

분산전원의 배전계통 연계 평가 시스템의 개발에 관한 연구

노대석^{1*}, 강민관², 박재호³, 오용택⁴, 홍상은⁵

Development of the Interconnection Evaluation System for Dispersed Generations in Distribution Systems

Dae-Seok Rho^{1*}, Min-Kwan Kang², Jae-Ho Park³, Yong-Taek Oh⁴
and Sang-Eun Hong⁵

요약 국가차원의 신·재생에너지 활성화 방안에 따라 풍력발전 등의 대규모 분산전원 단지의 도입이 이루어지고 있으나, 이에 대한 기술적인 평가방안이나 해석 방법이 구체적으로 제시되어 있지 않아, 설치자(시도 및 지자체)와 운전자(한전의 배전지사/지점)들은 많은 혼돈과 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 태양광, 풍력 등의 분산전원이 배전계통에 도입되는 경우, 계통 연계에 대한 기술적인 적합여부를 종합적으로 평가하는 시스템을 개발하였다. 즉, 분산전원을 제작하거나 시공하는 업체와 일반 운전자나 사용자(분산전원을 잘 모르는 비전문가 포함)들이 손쉽게 접근하여, 분산전원의 연계시의 기술적인 문제점과 적합 여부를 판단하는 기술지원 평가 S/W를 제작하였다. 주요 평가 기능으로서는 분산전원의 계통연계 시에 발생할 수 있는 정상, 비정상(사고), 전력품질에 대한 항목으로서, 누구나 동일한 결과를 얻을 수 있는 표준계통에 근거한 평가 알고리즘에 의하여 연계 적합 여부를 판단하는 것이다.

Abstract Recently, new dispersed sources (DSG) such as Photovoltaic, Wind Power, Fuel cell etc. are interconnected with distribution systems as national projects for alternative energy preparing for oil crisis. This paper deals with the optimal evaluation algorithms in the case where new dispersed sources are operated in distribution systems. It is very difficult and complicated to handle the interconnection issues for proper voltage managements, because professional skills and enormous amounts of data for the evaluations are required. The typical evaluation algorithms mainly depending on individual ability and quality of data acquired, inevitably cause the different results for the same issue, so unfair and subjective evaluations are unavoidable. In order to overcome these problems, this paper proposes reasonable and general algorithms based on the standard model system and proper criterion, which offers the fair and objective evaluations in any case.

Key Words : 분산전원, 배전계통, 계통연계, 전압변동, 전력품질

1. 서론

일본의 한 전력회사에서는 최근 분산전원이 배전계통에 연계되는 경우, 필요한 기술요건을 만족하는가를 단 시간에 검토할 수 있는 시스템을 개발하여 도입하고 있다고 소개하고 있다. 이와 같이 국외에서는 분산전원의 계통연계 가이드라인을 제정하여 시행하고 있을 뿐만 아

니라, 배전계통의 도입에 대한 원활한 업무를 수행하기 위하여 분산전원에 대하여 비전문가인 담당자라도 용이하게 업무를 수행할 수 있는 평가 시스템을 개발하여 사용하고 있는 실정이다^{[1][3]}. 그러나 우리나라에서는 분산전원의 도입 시, 배전계통에 끼치는 영향과 문제점에 대한 구체적인 분석과 평가 없이, 분산전원의 배전계통 도입과 운용이 이루어지고 있어서, 배전계통의 전압관리나 전력품질 등의 계통 운용상의 문제점이 야기될 가능성이 높아지고 있다. 또한, 대규모 분산형전원의 단지가 연계되는 배전계통에서는 이들 문제점으로 인하여 일반사용자의 민원이 일어날 소지가 높은 실정이다^{[4][5]}.

일반적으로 분산전원이 배전계통에 연계되는 경우, 공

이 논문은 2005년 한국산업기술재단 지역혁신인력양성사업 연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

¹한국기술교육대학교 정보기술공학부(케이피파워텍)

⁵순천향대학교 정보기술공학부

*교신저자 : 노대석(dsrho@kut.ac.kr)

급신뢰도 및 전력품질의 면에서 다른 수용가에 악영향을 끼치지 않도록 기술요건의 검토를 실시하여야 하는 데, 이들에 대한 검토는 지금까지 배전계통과 분산전원에 대한 전문가만이 수행할 수 있었다. 또한, 전문가라 할지라도 구체적인 분석과 평가를 위해서는 각종 데이터의 수집이나 전문적인 S/W의 사용법을 숙지해야하는 한계성이 존재하였다. 따라서 본 논문에서는 분산전원이 배전계통에 연계되는 경우, 계통연계 기술요건 가이드라인 및 기술지침에 근거하여, 비전문가라도 쉽게 사용할 수 있는 종합적인 분산전원의 배전계통 연계용 평가시스템을 개발하였다. 본 논문에서 개발한 평가시스템은 크게 2가지의 특징을 가지고 있다. 첫 번째로는 배전계통이나 분산전원의 비전문가라도 분산전원의 도입에 대한 동일한 평가와 분석결과를 산출할 수 있는 표준 계통과 판정 알고리즘을 제시하였다. 이것은 기존의 평가방법이 평가자의 개인 능력과 취득할 수 있는 자료에 따라 상이한 평가와 결과를 산출하는데 비하여 분산전원 도입에 따른 공평한 평가를 내릴 수 있다는 큰 장점을 가질 수 있다. 두 번째로는 역 조류를 고려할 수 있는 전압강하계산 알고리즘을 제시하여, 4상한만을 이용한 기존의 계산식의 단점을 보완하여, 분산전원 연계지점을 기준으로 역률과 조류방향에 따른 전압강하뿐만 아니라 전압상승도 계산할 수 있게 하여 계산 정도를 향상시켰다.

