

분산형전원이 도입된 배전계통의 최적전압조정 방안에 관한 연구

김미영, 노대석  
한국기술교육대학교

A Study on the Optimal Voltage Regulation in Distribution Systems with Dispersed Generation

Mi-Young Kim, Dae-Seok Rho  
Korea University of Technology and Education

**Abstract** - 최근 생활수준의 향상과 정보통신 산업의 급속한 발전으로 인하여 전세계적으로 전력품질에 대한 관심이 높아져, 각종 전력품질 개선장치로부터 최적 공급시스템에 이르기까지 다양한 각도에서 전력품질을 향상하기 위한 연구개발이 수행되고 있으며, 특히 정보통신기기 및 정밀제어기기 등의 보급증가로 전압품질에 대한 관심이 높아져가고 있다. 지금까지 배전계통의 전압 관리는 배전용변전소 ULTC(Under Load Tap Changer)와 고압배전선로의 주상변압기에 의해 조정되어 왔으며 최근에 고압배전선로의 전압강하가 5%를 초과하는 선로에 대한 효율적 전압관리를 위해 선로전압조정장치(SVR- Step Voltage Regulator)가 도입되고 있다. 그러나 배전용변전소와 고압배전선로의 선로전압조정장치가 서로 독립적으로 운용되고 있기 때문에 선로전압조정장치의 효율성이 떨어지고 있는 실정이다. 그러므로 본 논문에서는 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 송출전압의 최적 전압조정을 위한 협조운용 방안을 제시하고자 한다.

1. 서 론

우리나라에서는 배전용변전소 송출전압을 백크별로 일괄적으로 조정하고 있는데, 이는 각 배전선로의 부하특성을 무시하여 조정하므로 합리적이지 못할뿐만 아니라, 고압배전선로의 전압강하가 5%를 초과하는 장거리 배전선로의 전압강하를 주상변압기 탭만으로 보상을 하지 못하기 때문에 효율적인 전압관리가 미흡한 상태이다. 또한, 배전선로상의 전압을 개선하기 위하여 전선교체와 변전소 신설등의 공사기간과 막대한 투자비가 소요되는 문제점을 안고 있다.

한편, 부하를 악화와 전기구적 환경문제에 대한 대책의 하나로써 태양광, 연료전지, 2차전지와 같은 분산형전원이 배전계통에 도입되어 운용되고 있는 실정이다. 이러한 환경하에서, 가능한 많은 수용가에게 적절한 전압을 보내기위하여, 배전계통에서 새로운 최적 전압조정방안의 개발이 요구되고 있다.

백크 선로전압강하보상(LDC-Line Drop Compensation) 수법은 허용범위 안에서 수용가 전압을 유지하기 위하여 많은 배전용변전소에서 주로 사용하고 있다. 이 수법은 전체피더 특성을 대표하는 임의의 표준피더의 개념에 기초한다. 그러나 임의의 부하 변화와 피더 배치를 고려한 표준피더를 가지고 LDC 설정치를 결정하는 것은 어렵다. 더욱이, 배전계통과 상호 연결된 분산형전원은 전압조정을 매우 복잡하게 만든다.

그래서 본 논문에서는 분산형전원이 도입된 배전계통의 배전용변전소와 선로전압조정장치의 효율적인 전압관리를 위하여 quasi-Newton 반복법에 의해서 ULTC 최적운용 알고리즘을 제안하고 모델계통을 이용하여 기존의 여러 가지 전압조정 방안과 본 연구에서 제안한 방안을 비교하여, 본 연구에서 제안한 알고리즘의 유효성을 확인한다.

