

신에너지전원이 연계된 배전계통의 전압조정시뮬레이터 개발에 관한 연구

김 경범, 최 기범, 차 민준, 노 대석
한국기술교육대학교
e-mail: dsrho@kut.ac.kr

Development of Voltage Regulator Simulator for Distribution Systems interconnected with Dispersed Sources

kyungbum Kim, Gibum Choi, Minjun Cha, Daeseok Rho
Korea University of Technology and Education

요 약

태양광, 풍력 등의 대체에너지전원의 개발 및 보급이 증가하는 추세에서 이들 소규모 전원이 도입되는 배전계통의 환경 및 여건을 정비하는 것이 무엇보다 시급하고도 중요한 사항이라고 생각된다. 이들 배전계통의 환경 가운데 가장 중요한 것 중의 하나가 수용가의 전압을 일정한 범위 내로 유지하는 것이다. 전력회사에서는 하계의 피크 부하기간 중에 지정된 고압선로의 직하와 말단의 전압을 측정하여 규정전압(전동 : $220 \pm 6\%$, 동력 : $380 \pm 10\%$)이내에 유지되는 가를 평가하여 산업자원부에 보고하도록 전기사업법에 규정되어 있을 정도로 중요한 목표관리 대상이다. 따라서, 배전계통의 전압조정 기술은 상당히 중요한 기술이므로, 본 논문에서는 분산전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 전압조정 장치의 동작을 시뮬레이션 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 수용가의 전압을 평가하고 개선하는 시스템을 개발하였다.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상과 정보통신산업의 급속한 발전으로 인하여, 정보통신기기 및 정밀제어기기 등의 보급 증가로 전압품질에 관한 관심이 높아져가고 있다. 특히, 전압품질에 민감한 수용가(산업체, 공장, 상가, 정보산업 관련빌딩 등)의 전기피해 보상문제 등이 증가되고 있는 추세이며, 전 세계적으로도 전력품질에 대한 관심이 높아져 각종 전력품질 개선장치로부터 최적 공급시스템에 이르기까지 다양한 각도에서 전력품질을 향상하기 위한 연구개발이 활발하게 수행되고 있으며, 또한 부분적으로 실용화되고 있는 실정이다. 배전계통의 전압분포는 배전용변전소의 송출전압과 고/저압선로의 전압강하, 고압선로의 전압조정장치, 고압선로의 구성, 수용가의 부하특성 등 여러 가지 요인에 의해 결정되는데, 이중 가장 큰 영향을 끼치는 요소가 배전용변전소의 송출전압 조정으로, 이것이 적절하게 조정되지 못하면 다른 요인을 아무리 잘 조정해도 수용가의 전압을 적정하게 유지시키는 것이 곤란하다. 따라서 본 논문에서는 분산전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 전압조정장치의 동작을 시뮬레이션할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 수용가의 전압을 평가하는 알고리즘을 제시하였다.

2. 전압조정장치의 운용 알고리즘

2.1 LDC방식에 의한 전압조정방안

전압조정장치의 최적 운용방안은 각각의 주변압기에 서 공급되는 여러 선로의 부하특성에 맞추어 전압조정 장치의 정정 값(즉 LDC 정정치, 부하중심점 전압, 밴드 폭 값, 시지연값)을 어떻게 합리적으로 산출하여 ULTC 를 효율적으로 자동 운전하느냐 하는 것이다. LDC 방식은 원래 발전기의 전압조정방식의 하나로 개발된 것으로, 어느 발전기에 접속되어 있는 송전계통내의 일정 지점의 전압을 일정하게 유지하는 것을 목표로 하고 있다. 이 목적을 달성하기 위해서는 발전기의 송출전력에 따라 발전기와 송전계통내의 일정 지점까지의 임피던스에 의하여 발생하는 선로 전압강하를 보상하면 되므로 이것을 LDC 방식이라고 불려지고 있다.