2. 배전계통의 모델링

그림 1과 같이 배전선을 주요 포인트(전선종류 변경 점, 분기 선로 접속점, 전압조정장치 설치지점 등)로 분할한 배전선을 "구간" 이라고 하며, 이것을 단위로 고압배전선의 부하를 모델링 한다. 이 그림에서와 같이, 고압과 저압의 최대 부하의 전류추정 값을 구간 단위로 합계하여 구간 부하를 산정하고, 각 구간 부하의 총화(추정 값) i_{SUM} 와 송출전류(계측 값) i_{SS} 를 일치시키기 위하여, 식 (1)에 의하여 송출전류를 배분하여 전압강하계산에 이용하는 구간 부하를 산출한다.

$$I_{(n)} = i_{(n)} \times \frac{I_{SS}}{i_{SUM}} \quad (1)$$

여기서, $I_{(n)}$: n구간의 최종 전류, $i_{(n)}$: n구간의 추정전류, i_{SS} : 송출전류, i_{SUM} : 각 구간의 추정전류의 총합

그림 1의 $I_{(n)}$ 을 이용하여 각 구간의 유입 및 유출 전류를 산출한다. 여기서 구간 부하를 정확하게 산정하기 위하여

고압수용가는 계약전력을 기준으로 이용률에 따른 계수를 고려하여 구간 내 kW 부하를 직접 합산하고, 저압수용가의 경우에는 추상변압기의 용량(kWh)을 기준으로 역률 및 이용률 계수를 곱하여 kW로 환산한 후에 동일 구간 내의 고압수용가 부하와 합산하도록 한다.

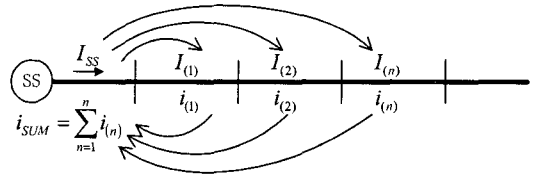


그림 1. 고압배전선의 구간부하 모델링

3. 분산전원의 역 조류 대응형 전압강하 계산 알고리즘

3.1 종래의 전압강하 계산식의 개념^{[6]-[7]}

종래 배전계통의 조류는 그림 2와 같이 전원 측에서 부하 측으로의 단 방향으로 가정하여 제 4 상한만을 고려한 전압강하를 계산해도 큰 문제점이 없었다. 그러나 역 조류가 발생하는 분산전원이 연계되는 경우, 조류 방향(유효전력의 방향)과 무효전력을 적절하게 반영해서 전압강하뿐만 아니라 전압상승도 계산할 필요가 생기게 되었다. 따라서 본 연구에서는 부하전류(I)를 유효전류 분(I_p)과 무효전류 분(I_q)으로 분해하고, 조류의 방향과 역률을 고려하여 4 개의 상한을 모두 고려한 전압강하 계산을 수행하는 알고리즘을 개발하였다.

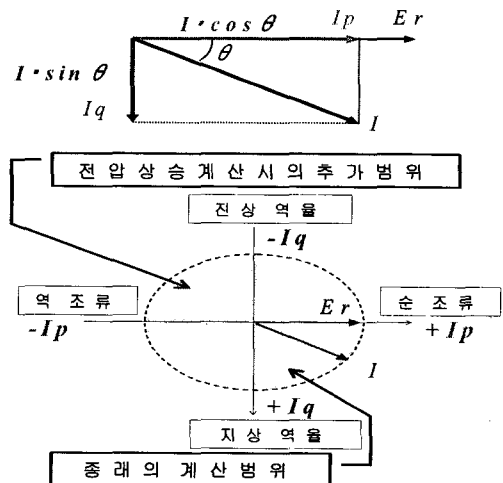


그림 2. 종래의 전압강하 계산 범위

3.2 제안한 전압강하 계산식의 개념

그림 3과 같이 제 3 상한은 순 조류와 지상 역류가 존재하지 않으며, 역 조류와 진상 역류만을 고려하여 계산할 수 있는 영역이다. 따라서 전압강하는 없고 전압상승만 존재 가능한 영역이다. 한편 제 1 상한은 역 조류와 지상 역류가 존재하지 않으며, 순 조류와 진상역류만을 고려하여 계산하는 영역이다. 따라서 전압상승과 전압강하가 모두 존재 가능한 영역이다. 즉 진상역류의 크기에 따라 전압상승이나 전압강하가 모두 나타날 수 있다. 마찬가지로 제 2 상한도 전압상승이나 전압강하가 모두 나타날 수 있다.