2. 배전용변전소의 ULTC와 선로전압조정장치의 최적 전압조정 방안

방사상 배전계통에서, 선로전압조정장치는 그림 1에서 보여진 것처럼 전압강하를 보상하기 위하여 긴 고압피더에 직렬적으로 상호 연결되어 있다. 따라서 수용가 전압은 배전용변전소에 의해서 우선 조정되고 다음에 고압배전선로상의 선로전압조정장치에 의해서 조정된다. 그러나 배전용변전소의 전압보상은 배전용변전소 측뿐만 아니라 선로전압조정장치측의 수용가 전압에도 영향을 준다. 그러므로, 가능한 많은 수용가에게 적절한 전압을 공급하기 위해서는 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 사이에 상호협조를 이루며 합리적으로 전압보상을 분담하도록 해야 하므로 상호간의 최적 전압조정 방안이 요구된다.

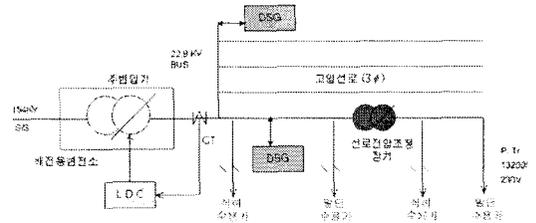


그림 1 분산형전원이 도입된 배전계통 전압조정방안 개념도

이제, 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 조정에 의해서 어떻게 수용가 전압 분포를 규정전압에 가깝도록 유지하느냐가 문제이다. 선로전압조정장치측의 수용가 전압 조건에 관계된 방정식을 고려하여 식 (1)~식 (6)과 같이 목적함수를 확장할 수 있다. 즉 선로전압조정장치의 직하전압 V3(t)는 배전용변전소에서 공급하는 고압배전선로와 선로전압조정장치의 내부 전압강하분을 고려하여 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$V_{drop}(t) = (V1(t) - V3(t) \cdot V_{tap} / (V_n \cdot R_{vr})) \quad (1)$$

$$V3(t) = (V1(t) - V_{drop}(t)) \cdot V_n \cdot R_{vr} / V_{tap} \quad (2)$$

$$V3X(t) = ((V3(t) \cdot X_{vr} / R_{vr}) + (X_{mtr} / R_{mtr} - 1) \cdot V1(t) \cdot V_n \cdot X_{vr} / V_{tap}) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Min } J(t) = & \{V1_{max}(t) - V1(t) \cdot X_{mtr} / R_{mtr}\}^2 + \\ & \{V1(t) \cdot X_{mtr} / R_{mtr} - V1_{min}(t)\}^2 + \\ & \{V3_{max}(t) - V3(t) \cdot X_{vr} / R_{vr} - V1(t) \cdot \\ & X_{vr} \cdot (X_{mtr} / R_{mtr} - 1) \cdot V_n / V_{tap}\}^2 + \\ & \{V3(t) \cdot X_{vr} / R_{vr} + V1(t) \cdot X_{vr} \cdot (X_{mtr} / \\ & R_{mtr} - 1) \cdot V_n / V_{tap} - V3_{min}(t)\}^2 + \\ & k(X_{mtr} - X_{vr})^2 \quad (4) \end{aligned}$$

$$\text{Subj. to, } V3_{max}(t) = V_{max} \quad (5)$$

$$V3_{min}(t) = V_{min} \cdot V3(t) / V4(t) \quad (6)$$

여기서,  $V3(t)$ ,  $V4(t)$  : SVR 직하, 말단의 수용가 전압,  $V3max(t)$ ,  $V3min(t)$  : SVR 직하로 환산된 허용 전압의 상, 하한치,  $V3X(t)$  : 최적 전압보상율이 적용된  $V3(t)$ ,  $Rvr$  : SVR의 전압보상율,  $Xvr$  : SVR의 최적 전압보상율,  $Rmtr$  : 배전용변전소의 전압보상율,  $Xmtr$  : 배전용변전소의 최적 전압보상율,  $Vn$ ,  $Vtap$  : SVR의 정격전압, SVR의 탭전압,  $K$  : 무계상수

