

분산전원이 연계된 배전계통의 전압조정장치 최적 운용 프로그램 개발

김찬혁*, 노대석*, 정원욱**

*한국기술교육대학교, **한국전력연구원

e-mail: redkg123@kut.ac.kr, dsrho@kut.ac.kr

Optimal operation program development for voltage regulator of distributed resources with distribution system

Chanhyeok kim*, Rho Daeseok*, Wonuk Jeong**

*Korea University of Technology and Education,

**Korea Electric Power Research Institute

요 약

배전계통의 전압분포는 배전용변전소의 송출전압과 고압선로의 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 연구에서는 분산전원이 연계되어 운용되는 경우, 전압조정장치의 최적 운용 알고리즘을 제시하여 수용가의 전압을 평가하고 개선하는 프로그램을 개발하였다.

1. 서론

최근 생활수준의 향상과 정보통신산업의 급속한 발전으로 인하여, 정보통신기기 및 정밀제어기기 등의 보급증가로 전압품질에 관한 관심이 높아져가고 있다. 특히, 전압품질에 민감한 수용가(산업체, 공장, 상가, 정보산업관련빌딩 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.

상기와 같은 배경 하에서, 본 연구에서는 수용가에게 양질의 전력을 공급하기 위하여 장거리(전압강하 5%초과) 고압 배전선로나 부하변동이 심한 고압 배전선로, 주상변압기의 무 탭 운용 고압선로 등에서는 필수적인 전압조정장치(SVR, PVR)의 도입 및

운용에 대한 알고리즘을 제시하고 전압조정장치의 최적 운영 프로그램을 개발하여 수용가의 전압을 평가하고 개선하는 프로그램을 개발하였다.

2. 수용가 전압에 영향을 미치는 요인 분석

배전계통의 전압분포는 배전용변전소의 송출전압과 고압선로의 전압조정장치(SVR과 PVR, 콘덴서 등), 주상변압기의 탭, 고·저압선로의 전압강하, 고압선로의 구성(공장 및 용량), 수용가의 부하특성(공장, 주택, 상업, 농촌부하 등) 등 여러 가지 요인에 의해 결정된다.

2.1 배전용변전소의 송출전압 조정

배전용변전소의 송출전압 조정방식으로는 일반적으로 프로그램 방식과 LDC (Line Drop Compensator) 방식이 주로 사용되고 있다. 프로그램 방식은 각 시간대별로 타임스위치의 지정에 의

해 송출전압을 단계적으로 조정하는 것으로 간단한 조작에 의하여 여러 가지의 송출전압을 얻을 수 있지만, 부하변동의 폭이 큰 경우 적절한 전압강하의 보상이 어렵게 된다는 결점이 있다. 반면, LDC방식은 미리 정해진 전압조정 요소(등가 임피던스와 부하중심점 전압)에 의하여, 시간에 따라 변화하는 부하전류의 크기에 따라 고압선로의 전압강하를 보상하여 송출전압을 조정하는 방식으로 프로그램 방식보다 급격한 부하변동에도 유연하게 대응할 수 있어서 폭 넓게 사용되고 있다. 그러나, LDC방식은 유사한 부하변동 특성을 가진 고압선로들로 구성된 뱅크(Bank)에 효과가 크다는 한계성을 가지고 있다는 단점을 안고 있다. 우리나라에서는 배전용변전소의 송출전압을 조정하기 위하여 대부분 ULTC 자동운전을 하고 있으며, LDC방식을 채택하고 있는 실정이다. 그러나, 부하특성이 다르거나 고압선로의 구성상태가 상이한 경우에는 여러 가지 문제점을 발생시킬 수 있다.

2.2 주상변압기의 탭 선정

주상변압기의 탭은 보통 피크부하(하계)시의 전압강하 5% 지점을 계산하여 결정하고 있지만, 일단 한번 정해지면 정정하기 어려운 작업상의 문제점이 있으므로 장기간에 걸쳐 운용되는 특성이 있다. 예를 들어, 계절별로 부하변동이 큰 고압선로이거나 배전계통의 선로절체 작업 등에 의하여 계통구성이 바뀌게 되는 경우, 탭을 정정하지 않고 그대로 사용하면, 수용가에게 과전압이나 저전압을 일으키는 중대한 원인을 제공할 수 있다.

