

신에너지전원이 연계된 배전계통의 전압조정장치 시뮬레이터에 의한 수용가전압 평가

박오성, 손준호, 김찬혁, 노대석
한국기술교육대학교

A Study on the Simulator of Voltage Regulator for Distribution Systems Interconnected with New Energy Power Sources

Oseong Park, Joonho Sohn, Changhyeok Kim, Daeseok Rho
Korea University of Technology and Education

Abstract - 본 논문에서는 태양광, 풍력 등의 신에너지전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 수용가의 전압이 규정전압 이내로 유지되는가를 평가할 수 있는 배전용변전소의 전압조정장치인 ULTC(Under Load Tap Changer)의 시뮬레이터를 제작하였다. 즉, 부하변동에 따라 전압조정장치의 동작을 모의할 수 있는 시뮬레이터를 이용하여, 신에너지 전원의 운용이 배전계통에 끼치는 영향을 평가하고 최적운용 방안을 제시하였다.

1. 서론

신에너지전원의 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±6%, 동력 : 380±10%)이내에 유지되는 가를 평가하여 산업자원부에 보고하도록 전기사업법에 규정되어 있을 정도로 중요한 목표관리 대상이다. 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 신에너지전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 전압조정장치의 동작을 해석할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 수용가의 전압을 평가하고 최적운용 방안을 제시하였다.

2. LDC방식에 의한 전압조정장치의 운용 알고리즘

전압조정장치의 최적 운용방안은 주변압기(M.Tr, 45/60MVA)에서 공급되는 여러 선로의 부하특성에 맞추어 전압조정장치의 정정 값(즉 LDC 정정치, 부하중심점 전압, 밴드폭 값, 시지연값)을 어떻게 합리적으로 산출하여 ULTC를 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. LDC 방식은 그 제어장치 내부에서 실제의 선로 전압강하를 모의하여 구하고, 이것을 보상한 전압이 일정하게 되도록 하는 제어회로로 구성되어 있으며, 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.

$$V_r = E_s - (R + jX)I \tag{1}$$

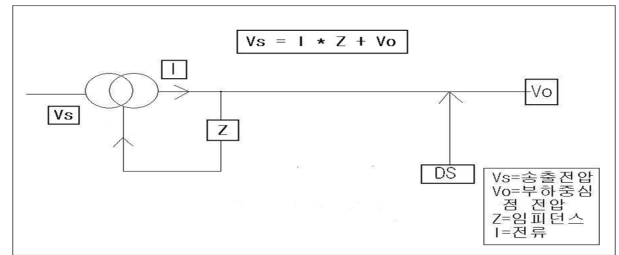
따라서 일정하게 유지해야 할 기준전압 E_0 를 정전압 발생회로에 의하여 제공해 주고,

$$|V_r| - |E_0| = 0 \tag{2}$$

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

3. 전압조정장치 시뮬레이터의 구현

본 연구에서 개발된 평가시스템의 기본 알고리즘과 메인 화면은 그림 1, 그림 2와 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 서브모듈을 개발하였다. 본 연구에서는 신에너지전원을 제작하거나 시공하는 업체나 일반 사용자(신에너지전원을 잘 모르는 비전문가 포함)들이 손쉽게 접근하여 LDC정정치의 수치변화와 신에너지전원의 종류에 따라 ULTC 탭변환을 확인하고 수용가 전압이 적정한가를 판정하는 시뮬레이션 프로그램을 제작하였다. 본 연구에서 개발한 평가시스템의 분석 프로그램은 사용하기 편리한 MMI 기능을 도입하고, 알고리즘의 프로그램 코딩 및 디버깅 기능을 가지며, 사용자가 S/W 수정 기능을 가지도록 설계하였다.



[그림 1] 평가시스템의 알고리즘 개념도

주요 1 및 2/W를 사용하는 경우에는 '숫자'에서 '백크로-및-모달'으로 설정해야 합니다.