이 목적함수는 배전용변전소와 선로전압조정장치측의 직하 수용가 전압이 상, 하한치로부터 최대여유를 가지고 그것들의 값이 규정전압에 근접하게 유지되는 것을 의미한다. 방정식 (3)에서 첫번째, 두번째 항목은 배전용변전소측 수용가 전압이 오직 배전용변전소 ULTC를 조절함에 의해서 적당한 전압을 유지함을 보여준다. 세번째, 네번째 항목은 선로전압조정장치측의 수용가 전압이 배전용변전소와 선로전압조정장치측의 ULTC 조절에 의해 적당한 전압을 유지함을 보여준다. 그 항목은 식 (1)의 배전용변전소에서 공급하는 고압배전선로와 선로전압조정장치측의 내부 전압강하분을 고려한 직하 수용가 전압 관계로부터 유도된다. 다섯번째 항목은 탭변화 횟수를 줄이기 위한 배전용변전소와 선로전압조정장치 사이의 조정 레벨이다. 식 (3)에서  $K$ 는 전압조정장치간의 협조를 요구하는 정도에 따라 정하는 상수로서 전압레벨을 감안하여 정한다. 그러므로 목적함수 식 (3)이 최소가 되기위한 조건은 다음 식이 정정치로 되는  $Xmtr$ 과  $Xvr$ 를 구하는 문제이다.

$$\nabla J = \begin{pmatrix} \partial J / \partial Xmtr \\ \partial J / \partial Xvr \end{pmatrix} = 0 \quad (7)$$

여기서,  $\nabla J$  :  $Xmtr$ 과  $Xvr$ 에 대한  $J$ 의 편미분한 구배 벡터

식 (7)의 행렬 요소는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} \partial J / \partial Xmtr = & \{ 2.0 \cdot V1(t) / Rmtr \cdot (2.0 \cdot V1(t) \cdot \\ & Xmtr / Rmtr - V1max(t) - V1min(t)) + \\ & (2.0 \cdot V1(t) \cdot Xvr \cdot Vn / (Rmtr \cdot Vtap) \\ & \cdot (2.0 \cdot V1(t) \cdot (Xmtr / Rmtr - 1.0) \cdot \\ & Xvr \cdot Vn / Vtap + 2.0 \cdot V3(t) \cdot Xvr / \\ & Rvr - V3max(t) - V3min(t)) + \\ & (2.0 \cdot K \cdot (Xmtr - Xvr)) \} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \partial J / \partial Xvr = & \{ 2.0 \cdot (V3(t) / Rvr + V1(t) \cdot (Xmtr / \\ & Rmtr - 1.0) \cdot (Vn / Vtap)) \cdot (2.0 \cdot Xvr \cdot \\ & V1(t) \cdot (Vn / Vtap) \cdot (Xmtr / \\ & Rmtr - 1.0) - V3max(t) - V3min(t) + 2.0 \cdot \\ & V3(t) \cdot Xvr / Rvr) + \\ & (2.0 \cdot K \cdot (Xvr - Xmtr)) \} \quad (9) \end{aligned}$$

반복 계산하는 알고리즘은 다음식과 같다.

$$\begin{pmatrix} X_{mtr} \\ X_{vr} \end{pmatrix}^{(K+1)} = \begin{pmatrix} X_{mtr} \\ X_{vr} \end{pmatrix}^{(K)} + (B^{(K)})^{-1} \cdot (\nabla J) \quad (10)$$

따라서, 상기 목적함수 식 (7)의 최소화 조건에 의하여, 각 시간대의 최적 전압보상율이 구해진다. 식 (7)의 비선형 목적함수의 최소화 문제는 반복법이 일반적으로 사용되는데 적당한 초기값을 제공함에 의해 최적해에 수렴한다. 본 논문은 quasi-Newton법을 사용하였고 최적해 산정 과정은 그림 2의 flow chart와 같다.

