

분산형전원 투입시 전력계통의 과도안정도 유지 한계용량 산정

논 문

58-4-9

A Study on the Maximum Capacity Rate of Distributed Generation Considering Power System Transient Stability

김 용 하[†] · 임 현 성* · 정 현 성** · 백 범 민*

(Yong-Ha Kim · Hyun-Sung Lim · Hyun-Sung Jung · Bum-Min Back)

Abstract - Recently, Increase of energy consumption is continued accordingly because economy is constant growth. so we need long term of energy supply stability and develop new energy source. The effort of environmental improvement is necessary and our country has to reduce conservatory gas in these situation, our energy policy is summarized that minimizes energy consumption and uses kinds of energy source. This paper studied some effort of stability that distributed generation put in electric system through line fault, sudden load change. And then this paper calculated penetrated level of distributed generation in system transient stability.

Key Words : Distributed Generation, Power System Transient Stability, Modeling, PSS/E Dynamic Simulation

1. 서 론

경제성장과 더불어 산업 및 사회 활동의 고도화로 인하여 전력수요는 급격히 증가하고 있으나, 이를 대비하기 위한 발전설비 확충 계획은 발전소 건설에 필요한 막대한 자금과 부지확보의 한계 등으로 어려움을 겪고 있다. 특히 에너지원의 수입의존도가 97%에 달하고, 석유의존도가 60% 이상을 점하고 있는 국내 실정을 고려한다면 장기적인 전력수급의 안정성 확보 및 발전설비의 확충, 효율 향상과 더불어 에너지원의 다변화가 절실하다. 여기에 화석 에너지 자원의 고갈과 온난화와 같은 지구 환경 문제가 대두되면서 전 세계적으로 환경 문제에 범지구적인 차원의 노력이 필요하다는 인식이 확산 되었고 이에 국제기후변화협약이 채택되어 자국 내의 온실 가스 배출 감축을 해야 하는 상황이 되었다.^{[1][2]}

이에 기존 화석 연료 중심의 중앙집중형 전원보다 신재생 에너지를 중심으로 한 분산형 전원 개발이 가속화 되고 있다. 분산형 전원은 기존의 중앙집중형 전원보다 다양한 에너지원의 효율적인 활용과 에너지 효율 향상, 친환경적인 에너지원을 사용함으로써 대규모 발전 대규모 발전 건설 회피 및 송전망 건설 회피, 환경 오염 물질 배출 감소 등의 장점을 가지고 있다.

현재 분산형 전원은 기존 중앙집중형 전원에 비하여 그 규모가 작고 역조류가 허용되지 않는 배전 계통내에 한정되어 있으나 향후 기존 전원의 발전량이 담당하는 부하에 대하여 분산형 전원이 담당하는 비율이 증가할 것이다. 이는

분산형 전원의 규모가 커지고 수용가 근처의 부하뿐만 아니라 인접 지역의 부하까지 담당하게 될 것이고 분산형 전원의 운용형태는 역조류가 허용되는 송전계통에까지 이르게 된다.^[3]

송전계통은 수많은 발전기, 부하, 선로, 모선 등이 복잡하게 얽혀있는 시스템으로써 새로운 설비가 계통에 투입될 경우 계통의 신뢰성 및 안정성에 영향을 받게 된다. 특히 회전기로 구성된 기존 계통에 태양광 발전, 연료전지와 같은 정지기 형태의 분산형 전원 설비가 투입되면 계통의 신뢰성과 안정성에 더욱 영향을 받게 된다.

이에 본 논문에서는 전력계통에 분산형 전원의 투입되는 정도에 따라서 정상상태뿐만 아니라 전력계통에 사고가 발생 시 최대 발전기 속도 편차 및 동요 지속시간측면에서 과도적인 상태를 유지할 수 있는 과도안정도 유지 한계용량을 산정하여 계통의 사고를 대비하고 안정적인 운영을 도모하는 분산형전원의 투입량을 산정할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이를 위하여 분산형 전원의 특성을 반영한 분산형 전원의 모델링 및 계통에 어떤 종류의 분산형 전원이 어느 위치에 얼마만큼 투입되는지에 관한 시나리오를 설정하였으며 또한, 같은 투입률이라도 분산형 전원의 구성(회전기, 정지기)에 따라 과도안정도의 특성이 달라지므로 세부 시나리오를 구성하였다.