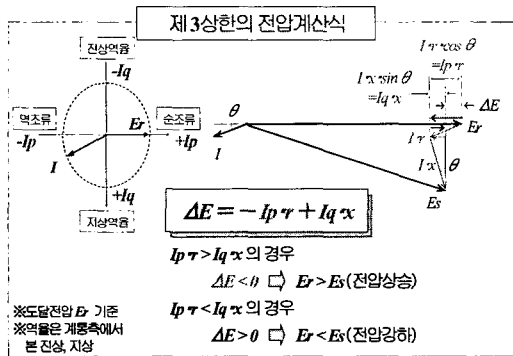


그림 3. 제 3 상한의 전압강하 계산식

3.3 부하분포를 고려한 전압강하 계산식

상기의 4개의 상한에 관한 전압강하 식들을 바탕으로 평등 부하분포와 말단 집중 부하분포를 동시에 고려하고, 각 구간에서의 유출전류와 유입전류를 개별적으로 고려하면 식 (2)와 같이 역 조류를 고려한 전압강하 계산식을 구할 수 있다.

$$\Delta V_{(n)} = k \cdot \left\{ \frac{I_{Sp(n)} + I_{Rp(n)}}{2} \cdot r_{(n)} + \frac{I_{Sq(n)} + I_{Rq(n)}}{2} \cdot x_{(n)} \right\} \quad (2)$$

여기서,

- I_{Sp} : 구간유입 유효전류[A]
- I_{Sq} : 구간유입 무효전류[A] ※ 유효전류는 「역조류」를 「-」함
- I_{Rp} : 구간유출 유효전류[A] ※ 무효전류는 「진상역류」를 「-」함
- I_{Rq} : 구간유출 무효전류[A]
- r : 배전선 구간 저항값[Ω]
- x : 배전선 구간 리액티스값[Ω]
- ΔV_n : 구간 전압 변동값[V] ※ 전압변동값은 「전압상승」을 「-」함

본 논문에서 제시한 역 조류를 고려한 전압강하 계산

식은 종래의 부하산정 수법을 그대로 이용할 수 있으므로 기존의 전압계산 수법과 크게 바뀌지 않아서 실용적이고 업무에의 적용에도 용이하다. 고압 배전선에서 모든 구간의 부하(P, Q)를 계측할 수 없기 때문에, 송전계통에서 이용되고 있는 조류계산의 적용은 곤란한 상황이다 (부하 P, Q의 지정 불능). 또한, 배전선은 수직상으로 공장이 짧아서 손실 전력도 작으므로, 근사 계산식만으로도 충분한 정도를 얻을 수 있고, 일반적인 기술지침이 모두 간략 전압강하 계산 방법에 근거하고 있으므로 설득성이 있고 알기 쉬운 장점이 있다.

4. 분산전원의 배전계통연계 평가 알고리즘

그림 4와 같이 22.9Kv 방사상 배전계통에서, 수용가 전압은 보통 배전용변전소의 전압조정장치(ULTC)에 의하여 우선적으로 조정되고, 고압 배전선로 상에 설치되어 있는 선로전압조정장치(SVR)에 의해서 보조적으로 조정되고 있다. 여기에 분산전원이 고압 및 저압배전선에 연계되면, 분산전원의 역 조류와 운용상태(기동 및 탈락)를 고려한 배전계통 전압조정 및 관리가 요구된다. 따라서 이들 분산전원을 고려한 해석 알고리즘과 연계의 적합여부를 평가하는 시스템이 필요하다^{[8],[10]}.

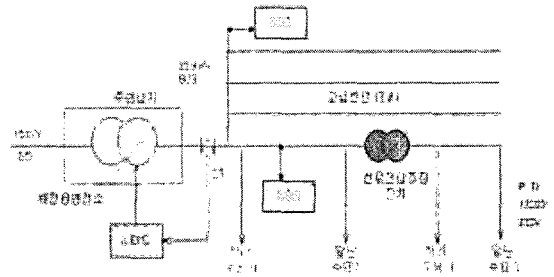


그림 4. 분산전원(DSG)이 도입된 배전계통

분산전원이 배전계통에 연계되는 경우, 도입 적부의 판단은 평가하는 사람이나 자료에 따라 달라질 수 있다. 이를 개선하기 위하여 본 연구에서는 주어진 입력데이터와 대상 계통에 대하여 누구나 동일한 판단 결과를 얻을 수 있는 표준 계통에 근거한 평가기준을 개발하였다. 이 기준은 크게 정상운전시의 상시 전압변동과 비상 운전시(기동과 탈락, 사고 등)의 순시 전압변동으로 나누어진 다.