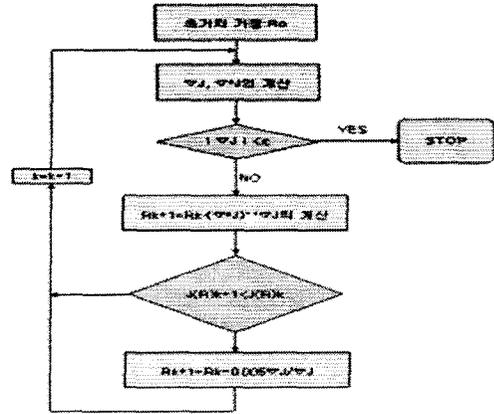


그림 2 최적 전압보상률 산정을 위한 flowchart

### 3. 시뮬레이션 결과 및 분석

분산형 전원이 도입된 모델계통에 대해서, 배전용변전소와 선로전압조정장치측의 ULTC 최적 전압조정 알고리즘을 모델계통에 적용시켜 시뮬레이션을 수행한다.

#### 3.1 평가 방법

각 수법의 유효성을 비교하기 위해 두가지 방법으로 평가하였다. 하나는 평가지표를 도입하고, 다른 하나는 ULTC 탭 총변동횟수를 비교한다.

##### (1) 평가지표의 정의

배전계통 내의 수용가 전압의 양부는 각 수용가 전압이 표준전압에 어느정도 가깝게 유지되는가를 산정함으로써, 평가할 수 있다. 즉, 평가지표(PI : Performance Index)는 전체 고찰시간대에 대하여 전체 대상노드의 수용가 전압과 표준전압과의 편차의 제곱 합으로 나타낼 수 있다.

$$PI = \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \{ |V1(t, k) - Vstd|^2 + |Vstd - V2(t, k)|^2 \} \quad (11)$$

여기서,  $T$  : 전체 고찰시간,  $K$  : 노드의 총수,  $Vstd$  : 표준전압 (220V),  $V1(t, k)$  : 각 노드직하의 수용가 전압,  $V2(t, k)$  : 각 노드말단의 수용가 전압

상기의 지표는 배전계통에 있어서 전체 수용가의 전압 분포특성의 수준을 평가하는 것으로, 평가지표가 작으면 작을수록 수용가 전압특성이 양호하다는 것을 나타낸다. 따라서 각 전압조정 수법에 의한 평가지표 값을 비교함으로써, 그 수법자체의 좋고 나쁨도 평가할 수 있다.

##### (2) ULTC의 Tap 총 변동횟수

배전용변전소와 선로전압조정장치에 있어서, 불감대폭의 탭간격은 50%로 운용되고 있으며, 현재 주류로 되고 있는 17개 탭 LRT의 탭 간격은 1.25%가 표준이다. 여기에서는 지연시간은 고려하지 않고 초기 탭 위치를 9(22,900V)에 놓고 배전용변전소와 선로전압조정장치측의 ULTC 탭 총변동횟수를 수법에 따라 비교하여, 그 수법의 우수성을 평가한다.

#### 3.2 시뮬레이션에 사용된 송출전압 조정방식

① 방식1 (LDC+Fixed(SVR) Method) : 배전용변전

소의 송출전압은 LDC 방식으로 조정하고 선로전압조정 장치의 송출전압은 22,900V로 고정시켜 송출하는 방식  
 ② 방식2 (LDC+Programmed(SVR) Method) : 변전소의 송출전압은 LDC 방식으로 조정하고 선로전압조정 장치의 송출전압은 프로그램 방식으로 조정하는 방식  
 ③ 방식3 (LDC+LDC(SVR) Method) : 배전용변전소와 선로전압조정 장치의 송출전압을 각각 독립적으로 LDC 방식으로 조정하는 방식  
 ④ 방식4 (Proposed Method) : 본 연구 제안 방식으로서 배전용변전소와 선로전압조정 장치의 송출전압을 상호 협조하여 운영하는 최적전압조정 알고리즘을 이용하여 조정하는 방식

