.968849
0.96	9.736361
0.97	8.635142
0.98	7.665502
0.99	6.827757
1.00	6.122228
1.01	5.549243
1.02	5.109137
1.03	4.802249
1.04	4.628924
1.05	4.589514
1.06	4.684373
1.07	4.913863
1.08	5.278350
1.09	5.778204
1.10	6.413802

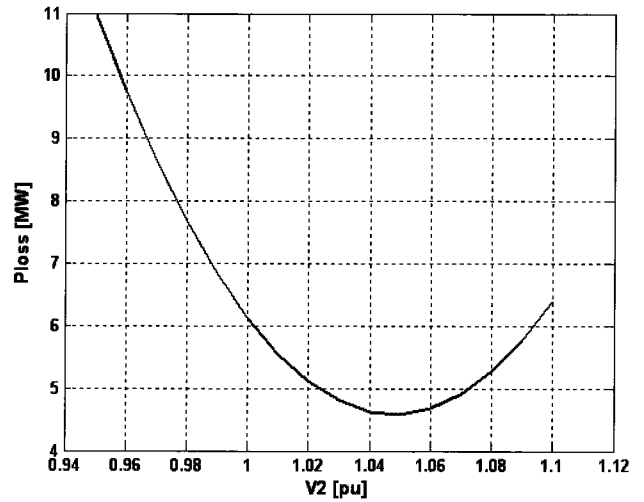


Fig. 4 Power loss of bus 2 for voltage variation

3.2 분산전원 설치 모선에 따른 전력 손실

도시 내에 용량이 정해진 분산전원을 설치할 때 최적 설치점을 선정하기 위하여 2, 3, 4, 5번 모선에 각각 분산전원을 설치한 경우에 대해 동일한 계산을 수행하였다. 계산 수행 결과를 Table 5와 Fig. 5에 나타내었다. V_2, V_3, V_4, V_5 는 각 모선에 설치된 경우의 분산전원 출력전압 설정 값이고, $P_{Loss}^2, P_{Loss}^3, P_{Loss}^4, P_{Loss}^5$ 는 각 경우의 손실을 나타낸다.

Table 5 Power loss of each bus for voltage variation

V_2, V_3, V_4, V_5 [pu]	P_{Loss}^2 [MW]	P_{Loss}^3 [MW]	P_{Loss}^4 [MW]	P_{Loss}^5 [MW]
0.95	10.968849	6.806559	6.385923	5.272325
0.96	9.736361	6.166141	5.795666	4.850594
0.97	8.635142	5.600414	5.275549	4.479964
0.98	7.665502	5.109578	4.825758	4.160579
0.99	6.827757	4.693834	4.446480	3.892583
1.00	6.122228	4.353388	4.137906	3.676124
1.01	5.549243	4.088446	3.900226	3.511348
1.02	5.109137	3.899215	3.733636	3.398405
1.03	4.802249	3.785907	3.638332	3.337444
1.04	4.628924	3.748735	3.614511	3.328616
1.05	4.589514	4.096191	3.662374	3.372074
1.06	4.684373	4.712501	3.782122	3.467971
1.07	4.913863	5.638638	3.973961	3.616461
1.08	5.278350	6.876437	4.238096	3.817701
1.09	5.778204	8.427750	4.574736	4.071847
1.10	6.413802	10.294478	4.984090	4.379058

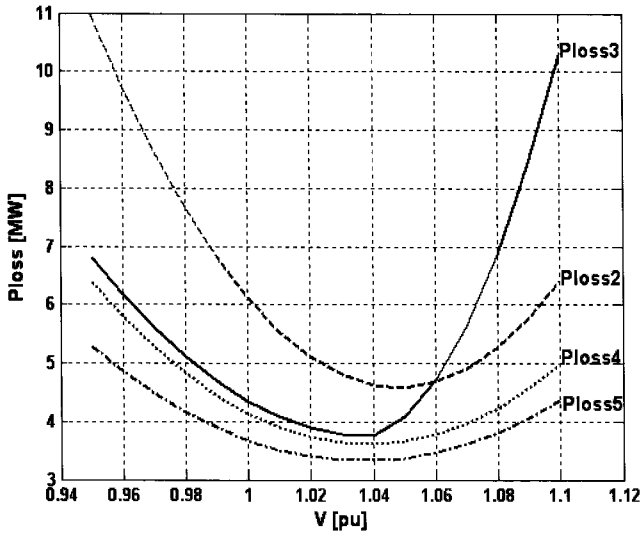


Fig. 5 Power loss of each bus for voltage variation

전압의 범위는 1.04pu와 1.05pu 사이의 값일 때 전력손실을 최소화하는 것으로 나타났다. 이것은 일상적인 전압의 범위이므로 선정된 전압으로 분산전원의 발전전압을 결정하는 것에는 전혀 무리가 없다.