4.1 상시 전압변동 평가 알고리즘

분산전원의 출력이 배전계통으로 방출되는 역조류가 발생하는 경우, 고압배전선에 있어서 정상시의 허용전압 변동 폭에 대한 개념은 그림 5와 같고, 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

- (가) 저압 측의 허용전압 변동 폭 = $236V - 221V = 15V$
- (나) 저압 측의 주상변압기의 탭 운용 폭 = $600V \times (230V / 12,600V) = 10.96V$
- (다) 나머지 허용 변동 폭 = $(15V - 10.96V) / 2 = 2.02V$
- (라) 정상시의 고압 측 전압변동 허용범위 = $2.02V \times (12,600V / 230V) = 111V$

여기서, 111V는 고압배전선 측의 상시의 전압변동 허용 폭으로 분산전원이 도입되는 경우, 이 값 이내에 전압변동 폭을 유지하면 연계 피더의 모든 수용가가 허용 전압범위 내에 유지될 수 있다는 것을 의미한다. 이 값은 정상상태에 있어서 분산전원 연계 시에 적합여부를 판단하는 기준 값으로 매우 중요한 수치이다. 이 값을 초과하면 분산전원 연계가 부적합하다는 결과를 나타낸다.

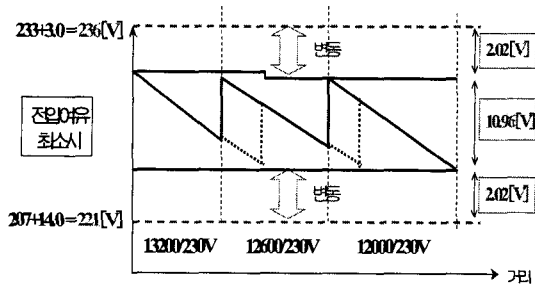


그림 5. 상시 전압변동 허용 기준

그림 5에서 점선으로 표시된 저압 측(수용가)의 허용 전압 범위는 전력회사의 전압관리 지침을 근거로 하여 수용가의 허용전압($\pm 6\%$, 207V ~ 233V)을 주상변압기 2차 측 직하전압으로 환산한 것이다. 여기서, 221V는 207V에 14V(주상변압기 자체전압 강하 분 + 저압선 전압강하 분 + 인입선 전압강하 분)를 합산한 값으로, 저압 측의 전체 전압강하 한도를 약 7% 정도(전압관리지침은 8%로서 부동률을 고려한 값과 동일함)로 고려한 것이다. 이것은 주상변압기 2차 측에서 221V 정도를 유지하면 저압선의 최 말단의 수용가의 전압이 하한치를 벗어나지 않음을 의미한다. 또한, 236V는 233V에 3V(주상변압기

자체전압 강하 분 + 인입선 전압강하 분)를 더한 값으로, 저압 측 전압강하 한도로 1.5%정도를 고려한 값이다. 이것은 주상변압기 2차 측에서 236V 정도를 유지하면 직하에 존재하는 어떠한 수용가의 전압도 상한치를 벗어나지 않음을 의미한다. 예를 들어, 전력회사 전압관리지침상의 주상변압기 직하의 한도치인 4%를 기준으로 하게 되면, $233V+8V = 241V$ 가 된다. 이 경우, 인입선의 길이가 짧거나 주상변압기의 내부 전압강하가 작게 되어, 약 3V의 전압강하만 일어나는 최악의 상태가 발생하면 수용가전압은 허용전압 상한치를 벗어나게 된다. 따라서 본 연구에서 제시한 한도치 1.5%는 최악의 경우를 상정한 값이다. 한편, 주상변압기 탭 운용 폭인 600V는 주상변압기의 탭 운용 가능영역에서 산출된 값(고압선 피크 기준의 5%)에 근거하여 가중치(여유분)를 두어 도출한 값이다.

4.2 순시 전압변동 평가 알고리즘

분산전원이 기동하거나 탈락하는 경우, 고압배전선에 있어서 비상시의 허용전압 변동 폭에 대한 개념은 그림 6과 같고, 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

- (가) 저압 측의 허용전압 변동 폭 = $236V - 221V = 15V$
- (나) 저압 측의 주상변압기 탭 운용 폭 = $600V \times (230V / 12,600V) = 10.96V$
- (다) 나머지 허용 변동 폭 = $(15V - 10.96V) / 2 = 2.02V$
- (라) 정상시의 고압 측 전압변동 허용범위 = $2.02V \times (12,600V / 230V) = 111V$
- (마) 저압 측 기기동작 최소전압 = $220V \times 8\% = 202 [V]$ (2% : 옥내 전압강하)
- (바) 저압 측 허용전압 변동 폭 = $207V - 202V = 5V$
- (사) 고압 측 허용전압 환산전압 = $5V \times (12,600 / 230) = 274V$
- (아) 비상시의 고압 측 전압변동 허용 범위 = $111V + 274V = 385V$ (1.8%)

여기서 385V는 배전계통에 연계되어 운용 중인 분산전원이 기동하거나 탈락하는 과도적(비상시)인 경우에 대한 고압배전선 측의 전압변동 허용 폭이다. 즉, 분산전원의 연계 시에 이 값 이내에 전압변동 폭을 유지하면 연계 피더의 모든 수용가에게 허용 전압을 유지할 수 있다는 것을 의미한다. 이 값은 분산전원의 기동이나 탈락 등의 비상시에 연계 적합여부를 판단하는 기준이 되는 매우 중요한 수치이다.