### 3.3 모델계통과 제조건

- ① 모델계통은 그림 3과 같이 22.9KV계통이며, 고압배전선로의 구간데이터는 표 1과 같다.
- ② 배전용변전소의 일부하 패턴은 그림 4와 같이 45MW의 피크부하를 기준으로 오프피크부하는 1~8시간대, 피크부하는 9~16시간대, 미들 부하는 17~24시간대로 한다.
- ③ 역률은 0.9를 적용한다.
- ④ 저압측의 전압강하 배분은 주상변압기와 인입선, 저압선로의 최대 전압강하를 각각 4V, 4V, 8V로 상정한다.
- ⑤ 고압배전선로의 전압강하를 계산하기 위하여, 가우스사이델법(Gauss-Seidel Method)을 이용한 조류계산법을 이용한다.
- ⑥ 선로전압조정 장치의 설치지점은 그림 3의 10번 지점으로 상정하였으며, 운용패턴은 위의 방식 4가지를 비교한다.
- ⑦ 분산형전원은 그림 3의 노드 7, 8, 9에서 공급하고 공급형태는 분산형전원 특성상 다음의 3가지 형태를 비교한다.
  - 분산형전원이 없는 경우
  - 분산형전원이 방전(9~16시대)만 하는 경우
  - 분산형전원이 충전(1~8시간), 방전(9~16시간)하는 경우
- ⑧ 분산형전원의 도입량은 2가지 경우로 가정한다.
  - 피크부하의 5%로 7, 8, 9 노드 각 750(Kw) 공급한다.  $45,000(Kw) \times 0.05 = 2,250(Kw) / 3 = 750(Kw)$
  - 피크부하의 10%로 7, 8, 9 노드 각 1500(Kw) 공급한다.  $45,000(Kw) \times 0.1 = 4,500(Kw) / 3 = 1,500(Kw)$

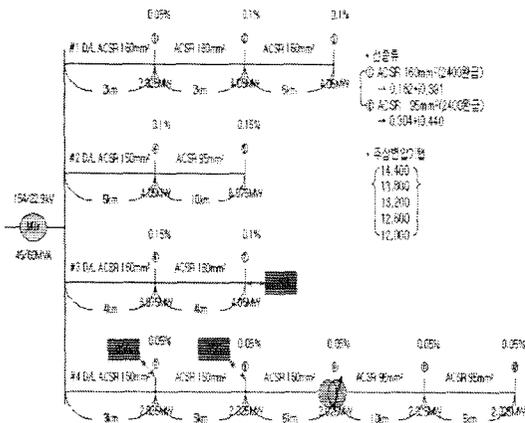


그림 3 분산형전원이 도입된 모델계통

표 1 모델계통 구간데이터

| Feeder Number | Section Number | Node Number |    | Impedance |          | Length (km) | Pole Tr Tap | Load (%) | DSG (KW) |
|---------------|----------------|-------------|----|-----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
|               |                | From        | To | R (Ω/km)  | X (Ω/km) |             |             |          |          |
| 1             | 1              | 0           | 1  | 0.182     | 0.391    | 2.0         | 22900/230   | 5%       | 0        |
|               | 2              | 1           | 2  | 0.182     | 0.391    | 2.0         | 22900/230   | 10%      | 0        |
|               | 3              | 2           | 3  | 0.182     | 0.391    | 5.0         | 22900/230   | 10%      | 0        |
| 2             | 4              | 0           | 4  | 0.182     | 0.391    | 5.0         | 22900/230   | 10%      | 0        |
|               | 5              | 4           | 5  | 0.304     | 0.440    | 10.0        | 21800/230   | 15%      | 0        |
| 3             | 6              | 0           | 6  | 0.182     | 0.391    | 4.0         | 22900/230   | 15%      | 0        |
|               | 7              | 6           | 7  | 0.182     | 0.391    | 4.0         | 22900/230   | 10%      | 750      |
| 4             | 8              | 0           | 8  | 0.182     | 0.391    | 3.0         | 22900/230   | 5%       | 750      |
|               | 9              | 8           | 9  | 0.182     | 0.391    | 5.0         | 22900/230   | 5%       | 750      |
|               | 10             | 9           | 10 | 0.182     | 0.391    | 5.0         | 22900/230   | 5%       | 0        |
|               | 11             | 10          | 11 | 0.304     | 0.440    | 10.0        | 21800/230   | 5%       | 0        |
|               | 12             | 11          | 12 | 0.304     | 0.440    | 5.0         | 21800/230   | 5%       | 0        |