이러한 시나리오를 바탕으로 New England 모의시험계통에 PSS/E program을 사용하여 과도안정도의 위반여부를 판별하기 위해서 시험계통의 각 선로마다 상정사고(N-1)에 따라서 Power Flow Simulation, Dynamic Simulation 순으로 시뮬레이션을 수행하여 과도안정도위반여부를 판별하였다.^{[4][5]}

2. 본 론

본 연구에서는 계통의 과도안정도를 유지하는 범위내에서 분산형 전원 한계 투입률을 결정하기 위해서 그림 1과 같은

[†] 교신저자, 시니어 회원 : 인천대학교 전기공학과 교수

E-mail : yhkim@incheon.ac.kr

* 준 회원 : 인천대학교 전기공학과 석사과정

** 정 회원 : 인천대학교 전기공학과 박사과정

접수일자 : 2008년 12월 8일

최종완료 : 2009년 3월 5일

순서로 로직을 구성하였다.



그림 1 본 연구의 플로어차트
Fig. 1 Flow chart for the study

2.1 분산형 전원 모델링

2.1.1 분산형 전원 모델 설정

과도 안정도를 해석하기 위하여 계통에 투입되는 분산형 전원의 모델을 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 분산형 전원을 태양광발전, 풍력발전, 소형열병합발전, 연료전지로 구분하여 발전특성에 따라 크게 회전기와 정지기로 구분하였다.^[4] 회전기는 동기기와 유도기로 세분류되고 제어기의 유무에 따른 과도 안정도의 영향을 파악하기 위하여 표 1과 같이 분산형 전원의 모델을 구분하였다.

표 1 분산형 전원 모델 구분

Table 1 Classification of distributed generation model

구분	회전기		정지기	제어기	
	동기기	유도기		제어 가능	제어 불가능
소형열병합발전	○			○	
풍력발전		○			○
태양광발전			○	○	
연료전지			○		○

2.1.2 분산형 전원 모델링

2.1.1절에서 구분된 분산형 전원을 기준으로 모델링을 수행하기 위하여 본 논문에서 구분된 회전기(동기기, 유도기) 및 정지기와 같은 발전기는 PSS/E Dynamic Simulation에서 제공하는 기본 모델을 사용하였으며 제어기는 Graphic Model Builder를 통한 사용자 정의 모델을 그림 2 ~ 그림 5와 같다.^{[7][8]}