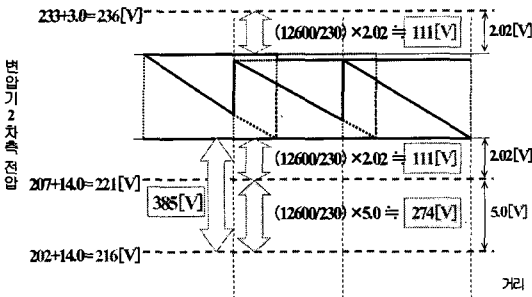


그림 6. 순시 전압변동 허용 기준

그림 6에서 385V는 정상시의 허용변동 폭(111V)에 기동작 최소 전압 치(274V)를 더한 값으로 후자는 정격 전압(220V)의 약 8%를 고려하였다. 이것은 건물 옥내의 전압강하분이 약 2%이므로 기기동작 최소 전압변동분의 10%에서 뺀 값이다. 이것은 2초 이내의 순시 적(기동, 탈락 등)인 기간 동안에는 10%의 전압강하분에도 수용가 기기가 동작을 할 수 있다는 점에서 착안한 것이다.

5. 평가시스템의 구축 및 시뮬레이션

5.1 평가시스템 구축

마이크로소프트사의 엑셀(Excel)을 이용하여 개발한 평가 시스템의 프로그램은 총 46개의 시트를 기본 메뉴로 하여 서로 간에 연계하여 각종 계산을 수행할 수 있도록 하였다. 또한, 이 시트들을 효율적으로 관리하고, 연계 계산도 수행할 수 있도록 VBA(Visual Basic Application)를 이용하여 총 11개의 모듈 및 88개의 서브 모듈을 개발하였다. 그림 7과 그림 8은 평가시스템의 메뉴 화면과 입력 화면이다.

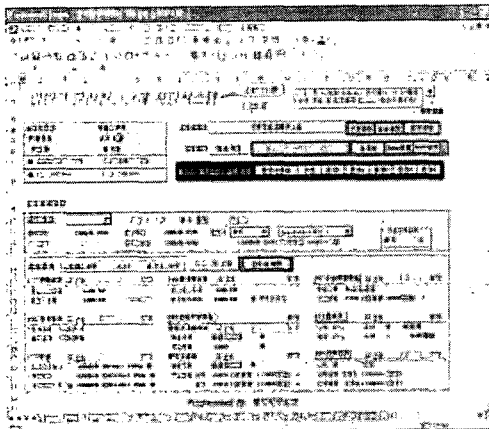


그림 7. 평가시스템의 메인 화면

그림 8. 평가시스템의 입력 화면

5.2 모델계통 시뮬레이션

(1) 모델계통 및 입력데이터

축약 전의 실제 모델 배전계통은 그림 9와 표 1과같이 28개의 노드를 가진 간선과 총 18개의 노드를 가진 5개의 분기선으로 구성된다. 간선의 총 공장은 26.678km이고, 전선 종별은 ALOC160mm², CV250mm² 등 4종으로 구성된다. 계산의 편이성과 시뮬레이션 시간을 줄이기 위하여 축약되는 배전계통은 프로그램 내부에서 자동적으로 생성되는데, 그림 10과 같이 11개의 노드를 가진 간선으로 축약된다. 계통 축약의 원칙은 고압선종의 변경이나 분기선, 개폐기 등의 존재여부에 의하여 결정된다.

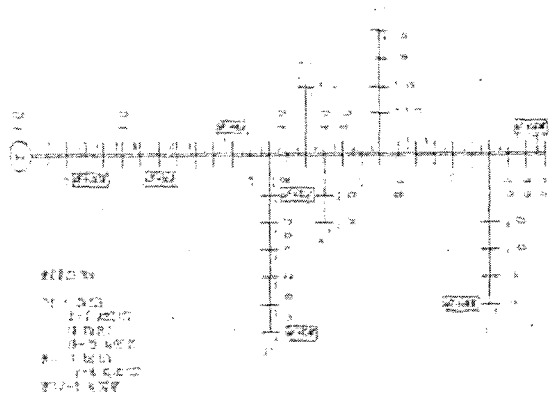


그림 9. 22.9kV 모델 배전계통 (축약 전)