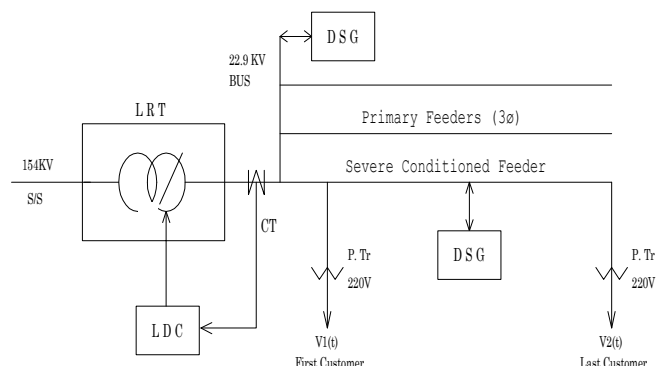


그림 1. 고압배전선로의 전압조정방안 개념도

LDC 방식은 그 제어장치 내부에서 실제의 선로전압 강하를 모의하여 구하고, 이것을 보상한 전압이 일정하게 되도록 하는 제어회로로 구성되어 있으며, 그림 2의 계통을 예로 그 원리를 설명하면 다음과 같다. 발전기 전압을 E_s , 전압을 일정하게 유지해야 할 전압(부하중심점전압)을 E_0 , 선로전류를 I , 송전선로의 임피던스를 $R+jX$ 라고 하면, 다음의 관계식이 성립한다.

$$V_r = E_s - (R + jX)I \quad (1)$$

따라서 일정하게 유지해야 할 기준전압 E_0 를 정전압 발생회로에 의하여 제공해 주고,

$$|V_r| - |E_0| = 0 \quad (2)$$

의 제어를 행하면, 계통내의 일정 지점의 전압은 항상 일정하게 된다.

3. 전압조정장치 시뮬레이터의 제작

3.1 개요

본 연구에서는 분산전원을 제작하거나 시공하는 업체나 일반 사용자(분산전원을 잘 모르는 비전문가 포함)들이 손쉽게 접근하여 LDC정전치의 수치변화와 분산전원의 종류에 따라 ULTC 탭변환을 확인하고 수용가 전압이 적정한가를 판정하는 시뮬레이션 프로그램을 제작하였다. 구체적으로는 3개의 기능으로 구성된다. 첫째는 언제 어디서나 접근 가능하도록 인터넷상에 전용서브를 설치하는 것이고, 둘째는 전용서브 상에 지원시스템을 등록할 수 있는 전용 홈페이지를 제작하는 것이며, 셋째는 분산형전원의 배전계통 연계시의 수용가 전압의 적정여부를 판단하는 S/W를 제작하는 것이다. 따라서 이 시스템의 특징은 인터넷을 통하여 지원 시스템의 홈페이지에 방문하여, 제공된 각종 S/W를 다운로드 받아, 누구나 손쉽게 연계 적합여부를 평가할 수 있는 시스템이다. 본 연구에서 개발한 평가시스템의 분석 프로그램은 다음과 같은 기능을 가지도록 설계하였다.

- ① 사용하기 편리한 MMI 기능 도입
- ② 알고리즘의 프로그램 코딩 및 디버깅 기능
- ③ Visual Basic과 Excel의 Macro를 이용한 S/W 제작
- ④ 사용자 S/W 수정 기능

3.2 평가시스템의 실현

본 연구에서 개발된 평가시스템의 주요 프로그램 내역은 다음과 같다. 마이크로소프트사의 엑셀을 이용하여 개발한 기술지원 평가 시스템의 프로그램 구성 내역은 총 19개의 시트를 기본으로 하여 각종 계산을 수행하도록 하였으며, 이 시트를 효율적으로 관리하거나 수행할 수 있도록 VBA(Visual Basic Application)를 이용하여 총 5개의 모듈 및 23개의 서브 모듈을 개발하였다.