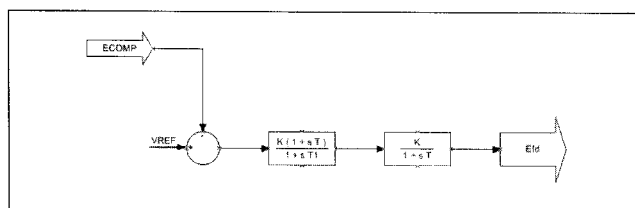


그림 2 사용자 정의 Exciter 모델
Fig. 2 User-Defined Exciter Model

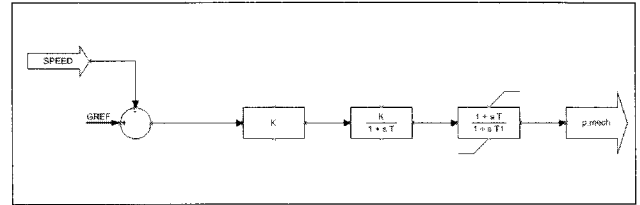


그림 3 사용자 정의 Governor 모델
Fig. 3 User-Defined Governor Model

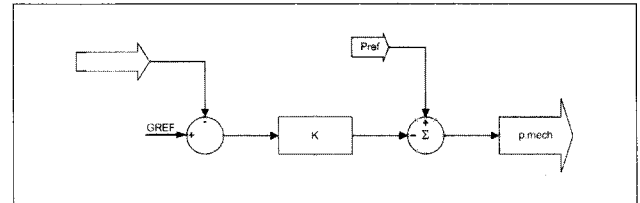


그림 4 사용자 정의 유효전력 제어기 모델
Fig. 4 User-Defined active Power Controller Model

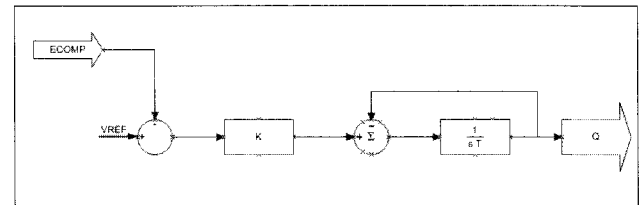


그림 5 사용자 정의 무효전력 제어기 모델
Fig. 5 User-Defined Reactive Power Controller Model

2.2 과도 안정도 판별 지수 선정

과도 안정도를 해석하는 방법 중에서 본 논문에서는 PSS/E Dynamic Simulation에서 제공하는 단단법을 통한 과도 안정도 해석을 수행하며 발전기 속도 편차로부터 그림 6과 같이 최대 발전기 속도 편차와 동요 지속시간이라는 두 가지 과도 안정도 판별 지수를 선정하였다.

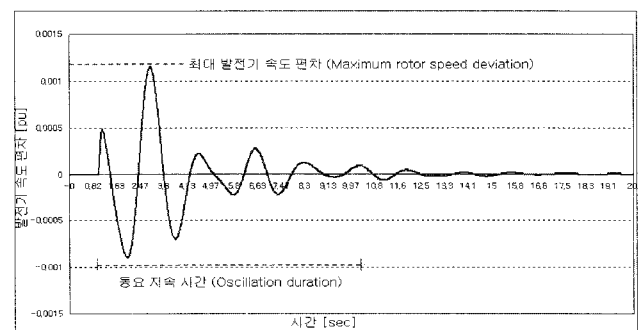


그림 6 과도 안정도 판별지수
Fig. 6 Transient Stability Indicators

최대 발전기 속도 편차란 과도 상태 동안 도달하는 발전기 속도의 최대값[pu]이며, 동요 지속 시간이란 사고 발생 시점부터 발전기 속도 편차가 2.5초 이상 10^{-4} pu안에 존재하는 시점간의 시간 간격[sec]을 의미한다. 이 두 가지 지표의 크기가 커질수록 과도 안정도는 불안정해지게 된다.

본 논문에서는 발전기 속도 편차는 10^{-4} pu범위 내이고 동요지속시간은 5초 이상 지속될 경우 해당 발전기를 안정한 것으로 판별하였다.

2.3 분산형 전원 투입 시나리오 설정

계통에 투입할 수 있는 분산형 전원이 어느 위치에 얼마만큼 투입되는가에 따른 과도 안정도에 미치는 영향을 평가하는 경우의 수는 너무나 많기 때문에 해석이 어렵고 난해하다. 이에 본 논문에서는 분산형 전원 투입 시나리오를 표 2와 같이 설정하여 분석하였다.

표 2 분산형 전원 투입 시나리오

Table 2 Scenario of Penetrated Distributed Generation

시나리오 기준		설명
전원 종류 및 운용형태	I	제어기를 가지고 있는 동기발전기
	II	제어기를 가지고 있지 않는 유도발전기
	III	제어기를 가지고 있는 정지기
	IV	제어기를 가지고 있지 않는 정지기
투입률	α	분산형 전원의 투입률 10%
	β	분산형 전원의 투입률 20%
	γ	분산형 전원의 투입률 30%
	δ	분산형 전원의 투입률 40%
	ε	분산형 전원의 투입률 50%
	ζ	분산형 전원의 투입률 60%
	η	분산형 전원의 투입률 70%

표 2와 같은 투입률이라도 분산형 전원의 구성형태에 달라지므로 과도 안정도에 미치는 영향을 판별하기 위하여 분산형 전원의 구성에 따른 33가지 세부 시나리오를 표 3과 같이 설정하였다.