2.3 선로전압조정장치(SVR)의 운용

선로전압조정장치는 장거리(전압강하 5%초과) 고압 배전선로나 부하변동이 심한 고압 배전선로, 주상변압기의 무 탭 운용 고압선로 등에서 필수적인 전압조정장치로서 장치로서, 이를 적절하게 설치하여 운용하는 것이 중요하다. 그러나, 우리나라에서는 아직 보편적으로 보급되지 않고 있으며, 설치되어 운용되는 경우에도 적절한 운용기준 등이 마련되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 선로구성(부하특성)이나 부하시간대(피크/미들/오프피크)를 고려한 선로전압조정장치의 설치 위치 및 최적운용 알고리즘과 배전용변전소 ULTC와 주상변압기 탭을 고려한 협조운용 알고리즘, 운영기준 제정 등에 대한 연구개발이 필요하다.

2.4 저압선로의 전압강하 배분

저압선로의 전압강하 배분은 그림 2와 같이 주상변압기의 내부 전압강하와 인입선 전압강하, 저압선 전압강하로 구성되며, 각각은 피크치를 기준으로 2%, 6%, 2%의 전압강하 한도로 규정되어 운용되고 있다. 그러나, 저압 측의 10%의 허용전압은 매우 큰 값으로 고압 측의 전압변동 폭을 크게 제한시키는 직접적인 원인이 되며, 저압선로의 적정전압 유지를 어렵게 만드는 중요한 요인이 된다. 따라서 이들 전압강하 배분을 적절하게 검토하여 운용 기준을 재선정할 필요가 있다. 또한, 저압 측의 10%의 전압강하 배분은 년중 피크치를 기준으로 설정한 값이므로 오프 피크시나, 계절별, 요일별, 시간대별(피크/미들/오프 시간대)로 융통성 있게 전압강하 배분을 선정하여 운용하는 것이 중요하다.

2.5 다른 요인

현재 평가기준으로 삼고 있는 30분 평균전압에 의한 전압 부적정율의 평가는 과거의 회전기기 등에는 적합한 기준이 될 수 있으나, 최근의 정보통신기기나 정밀제어기기 등에는 한계성을 가지고 있다. 선진국에서도 이를 고려하여 1분이나 10분 등 평균전압의 단축화가 진행중인 실정이다. 따라서, 우리나라에서도 전력품질 관리 측면에서 적정한 평균전압의 시간을 검토하여 합리적인 선정이 필요하다.

3. 전압조정장치의 운용 알고리즘

3.1 LDC방식에 의한 전압조정방안

전압조정장치의 최적 운용방안은 각각의 주변압기에서 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, 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.

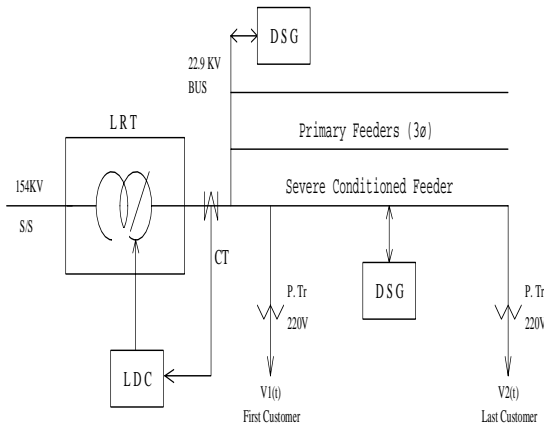


그림 1. 고압배전선로의 전압조정방안 개념도

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

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

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

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

송전계통의 경우에는 일반적으로 계통구성도 간단하고 상기의 이론과 같이 LDC 제어장치의 선로 보상 임피던스는 송전선로의 임피던스와 동일한 값으로 선정하면 된다. (PT비, CT비에 의한 보정은 물론 필요함)

4. 전압조정 시뮬레이터의 제작

4.1 개요

본 연구에서는 분산전원을 제작하거나 시공하는 업체나 일반 사용자(분산전원을 잘 모르는 비전문가 포함)들이 손쉽게 접근하여 LDC정정치의 수치변화와 분산전원의 종류에 따라 ULTC 탭변환을 확인하고 수용가 전압이 적정항가를 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

4.2 평가시스템의 실현

본 연구에서 개발된 전압조정 시뮬레이션의 주요 프로그램 내역은 다음과 같다.



그림 2. 전압조정 시뮬레이터 메인화면

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 19개의 시트와 9개의 폼, 4개의 모듈을 개발하였다.