그림 2. 메인 화면

4. 시뮬레이션 및 분석 결과

4.1 모델계통 및 입력 데이터



그림 3. 배전계통 입력데이터 화면

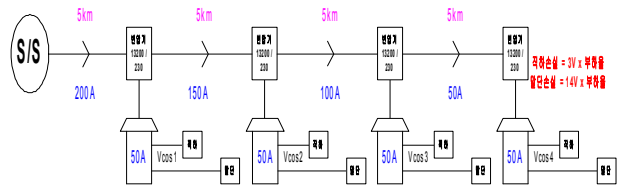


그림 4. 모델 계통

4.2 해석결과 및 분석

(1) 분산전원 연계 전·후 비교

등가임피던스가 1.3이고, 부하중심점전압이 21,500V에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 분산전원이 있는 경우가 없는 경우보다 ULTC 탭 동작횟수는 감소하고, 시간대별 탭 위치 변동폭도 더 완만한 상태임을 알 수 있었다.

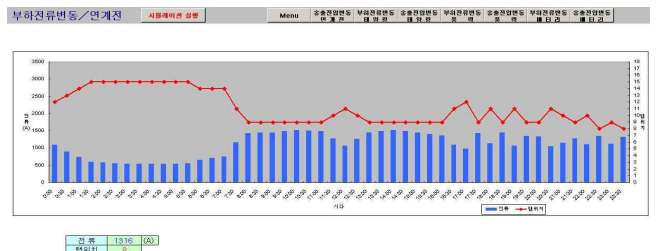


그림 5. 분산전원 연계 전 부하 전류 및 탭 위치 (분산전원용량 : 0MW)

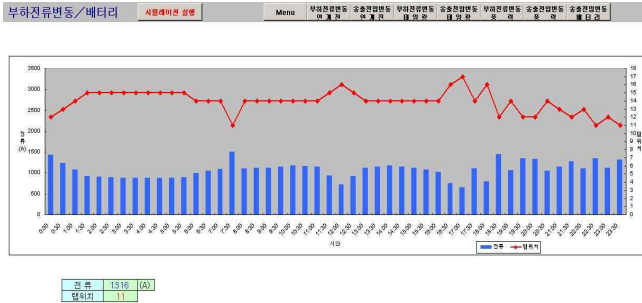
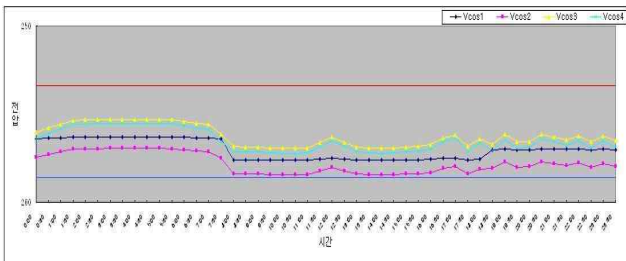


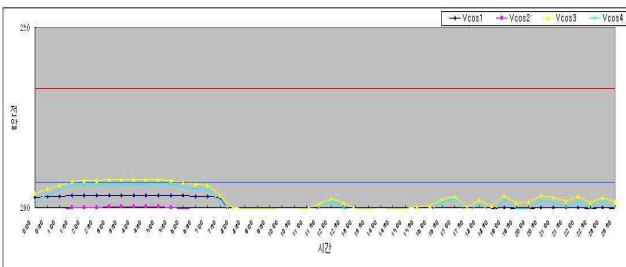
그림 6. 분산전원 연계후 부하 전류 및 탭위치
(분산전원용량 : 2MW)

(2) LDC정정치 변경

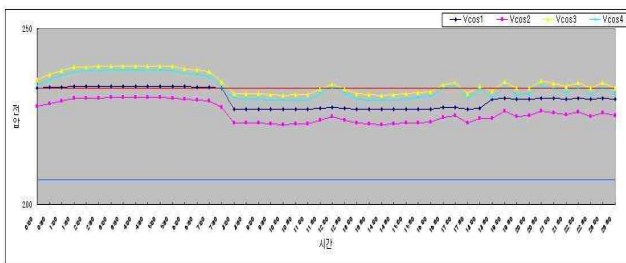
등가임피던스는 1.3이고 분산전원용량이 2MW가 도입되었다고 가정할 때, 부하중심점 전압이 21500V일 경우에는 수용가 전압이 규정범위 내에 들어왔지만, 20000V와 23000V일 경우에는 규정범위 내에 들어가지 못하는 수용가가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.