표 3 분산형 전원 투입률에 대한 분산형 전원 종류의 비율
Table 3 DG Type Ratio about DG Penetration level

Case	투입비율 [%]			
	동기기	유도기	제어 가능 정지기	제어 불가능 정지기
1	100	0	0	0
2	75	25	0	0
3	75	0	25	0
4	75	0	0	25
5	50	50	0	0
6	50	0	50	0
7	50	0	0	50
8	50	25	25	0
9	50	25	0	25
10	50	0	25	25
11	25	75	0	0
12	25	0	75	0
13	25	0	0	75
14	25	50	25	0
15	25	50	0	25
16	25	25	50	0
17	25	25	0	50
18	25	25	25	25
19	0	100	0	0
20	0	75	25	0
21	0	75	0	25
22	0	50	50	0
23	0	50	0	50
24	0	50	25	25
25	0	25	75	0
26	0	25	0	75
27	0	25	50	25
28	0	25	25	50
29	0	0	100	0
30	0	0	75	25
31	0	0	50	50
32	0	0	25	75
33	0	0	0	100

분산형 전원의 투입 위치는 그림 6과 같이 부하모선에서 분산형 전원이 투입되는 것으로 설정하였다.

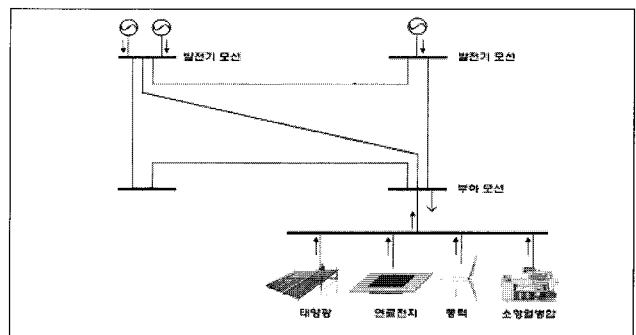


그림 7 분산형 전원 투입 위치
Fig. 7 Position of Penetrated Distributed Generation

2.4 사례연구

2.4.1 시험모델계통

본 논문에서는 분산형전원 투입시 과도안정도를 위반여부를 판별하기 위해 계통데이터 및 발전기 데이터를 일부수정한 시험모델계통으로 그림 8과 같이 New England 39 Test System을 사용하였다. 즉, 기존계통에서 부하량을 50% 감소시켰고, 이에 따른 발전기 출력을 조정하여 계통에 흐르는 전력조류를 감소 시켰으며, 계통의 사고에 따른 민감도를 저감시킨 수정된 New England 39 Test System을 사용하였다.^[8] 이때 분산형전원의 투입은 시나리오에 따라 부하모선에 기존 부하크기의 비율로 분배하여 투입하는 것으로 하였다. 이에 따라 기존전원은 투입된 분산형전원의 양만큼 각 발전기모선에서 용량을 줄이는 것으로 하였다.

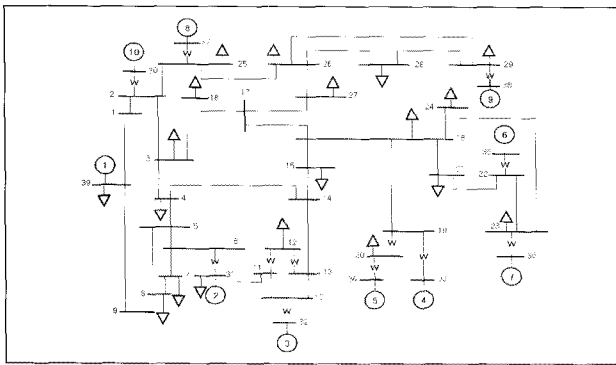


그림 8 New England 39 모선 시험모델 계통의 계통도
Fig. 8 Diagram of the 39-bus New England test system