EXCEL #

신에너지전원이 연계된 배전계통의 전압조정 시뮬레이션 개발 Ver. 1.0

검토결과요청

입력데이터요청

검토대상	부하중심점	분산전원형태	회타	전체 초기화	
피크부하	54 Mw	동기발전역(2)	1.3	분산전원용량	12 Mw
역률	90 %	부하중심점전압	21500 V		

검토결과

① 분산전원 연계 시뮬레이션 ① 부하중심점전압 <input checked="" type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 24회 - 최대 탭변환폭 3 ② 송출전압변동 <input type="checkbox"/> 검토대상 - 탭변환 횟수 - 최대 탭변환폭	③ 분산전원 연계 시뮬레이션(회타) ③ 부하중심점전압 <input checked="" type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 3 - 최대 탭변환폭 3 ④ 송출전압변동 <input type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 - 최대 탭변환폭	④ 분산전원 연계 시뮬레이션(배타) ④ 부하중심점전압 <input checked="" type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 23회 - 최대 탭변환폭 3 ⑤ 송출전압변동 <input type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 - 최대 탭변환폭	⑤ 분산전원 연계 시뮬레이션(배타) ⑤ 부하중심점전압 <input checked="" type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 24회 - 최대 탭변환폭 4 ⑥ 송출전압변동 <input type="checkbox"/> 검토대상 - ULTC합변환 횟수 - 최대 탭변환폭
---	---	---	---

⑥ 결과보고요청

한국기술교육대학교 Power Energy Lab ETECHNICS

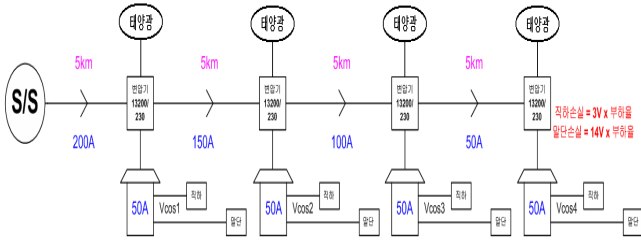
[그림 2] 평가시스템의 메인 화면

4. 시뮬레이션 및 분석 결과

4.1 모델계통 및 입력 데이터

본 연구에서 대상으로 한 모델 배전계통(22.9KV)은 그림 3과 같이 4개의 구간으로 나누어 신에너지전원이 연계되어 운

전되는 것으로 상정하였다.



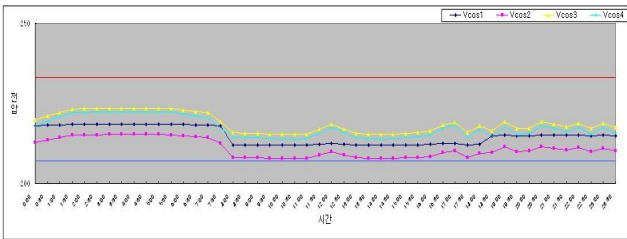
[그림 3] 모델 배전계통

4.2 해석결과 및 분석

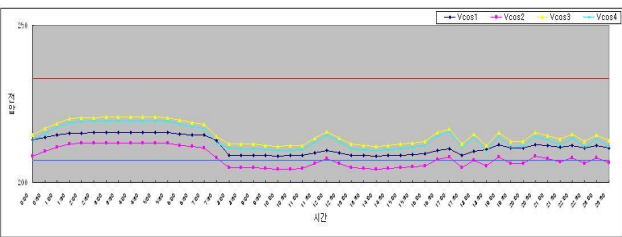
본 연구에서는 2개의 파라메타를 변경하여 수용가의 전압을 분석하였다. 신에너지전원의 연계 전, 후의 LDC 정정치의 변경, 신에너지전원의 용량을 변경하여 시뮬레이션을 수행하였다.

(1) LDC 정정치의 변경

그림 4는 부하중심점 전압을 21,500V로 고정하고 등가임피던스의 값을 1.0과 1.3인 경우에 수용가 전압을 분석한 것이다. 이 그림에서와 같이 등가임피던스의 값이 1.0이 되면 수용가 전압이 하한치를 벗어나 문제점이 발생함을 알 수 있다. 한편 그림 5는 등가 임피던스의 값을 1.3으로 고정하고 부하중심점 전압을 변경하여 분석한 것으로 21,500V인 경우에는 규정범위 내에 유지되지만, 20,000V와 23,000V인 경우에는 규정범위를 벗어나 문제점이 발생함을 알 수 있었다.