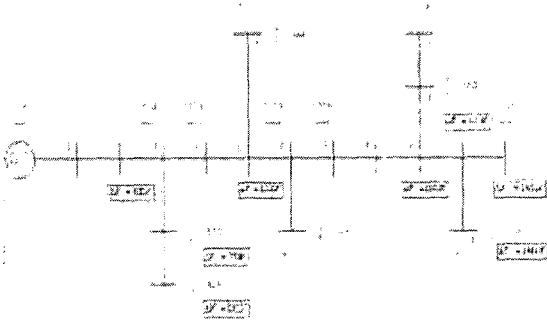


그림 10. 22.9kV 모델 배전계통 (축약 후)

(2) 시뮬레이션 결과

상기의 모델계통과 입력데이터를 이용하여 본 논문에서 개발한 평가시스템으로 시뮬레이션을 수행하면 다음과 같은 각 검토항목에 대한 구체적인 해석 결과를 출력할 수 있다. 그림 11은 전체 항목의 검토결과를 나타낸 것이다. 그림 12 - 그림 14는 그림 2에서 정의한 “구간”을 기준으로 해석 결과를 나타낸 것이다.

표 1. 모델 배전계통의 구간 데이터

구간 No	분기 No	절연종별	굵기 C D	구간 공장	유입전류 (Is)	유출전류 (Ir)
1		CV	325	0.205	280.0	280.0
2		ALOC	165	1.321	280.0	280.0
3		ALOC	165	0.317	280.0	280.0
4		ALOC	165	0.166	280.0	280.0
5		ALOC	165	0.783	280.0	280.0
6		ALOC	165	1.110	280.0	280.0
7		ALOC	165	0.159	280.0	280.0
8		ALOC	165	0.547	280.0	280.0
9		ALOC	165	1.071	280.0	280.0
10		ALOC	165	1.300	280.0	280.0
11		ALOC	165	0.238	280.0	280.0
12		ALOC	165	0.257	280.0	280.0
13	1	ALOC	165	0.774	280.0	196.0
14		ALOC	165	2.031	196.0	196.0
15	2	ALOC	165	1.141	196.0	182.0
16	3	ALOC	165	1.156	182.0	154.0
17		ALOC	165	2.689	154.0	154.0
18		CV	250	0.317	154.0	154.0
19	4	ALOC	95	0.758	154.0	98.0
20		ALOC	95	0.324	98.0	98.0
21		ALOC	95	1.162	98.0	98.0
22		ALOC	95	2.060	98.0	84.0
23		ALOC	95	1.342	22.0	84.0
24		ALOC	95	0.356	84.0	84.0
25	5	ALOC	95	2.017	84.0	28.0
26		ALOC	95	0.540	28.0	14.0
27		ALOC	95	1.287	14.0	7.0
28		ALOC	95	1.250	7.0	0.0

- ① 그림 12와 같이 “검토_전압일람” 메뉴화면은 정상 상태 시의 구간별 전압강하 및 주상변압기 탭 운용 지역뿐만 아니라 발전기 탈락시의 구간별 전압변동 및 연계가능 적합여부 판정결과를 출력한다. 또한, 유도발전기 기동시의 구간별 전압변동 및 연계가능 적합여부 판정결과와 역 조류 발생량에 의한 구간별 전압변동 및 연계가능 적합여부 판정결과를 상세하게 출력할 수 있다.
- ② 그림 13과 같이 “계산_플리커” 메뉴화면에서는 분산전원이 도입되는 경우, 각 구간별 플리커 변동치를 상세하게 출력할 수 있다.
- ③ 그림 14와 같이 “계산_단락용량” 메뉴화면에서는 분산전원이 도입되는 경우, 각 구간별 단락용량 및 전류치를 상세하게 출력할 수 있다.

(3) 시뮬레이션 분석 및 평가

- ① 그림 10의 모델 배전계통에서 11번 노드에 1MW 용량의 유도발전기 형식의 풍력발전기가 도입되는 경우를 상정한다. 이때 계통으로 흘러나가는 역 조류량이 분산전원 출력의 50%인 경우(5MW)에는 분산전원 연계 시에 아무런 문제가 발생하지 않지만, 90%(9MW) 이상의 역조류가 계통에 방출되면 역 조류에 의한 고압선의 전압변동이 한계치(111V)를 초과하게 된다. 따라서 다른 수용가의 전압을 허용치를 벗어나게 할 가능성이 있으므로 본 평가시스템은 “분산전원의 연계 불가능”이라는 판정을 내리게 된다. 마찬가지로 9번과 10번 노드에서도 상기와 동일한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서 개발한 평가시스템은 “연계 불가능”이라는 판정을 사전에 제시하여, 분산전원 도입 초기단계부터 도입 용량을 줄이든가, 도입 장소를 다른 위치(1번 - 8번 노드)에 설치해야 한다는 평가와 대책을 제시해 준다. 이와 같이 본 평가시스템의 사전 검토에 의하여 분산전원 설치자와 운영자는 도입 후에 발생하는 문제점을 사전에 미리 예방할 수 있을 뿐만 아니라 설계 변경이나 출력감소 등에 의한 경제적인 이익도 얻을 수 있게 된다.
- ② 사전검토에 문제점이 없어서 일정한 분산전원을 도입한 경우에도 실제 운용시점에 배전계통 절체나 부하증감에 의하여 문제점이 발생할 수 있다. 이때에도 본 평가시스템은 “연계가능용량” 메뉴로부터 연계 가능한 출력량이나 역률이나 전압변동에 대한 SVC의 적정용량을 제시해 준다.
- ③ 그림 10의 11번 노드에 1MW의 유도발전기형 풍력발전기가 도입되는 경우, 50% 이상의 출력 변동이