2.4.2 사고 지점 설정

시험모델계통의 과도 안정도는 선로 사고의 위치와 사고 지속 시간에 따라 다르게 나타나므로 본 논문에서는 시험모델계통이 각 선로마다 사고를 적용하여 과도 안정도를 판별하였다. 이 때 사고 지속 시간은 계전기의 평균 동작시간이 3~4 [Cycle]을 넘지 않기 때문에 0.06 [Sec]로 설정하였다. 표 4는 각 선로에 사고를 적용하였을 경우 최대 발전기 속도 편차와 동요 지속 시간의 크기가 가장 큰 선로 사고를 정리한 것이다.

표 4 각 발전기별 선로 사고 시나리오 결과

Table 4 Result of Line Fault Scenario

발전기 번호	최대 발전기 속도 편차	동요 지속 시간
30	16-17, 16-19, 16-21, 16-24	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
31	6- 7, 6-11	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
32	10-11, 10-13	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
33	16-17, 16-19, 16-21, 16-24	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
34	16-17, 16-19, 16-21, 16-24	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
35	22-23	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
36	23-24	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
37	25-26	16-17, 16-19, 16-21, 16-24
38	26-27, 26-28, 26-29	16-17, 16-19, 16-21, 16-24

표 4의 결과 16번 모선에 연결되어 있는 선로 사고 시 시험모델계통의 과도 안정도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 16번 모선에서 24번 모선에 연결되어 있는 선로에 0.06초간 3상 단락 사고를 모의하는 것으로 하였다.

2.4.3 Dynamic Simulation 결과

○ New England 39 모선 시험모델의 Dynamic Simulation

분산형 전원을 투입하지 않은 New England 39모선 시험계통에 표 4에 의해 설정된 사고 시나리오를 모의한 결과 각 발전기의 최대 발전기 속도 편차와 동요 지속시간은 표 5 및 그림 9와 같다.

표 5 New England 39모선 시험계통의 Dynamic Simulation 결과

Table 5 Results of Dynamic Simulation for 39-bus New England test system

발전기번호	30	31	32	33	34
최대 발전기 속도편차[pu]	0.00199	0.00219	0.00232	0.00363	0.0032
동요 지속 시간[sec]	8.5249	10.1916	10.2999	10.2416	10.4082
발전기번호	35	36	37	38	39
최대 발전기 속도편차[pu]	0.00372	0.00357	0.00203	0.00366	0.00148
동요 지속 시간[sec]	10.3332	10.3666	8.5416	12.1999	9.2916

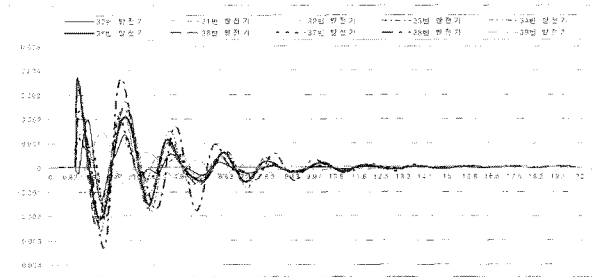


그림 9 New England 39모선 시험계통의 발전기 속도 편차
Fig. 9 Rotor Speed Deviation of 39-bus New England test system

표 5 및 그림 8의 결과 모든 발전기의 발전기 속도 편차가 10⁻⁴pu 범위내에서 5초 이상 존재하여 안정한 것으로 판별되었다.

○ 분산형전원 투입에 의한 Dynamic Simulation

New England 39모선 시험계통에 표 2와 같이 분산형 전원의 투입시나리오를 적용한 결과 그림 10과 같이 도출되었다.