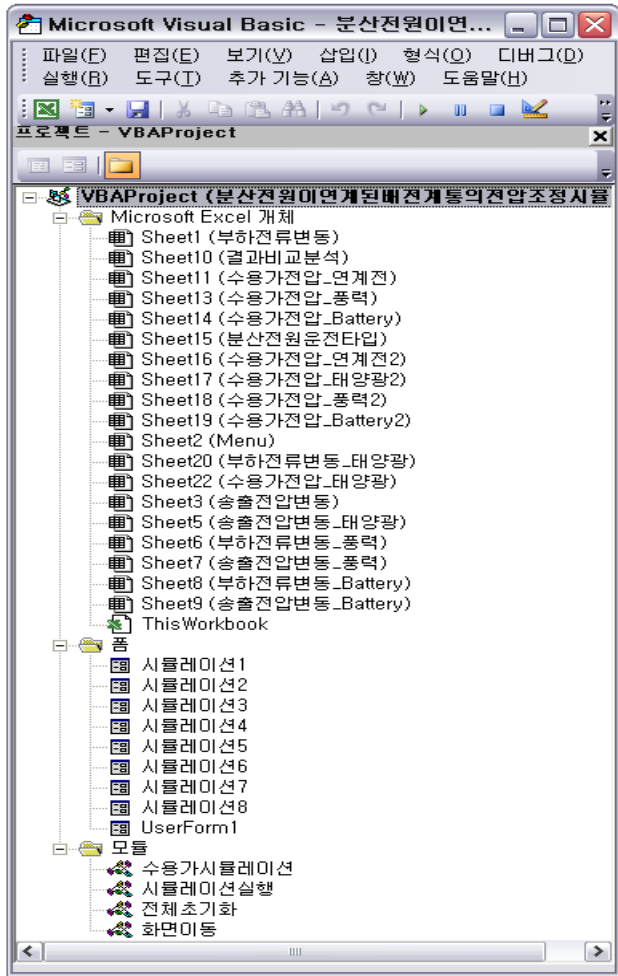


그림 3. 프로그램 구성화면

5. 결론

본 연구에서는 수용가의 전압품질에 영향을 미치는 주요 요인을 분석하고, 분산전원이 연계된 배전계통의 전압조정장치의 효율적인 도입 및 관리를 위한 전압조정 운용 프로그램 개발하였다. 이에 프로그램으로 근거하여 적용선로와 부하특성, 전압보상장치의 종류에 따른 전압조정장치의 운영기준을 제정하고 선로구성 및 부하특성에 적합한 최적 운영방안을 제시하여 전압품질 향상 될 것이다.

참고 문헌

- [1] “분산전원 계통연계가이드라인”. JEC4201 일본, 2002.4
- [2] “풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영 기준 제정에 관한 연구” 한전 전력연구원, 2004
- [3] “배전전압관리 매뉴얼”, 일본 북해도전력 2003.1
- [4] “태양광발전의 배전계통 연계 알고리즘 개발에 관한 연구”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표 논문집, 노대석 외 3인, 2005.5

그림 4.는 시뮬레이션의 입력부로 각각의 시간대 별로의 부하율을 지정하여 입력할 수 있으며, 역율, 등각임피던스, 부하중심점전압을 상황에 맞게 입력할 수 있다, 또한 각각의 노드에 선로임피던스, 선로의 길이, 부하용량, 분산전원의 용량을 입력할 수 있다.

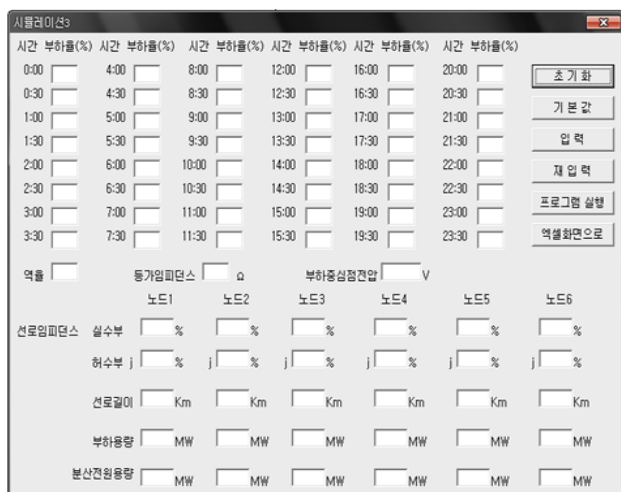


그림 4. 배전계통 입력데이터 화면