또한, 위의 수행결과를 통해 대상시스템에 40MW의 분산전원을 설치할 때 손실이 가장 적은 지점은 모선5이고 가장 불리한 지점은 모선 2 라는 것을 알 수 있다. 대상시스템에 분산전원을 도입할 경우 모선5 ⇒ 모선4 ⇒ 모선3 ⇒ 모선2의 순서로 유리함을 알 수 있다.

3.3 분산전원 용량에 따른 전력손실 평가

도시 에너지원의 전력계통 연계 시 결정해야할 두 가지 주요 변수는 전압과 용량이다. 전력손실을 최소화 하는 도시 에너지원의 전압 설정은 앞 절에서 이미 다룬바 있다. 본 절에서는 도시 에너지원의 용량의 변화에 따른 전력손실 관계와 용량의 변화에 따른 최적 전압의 관계를 알아보았다. 용량의 변화에 따른 전력손실과 손실을 최소화하는 최적 전압의 관계를 알아보기 위하여 5모선 대상 시스템에 분산전원을 설치하고 그 용량을 5MW에서 40MW까지 5MW 단위로 증가시키면서 동시에 분산전원의 출력 전압을 0.95pu에서 1.1pu까지 0.01pu 단위로 증가시켰다. 분산전원의 설치에 따른 전력손실을 최소화하는 모선5에 설치하였다.

용량변화 따른 전력손실계산 수행 결과를 Table 6과 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서 보듯이 분산전원의 용량을 증감시키더라도 전력손실을 최소화하는 전압은 거의 변하지 않음을 알 수 있다. 따라서 분산전원의 용량 변화와 관계없이 전력손실을 최소화하는 전압의 설정이 가능하며, 아래 예에서는 대략 1.03pu로 설정하면 분산전원 도입 시 전력손실을 최소화할 수 있다.

Table 6 Power loss of Bus 5 for voltage variation and variable capacities

V_5 [pu]	P_G^5 [MW]							
	5	10	15	20	25	30	35	40
0.95	7.212	6.854	6.524	6.220	5.944	5.693	5.470	5.272
0.96	6.850	6.485	6.146	5.834	5.549	5.290	5.057	4.850
0.97	6.540	6.166	5.819	5.499	5.205	4.937	4.696	4.479
0.98	6.282	5.900	5.544	5.216	4.913	4.636	4.385	4.160
0.99	6.075	5.685	5.321	4.984	4.672	4.387	4.127	3.892
1.00	5.921	5.522	5.150	4.804	4.484	4.189	3.920	3.676
1.01	5.819	5.412	5.031	4.676	4.347	4.043	3.764	3.511
1.02	5.769	5.353	4.964	4.600	4.262	3.949	3.661	3.398
1.03	5.771	5.347	4.949	4.576	4.229	3.907	3.610	3.337
1.04	5.826	5.394	4.987	4.605	4.249	3.917	3.610	3.328
1.05	5.934	5.493	5.077	4.686	4.321	3.980	3.664	3.372
1.06	6.095	5.645	5.220	4.820	4.445	4.095	3.769	3.467
1.07	6.309	5.850	5.416	5.007	4.623	4.263	3.927	3.616
1.08	6.576	6.108	5.665	5.247	4.853	4.484	4.139	3.817
1.09	6.897	6.420	5.968	5.540	5.137	4.758	4.403	4.071
1.10	7.271	6.785	6.323	5.886	5.473	5.085	4.720	4.379

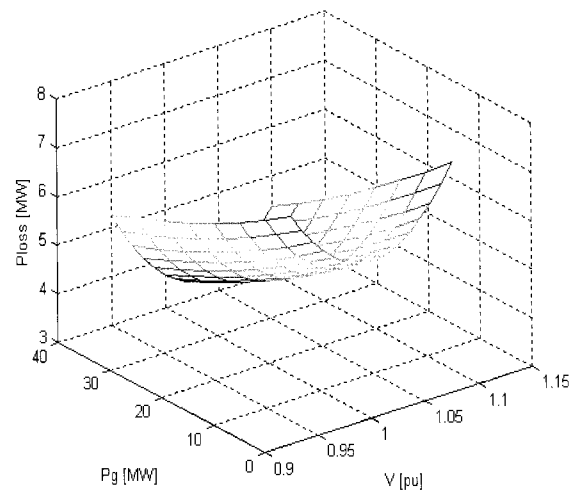


Fig. 6 Power loss of bus 5 for voltage variation and variable capacities

3.4 도시차원에 적합한 발전원 설치지점 선정 기법

앞 절에서 살펴본 바와 같이 해양도시인 부산 해운대구 규모의 도시에 분산전원을 설치할 경우, 본 연구에서 제안한 방법을 사용하여 전력손실을 최소화하는 전압레벨을 구할 수 있고 이것을 통하여 분산전원의 설치 우선순위를 결정할 수 있다. 제안

한 방안을 요약하면 다음과 같다.