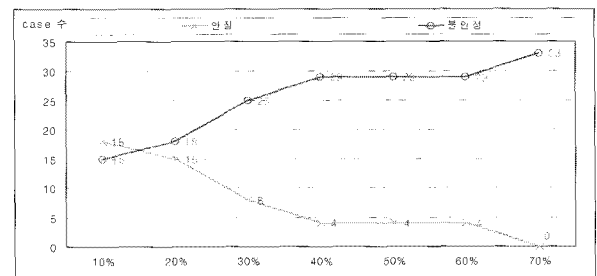


그림 10 Dynamic Simulation 결과
Fig. 10 Results of Dynamic Simulation

그림 10의 결과 분산형 전원의 투입률이 증가할수록 계통의 안정을 유지하는 Case는 감소하는 것으로 분석되었다. 즉, 분산형 전원의 투입률이 증가하면 계통의 과도 안정도에 영향을 미치는 것으로 판별되었으며 이중계통이 안정된 Case는 표 6과 같다. 단, 분산형 전원의 투입률이 70%초과인 경우는 더 이상 투입이 불가능하므로 60%까지인 경우의 Case이다.

표 6 계통이 안정한 Case
Table 6 Results of Dynamic case

구분	분산형 전원 운용비율[%]			
	동기기	유도기	제어가능 정지기	제어불가능 정지기
Case 11	25	75	0	0
Case 14	25	50	25	0
Case 15	25	50	0	25
Case 18	25	25	25	25

표 6과 같이 분산형 전원 구성에 따라 계통의 안정 여부가 달라지므로 Case별 과도 안정도에 미치는 영향을 최대 발전기 속도 편차(발전기의 평균값) 및 동요 지속 시간(발전기의 평균값)으로 구분하여 분석하였다. 먼저 최대 발전기 속도 편차는 그림 11과 같다.

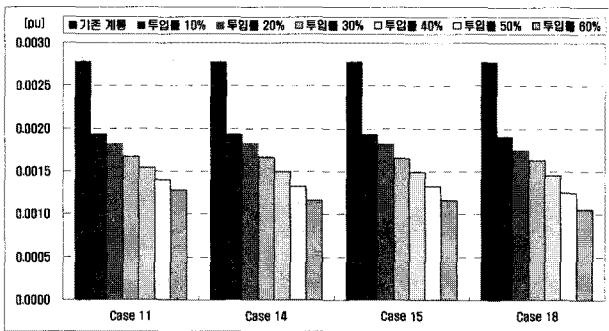


그림 11 분산형 전원 종류별 최대 발전기 속도 편차 결과
Fig. 11 Result of Maximum Rotor Speed Deviation by Distributed Generation Types

그림 11에서 분산형 전원의 투입률이 커질수록 최대발전기 속도편차가 가장 크게 줄어드는 분산형 전원은 동기기 (Case1), 제어가능한 정지기(Case19), 제어불가능한 정지기 (Case29), 유도기(Case33) 순인 것으로 분석되었다. 동기기의 경우 외란 발생 시 계통의 동기 속도를 유지하기 위한 빠른 동작특성을 보여주는 반면 유도기는 상대적으로 느린 동작특성을 보였다. 정지기의 경우 최대발전기 속도편차가 증가하는 추세를 보였다. 그림 10의 경우에는 분산형 전원의 구성여부와 관련없이 최대 발전기 속도 편차가 차이가 없는 것으로 산정되었다. 동요지속 시간은 그림 12와 같다.

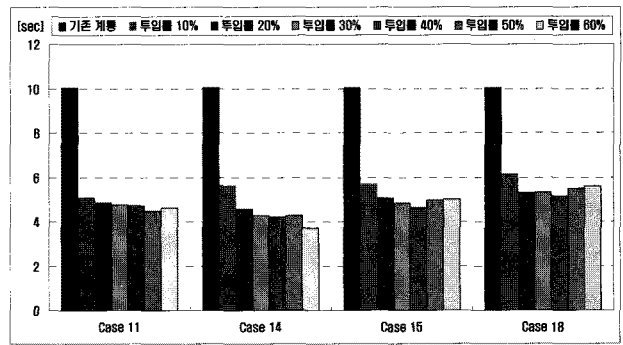


그림 12 분산형 전원 종류별 동요 지속 시간 결과
Fig. 12 Result of Oscillation Duration by Distributed Generation Types