분산전원 연계후.Battery 모든 수용가 말단전압
그림 7. 분산전원 연계후 말단 수용가 전압
(V_0 : 21500V, Z : 1.3)



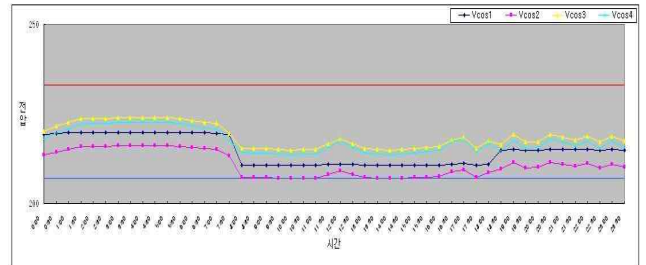
분산전원 연계후.Battery 모든 수용가 말단전압
그림 8. 분산전원 연계후 말단 수용가 전압
(V_0 : 20000V, Z : 1.3)



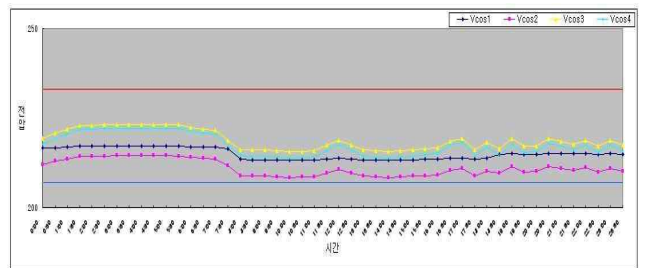
분산전원 연계후.Battery 모든 수용가 말단전압
그림 9. 분산전원 연계후 말단 수용가 전압
(V_0 : 23000V, Z : 1.3)

(3) 분산전원용량변경

등가임피던스가 1.3이고, 부하중심점 전압이 21,500V일 때, 주변압기 측에 연계되는 분산전원의 양을 늘려주면 수용가 전압이 좀 더 안정되는 것을 확인할 수 있었다.



분산전원 연계후.Battery 모든 수용가 말단전압
그림 10. 분산전원 연계후 말단 수용가 전압
(분산전원 : 2MW)



분산전원 연계후.Battery 모든 수용가 말단전압
그림 11. 분산전원 연계후 말단 수용가 전압
(분산전원 : 3MW)

4. 결 론

본 논문에서는 분산전원이 연계된 배전계통의 전압조정장치의 시뮬레이터를 개발하여 수용가의 전압을 평가하였다. 제안된 시뮬레이터의 주요 특징은 다음과 같다.

- (1) 본 논문에서 개발한 전압조정시뮬레이터는 배전계통의 최적 전압조정을 위해 본 시뮬레이션을 사용하여 규정전압에 더 가깝게 유지할 수 있는 조건을 찾을 수 있었고 양질의 수용가 전압 공급에 도움이 됨을 확인하였다.
- (2) LDC정정치의 변화와 분산전원의 도입시 ULTC 탭 동작횟수를 감소시키고 시간대별 탭 위치 변동 폭도 더 완만한 조건을 찾을 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

- [1] “분산전원 계통연계가이드라인”, JEC4201, 일본, 2002.4
- [2] “풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2004
- [3] “배전전압관리 개선에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2003.10
- [4] “배전전압관리 매뉴얼”, 일본 북해도전력, 2003.1
- [5] “태양광발전의 배전계통 연계 알고리즘 개발에 관한 연구”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005. 5.