나 역률변동이 일어나면 플리커의 한도치(0.45%)를 초과하게 된다. 이 경우에도 역률을 보상하거나 다른 대책을 제시해 준다.

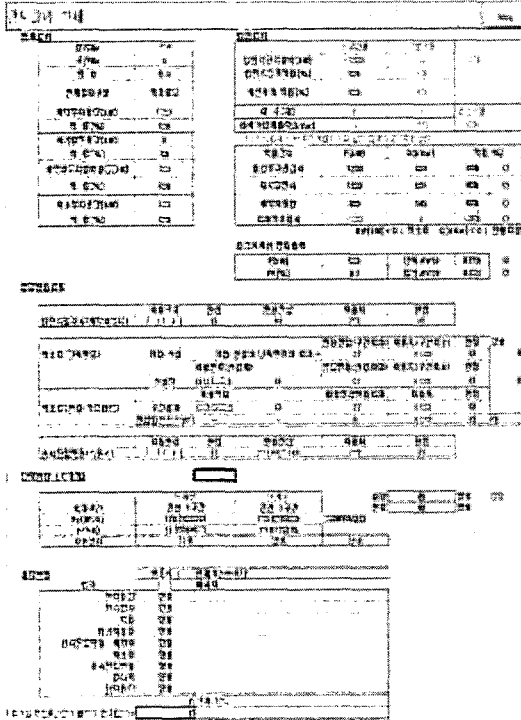


그림 11. 상세 검토결과 출력화면

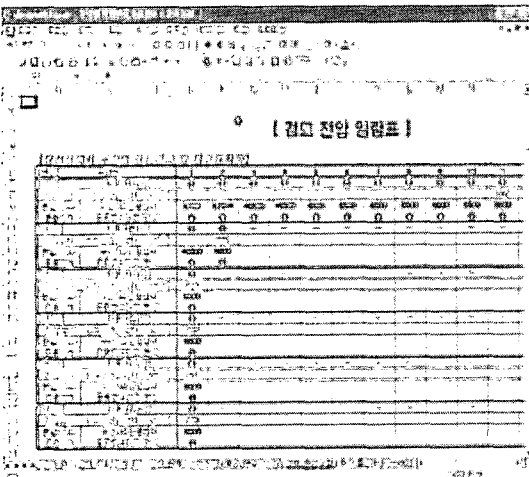


그림 12. 상시 및 순시 전압변동 출력화면

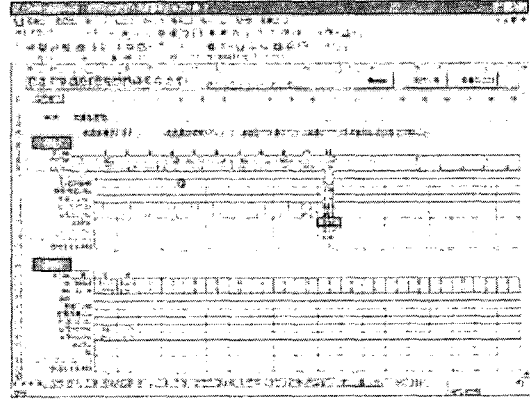


그림 13. 플리커 평가결과 출력화면

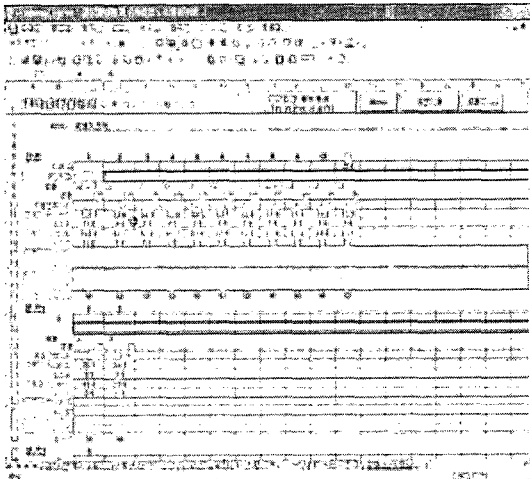


그림 14. 단락용량 평가결과 출력화면

6. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘을 바탕으로 제작한 분산전원 기술평가시스템은 분산전원을 배전계통에 연계하는 경우 발생할 수 있는 기술적인 문제를 편리하고 손쉽게 해결할 수 있는 것이다. 주요 연구 내용을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 논문에서 개발한 평가시스템은 배전계통이나 분산전원을 잘 모르는 비전문가라 할지라도 분산전원의 도입에 대한 평가와 분석 결과를 산출할 수 있는 표준 계통과 판정 알고리즘을 근거로 한 시스템이다. 즉, 정상 시에 분산전원의 도입에 의한 전압변동이 고압선에서 111V 이내로 유지하고, 비상(기동 시나 탈락 시)에는 385V를 유지하면 수용가의 전압을 향