그림 12에서 분산형 전원의 투입률이 커질수록 동기기를 제외하고는 다른 분산형 전원의 종류는 동요 지속 시간이 길어지는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 계통이 동기기로 구성되어 있기 때문에 다른 발전특성의 분산형전원이 투입 후 계통의 외란 발생 시 계통의 안정을 유지하기 위한 시간이 길어지기 때문인 것으로 분석되었다. 그림 11의 경우에는 분산형 전원의 구성상 Case 11이 가장 클 것으로 판단되나 연구결과 Case 14가 투입량이 많이 짐에 따라 동요지속 시간이 더 작은 것으로 도출되었다.

이상으로 최대 발전기 속도 편차 및 동요 지속 시간에 가장 긍정적인 영향을 미치는 분산형 전원의 종류는 동기기인 것으로 판별되었다. 이는 기존 계통이 동기기로 구성되어 있고 분산형 전원 또한 같은 발전 형태로 구성이 되면 계통의 외란 발생시 동기 속도를 유지하는데 보다 빠른 응답 특성을 보이기 때문이다.

2.4.4 분산형 전원 한계 투입률 산정

그림 11 및 그림 12에서 분산형 전원의 시나리오에 의해 계통에 가장 적절한 Case는 Case 14인 것으로 분석되었다.

Case 14를 기준으로 계통에 분산형전원의 한계투입률은 60%일때는 안정상태이며 70%일때는 불안정상태이므로 이 둘 사이의 값을 도출하기 위해서 내삽법을 적용하였다. 내삽법에 의한 분산형전원의 한계투입률은 표 7과 같다.

표 8 내삽법을 이용한 Case 14 시뮬레이션 결과
Table 8 Result of Case 14 Simulation by Interpolation

반복 횟수	투입률	평균 최대 발전기 속도 편차[pu]	평균 동요 지속 시간[sec]	계통의 안정여부
1	65.00%	0.001083	3.51085	안정
2	67.50%	0.00055	20.0081	불안정
3	66.25%	0.000579	20.0081	불안정
4	65.63%	0.000595	20.0081	불안정
5	65.31%	0.0006	20.0081	불안정
6	65.16%	0.001082	3.50002	안정
7	65.23%	0.000602	20.0081	불안정
8	65.20%	0.001081	3.50085	안정
9	65.21%	0.001079	3.50168	안정
10	65.22%	0.000603	20.0081	불안정

표 8의 결과 분산형 전원이 투입될 수 있는 최대 투입률은 약 65.21%로 도출되었고 이 때의 분산형 전원 구성은 동기 25% 유도기 50%, 제어가능한 정지기 25%, 제어불가능한 정지기 0%인 것으로 구성되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 시험 모델 계통인 New England 39 모선에 분산형 전원의 종류 및 구성, 투입위치, 투입률에 따라 총 231가지의 시나리오를 설정하여 분산형 전원의 투입이 계통의 과도 안정도에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 설정된 시나리오 중에서 과도 안정도 판별지수인 최대 발전기 속도 편차와 동요 지속 시간의 특성이 우수한 Case를 선정하고 투입률을 증가시켜 한계 투입률을 도출하였다. 이에 따른 본 연구의 주요결과는 다음과 같다.

[1] 분산형 전원의 투입률에 따른 계통의 과도 안정도에 미치는 영향을 분석한 결과 분산형 전원의 투입률이 증가할수록 계통의 안정을 유지하는 Case는 감소하는 추세가 나타나 과도 안정도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 도출되었다.