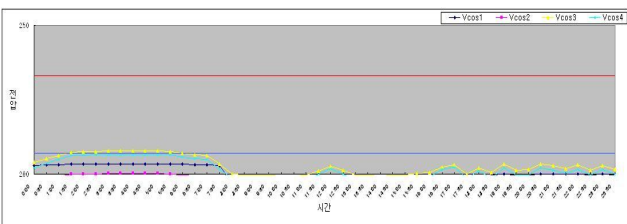


(a) 등가임피던스(Z)가 1.3인 경우

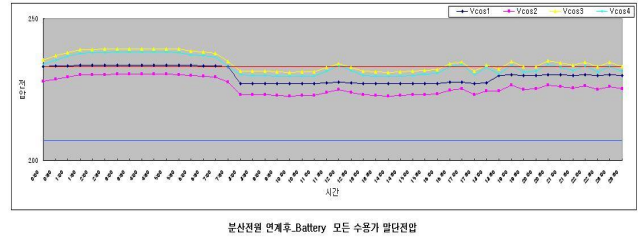


(b) 등가임피던스(Z)가 1.0인 경우

[그림 4] 신에너지전원 연계 후의 말단 수용가의 전압분포



(a) 부하중심점 전압이 20,000V인 경우

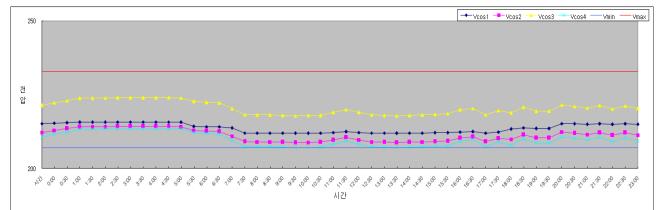


(b) 부하중심점 전압이 23,000V인 경우

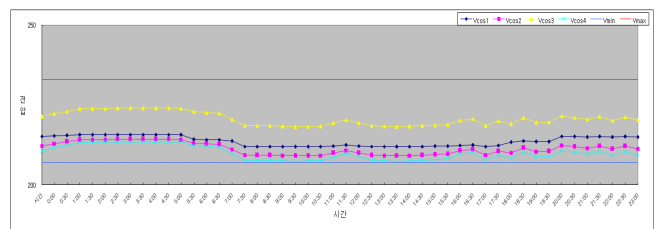
[그림 5] 신에너지전원 연계 후의 말단 수용가 전압분포

(3) 신에너지전원 용량의 변경

그림 6은 신에너지전원의 도입용량과 위치를 변경하여 해석한 것이다. 먼저 그림 6 (a)는 각 4개의 구간마다 0.5MW씩 신에너지전원을 도입한 것이고, 그림 6 (b)는 2번 지점과 4번 지점에 1MW씩 신에너지전원을 도입한 것이다. 분산형전원의 도입 용량이 감소하면 수용가 전압은 낮아지고 증가하면 높아짐을 알 수 있었다.



(a) 각 지점마다 0.5MW씩 신에너지전원을 도입한 경우



(b) 2지점과 4지점에 1MW씩 신에너지전원을 도입한 경우

[그림 6] 신에너지전원 연계 후 말단 수용가 전압분포

5. 결 론

본 논문에서는 신에너지전원이 연계된 배전계통의 수용가전압 평가 시뮬레이터를 개발하여 신에너지전원이 수용가의 전압에 미치는 영향을 분석하였다. 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 전압조정장치 시뮬레이터는 신에너지전원이 연계된 배전계통의 수용가 전압을 규정전압에 더 가깝게 유지할 수 있는 조건을 찾을 수 있고, 신에너지전원이 수용가의 전압에 미치는 영향을 다양하게 분석할 수 있음을 확인하였다.

(2) LDC 정정치의 변화와 분산형전원의 용량에 따라 전압조정장치(ULTC)의 탭 동작횟수를 감소시키고, 시간대별 탭 위치 변동폭도 더 완만한 조건을 찾을 수 있음을 확인하였다.

[참고 문헌]

- [1] “분산형전원의 배전계통 연계 시 사고해석 알고리즘 개발에 관한 연구”, 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노대석 외 3인, 2008. 5.
- [2] “분산형전원의 배전계통 연계 시 전압조정방안에 관한 연구”, 대한전기학회, 하계 학술발표논문집, 노대석 외 2인, 2008. 7.