상 허용전압 이내로 유지할 수 있다는 알고리즘을 제시하였다. 이것은 기존의 평가방법이 평가자의 개인 능력과 취득할 수 있는 자료에 따라 상이한 평가와 결과를 산출하는데 비하여, 분산전원 도입에 따른 공평한 평가를 내릴 수 있다는 큰 장점을 가진다.

- (2) 기존의 4상한만 이용한 간략 전압강하 계산식의 단점을 보완하여, 역 조류를 고려할 수 있는 전압강하 계산 알고리즘을 제시하였다. 분산전원 연계지점 기준으로 역률과 조류방향에 따라 4개의 상한을 이용하여 전압강하와 전압상승을 계산할 수 있도록 알고리즘을 개발하여 계산 정도를 향상시켰다.
- (3) 본 논문에서 개발한 평가시스템의 사전 검토에 의하여, 분산전원 설치자와 운영자는 도입 후에 발생하는 문제점을 사전에 미리 예방할 수 있을 뿐만 아니라 설계 변경이나 출력감소 등에 의한 경제적인 메리트도 얻을 수 있다.

따라서 본 논문에서 개발한 평가시스템은 분산전원을 제조하는 메이커나 운영하는 전기사업자의 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 수용가의 전력품질 향상에도 기여할 수 있다고 생각된다.

참고문헌

- [1] “분산전원 계통연계가이드라인”, JEC 4201, 일본, 2002.4
- [2] EPRI, "Electricity Technology Road Map", 2003
- [3] “배전전압관리 매뉴얼”, 일본 북해도전력, 2003.1
- [4] “풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2004
- [5] “배전전압관리 개선에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2003.10
- [6] James J. Burke, "Power Distribution Engineering", Dekker, Inc. pp. 320-348 (1994)
- [7] H. Soi, H. Yakabe, H. Kakimoto, T. Hayashi & M. Kanori, "Development of High Voltage Distribution Line Management System", IEEJP & Society, No.32 (1995)
- [8] H. Kirkham & R. Das, "Effects of Voltage Control in Utility Interactive Dispersed Storage and Generation Systems", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No.8, 1984
- [9] C. Chen, "The Effect of Voltage Control to Efficiency and Operation of Electric Distribution Systems", Ph.D. Thesis, University of Texas at Arlington (1982)

- [10] Lin C. E., Shiao Y. S., Huang C. L. and Sung P., "Design Consideration and Economical Evaluation Battery Energy Storage System", 92 IEEE PESSummer Meeting, Paper # 92 SM 431-7 PWRs, Washington, July 1992
- [11] “태양광발전의 배전계통 연계 알고리즘 개발에 관한 연구”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005.5
- [12] “분산형전원 배전계통 연계 평가시스템 알고리즘 개발”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005.5
- [13] “분산형전원 계통연계 기술평가시스템 알고리즘에 관한 연구”, 대한전기학회 대전지부 워크샵, 노 대석 외 2인, 2005. 6.15
- [14] “태양광발전의 계통연계 기술지원시스템 개발”, 대한전기학회, 하계학술논문집, 노 대석 외 3인, 2005.7.18

노 대 석(Dae-Seok Rho)

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 전기공학과(공학박사)
- 1999년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 부교수

<관심분야>

전력계통, 배전계통, 분산전원, 계통연계

강 민 관(Min-Kwan Kang)

[준회원]



- 2005년 2월 : 한국기술교육대학교 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교(공학석사)

<관심분야>

PSACD, 송.배전계통, 분산전원

박 재 호(Jae-Ho Park)

[준회원]



- 2004년 2월 :한국기술교육대학교 (공학사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교(공학석사)

<관심분야>

PSCAD, 배전계통, 전력계통

홍 상 은(Sang-Eun Hong)

[정회원]



- 1975년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1981년 9월 : 고려대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1987년 9월 : 고려대학교 전기공학과(공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보기술공학부 교수

<관심분야>

시스템공학, e-learning, 전력품질, 신재생에너지

오 용 택(Yong-Taek Oh)

[정회원]



- 1980년 2월 : 숭실대학교 전기공학과(공학사)
- 1982년 2월 : 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사)
- 1987년 2월 : 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 교수

<관심분야>

전력계통, 전력품질, 분산전원