[2]같은 투입률이라도 분산형 전원의 구성에 따라 계통의 안정여부가 다르게 도출되었기 때문에 분산형 전원 발전형태(동기기, 유도기, 제어가능 정지기, 제어불가능 정지기)에 따른 과도 안정도에 미치는 영향을 분석한 결과 최대 발전기 속도 편차 및 동요 지속 시간에 가장 긍정적인 영향을 미치는 발전 형태는 동기기인 것으로 나타났다. 이는 현재 계통의 발전 형태가 동기기로 구성되어 있기 때문에 계통의 외란 발생 시 동기 속도에 도달하는데 보다 빠른 응답 특성을 보여주는 것으로 사료된다.

[3] 본 논문의 시나리오 중 최대 발전기 속도 편차 및 동요 지속 시간에서 가장 우수한 특성을 보인 Case를 판별한 결과 동기기 25%, 유도기 50%, 제어 가능 정지기 25%, 제어 불가능 정지기 0%로 구성된 Case에서 과도 안정도 특성이 우수한 것으로 나타났다.

[4] 판별된 Case를 통하여 현 계통의 최대 투입률을 산출한 결과 계통의 안정을 유지할 수 있는 분산형 전원은 최대 65.21%까지 투입이 가능한 것으로 산정되었다.

[5] 분산형 전원의 어떻게 구성되는 가에 따라 계통에 투입할 수 있는 분산형 전원의 투입률은 크게 차이가 나므로 논문에서 제안된 방법을 실제계통에 적용한다면 현재 분산형 전원의 활발히 보급되고 있는 시점에서 계통의 안정도를 해치지 않는 범위내의 분산형 전원의 최적 구성 및 그 한계 투입률을 결정하는 데 효과적이라 판단된다.

추후, 분산형 전원의 종류 및 구성, 투입위치, 투입률을 시나리오가 아닌 최적화 기법에 의해 적용된 방법론을 구성할 뿐만 아니라, 추가적으로 환경평가 및 경제성에 의한 분산형 전원의 투입한계율을 적용한다면 더욱 효과적인 방법일 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] "열병합발전 기술 세미나", 한국열병합발전협회, 2005
- [2] "교토의정서 발효와 기업의 대응 전략", 환경보전협회, 2005
- [3] "분산형전원 계통연계 기술지침 세미나 자료집", 한국전력공사 전력연구원, 2005. 3.
- [4] J.G. Slootweg, W.L. Kling "Impacts of Distributed Generation on Power System Transient Stability", in Proc 2002 IEEE Power Engineering Society summer meeting.
- [5] J.G. Slootweg, W.L. Kling "Investigating Impacts of Distributed Generation on Transmission System Stability", 2003 IEEE Bologna PowerTech Conference, June 23-26.
- [6] J.G. Slootweg, S. W. H. de Haan, H. Pilinder, W.L. Kling "Modeling New Generation and Storage Technologies in Power System Dynamic Simulations", in Proc 2002 IEEE Power Engineering Society summer meeting.
- [7] "PSS/E V.30 Online Documentation", Shaw Power Technologies, 2004
- [8] "PSS/E Graphic Model Builder Start GMB", Shaw Power Technologies, 2007

저 자 소 개



김용하 (金龍河)

1959년 5월 16일생, 1982년 고려대학교 전기공학과 졸업. 1987년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 인천대학교 전기공학과 교수.

Tel : (032) 770-8434

E-mail : yhkim@incheon.ac.kr



정현성 (金龍河)

1975년 10월 25일생, 2001년 인천대학교 전기공학과 졸업. 2003년 인천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 인천대학교 대학원 전기공학과 재학(박사). 현재 한국전력공사 재직 중.

Tel : (032) 718-2748

E-mail : capjhs@kepco.co.kr



임 현 성 (林 炫 成)

1981년 2월 18일생, 2006년 인천대학교 전기공학과 졸업. 2008년 인천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국 전기안전공사 연구원 재직 중.

Tel : 032-770-4323

E-mail : jayou20@nate.com



백 범 민 (白 凡 玟)

1982년 5월 7일생, 2008년 인천대학교 전기공학과 졸업. 2008년 인천대학교 대학원 전기공학과 입학. 현재 인천대학교 대학원 전기공학과 재학 중.

Tel : 032-770-4323

E-mail : chbbm@nate.com