- Step1. 계통데이터 취득 후 Y Bus 행렬을 구성한다.
- Step2. 각 모선에 대하여 다음을 수행한다.
- Step3. 분산전원이 추가될 모선을 선정하고 발전기의 출력을 0.95pu로 설정.
- Step4. 모든 모선의 전압을 $1 \angle 0^\circ$ 으로 초기화한다.
- Step5. 계통데이터와 Y Bus를 이용하여 조류계산 수행.
- Step6. 각 모선의 전압, 위상각의 최종해를 계산한다.
- Step7. 각 선로의 전력손실을 계산한다.
- Step8. 전력손실값을 저장한다.
- Step9. 분산전원의 출력을 0.01pu 증가시킨다.
- Step10. 분산전원의 출력이 1.1pu 이하이면 Step4부터 다시 수행
- Step11. 다음 모선에 대하여 Step 3부터 다시 수행
- Step12. 각 모선에 분산전원을 설치한 경우의 최소전력손실이 가장 작은 모선부터 우선순위 리스트에 저장한다.

이와 같이 분산전원의 설치지점에 따라 전력손실을 최소화하는 전압을 구하고, 전력손실을 최소화하는 전압을 사용하여 전력손실을 계산하여 각각을 비교하면 분산전원의 설치에 가장 유리한 모선을 선정할 수 있다. 제안한 방법의 상세 흐름도를 Fig. 7에 나타내었다.

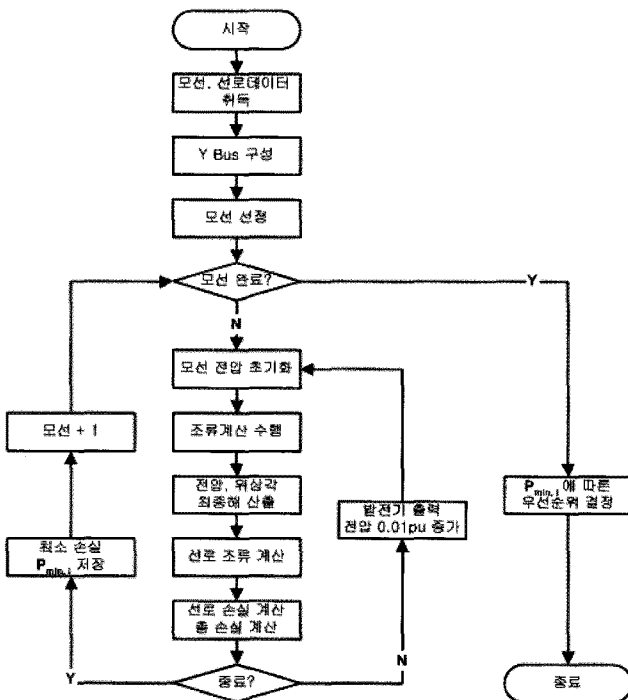


Fig. 7 Optimal positioning algorithm for DERs

4. 결론

본 연구에서는 해양도시인 부산 해운대구 규모의 도시에 분

산전원을 설치할 경우, 전력손실을 고려하여 분산전원이 주변의 모선 및 선로에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 분산전원의 설치지점을 선정하는 방안을 제안하였다.

Newton-Rhapson법으로 전력조류 및 전력손실을 계산하여 분산전원의 설치지점에 따라 전력손실을 최소화하는 전압을 구하고, 전력손실을 최소화하는 전압을 사용하여 전력손실을 계산하여 각각을 비교하여 분산전원의 설치에 가장 유리한 모선을 선정하였다.

후 기

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 김미영, 노대석, 오용택, 안재윤, 김재연, 김용상(2005), "분산형전원이 도입된 배전계통의 최적전압조정 방안에 관한 연구", 대한전기학회논문지, 54A권 5호, pp. 251-258.
- [2] 서규석, 김정년, 백영식(2006), "IT기반 분산전원 연계 배전계통의 최적전압조정에 관한 연구", 대한전기학회논문지, 55A권 4호, pp. 139-143.
- [3] Pai, M. A.(1979), "Computer Techniques in Power System Analysis", McGraw-Hill.
- [4] Stagg, G. W. and El-Abiad, A. H.(1968), "Computer Methods in Power System Analysis", McGraw-Hill.
- [5] Wang, X. and McDonald, J. R.(1994), "Modern Power System Planning", McGraw-Hill.
- [6] Wood, A. J. and Wollenberg, B. F.(1996), "Power Generation, Operation and Control", Wiley.

원고접수일 : 2009년 7월 13일
 심사완료일 : 2009년 8월 28일
 원고채택일 : 2009년 8월 28일