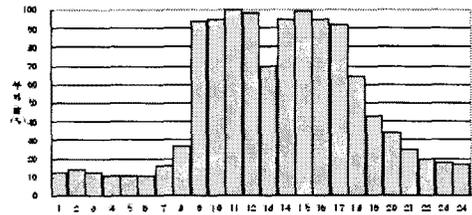
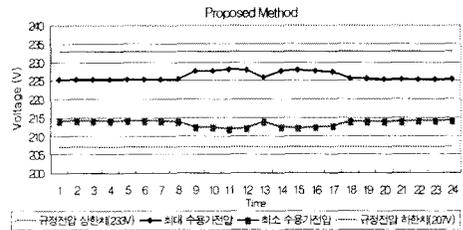


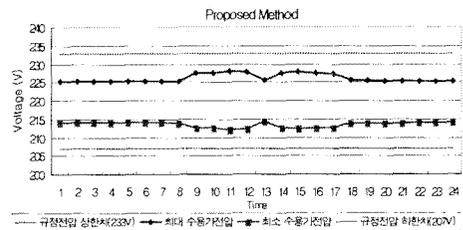
그림 4 모델계통의 일부하 곡선

### 3.4 시뮬레이션 결과

분산형전원이 도입된 배전계통에서 배전용변전소와 선로전압조정 장치의 ULTC에 대해 기존의 전압조정방안과 본 연구에서 제안한 방안에 대한 평가지수를 비교한다. 상기의 4가지 전압조정 방안을 비교해 본 결과, 본 연구에서 제안한 배전용변전소와 선로전압조정 장치의 ULTC를 상호 협조하여 운영하는, 송출전압을 최적전압 조정하는 알고리즘을 이용한 LDC방식으로 조정하는 방식 4가 가장 우수하였다. 그림 5는 분산형전원이 4,500(Kw)의 부하를 가지고 공급형태에 따른 수용가 전압분포를 보여주는 것으로 규정전압에 가깝게 유지됨을 확인할 수 있다.



(a) 분산형전원 무



(b) 분산형전원 방전

#### 4. 결 론

배전시스템의 전력품질에 대한 요구와 필요성이 증대되고 있는 가운데, 간단하며, 신뢰성 있고, 경제적으로 전압품질을 향상시키기 위한 선로전압조정장치(SVR, PVR)는 우리나라에서 337개가 도입(2003년 4월 기준)되었고, 앞으로도 수요가 늘어날 예정이다. 하지만 배전용변전소와 상호 협조를 이루며 합리적으로 전압보상을 분담하지 못하면 선로전압장치의 효용성을 충분히 본다고 하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 배전용변전소와 선로전압조정장치(SVR, PVR)의 ULTC 협조를 이루어 최적 전압조정하는 방안을 제시하였다.

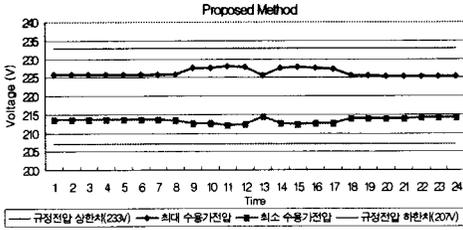
(1) 배전시스템의 최적 전압조정을 위해, 최적 전압보상율의 개념을 설명하였으며 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 연계 운영하는 최적 전압조정 알고리즘을 제시하였다.

(2) 배전시스템의 최적 전압조정을 위해 제안된 수법이 기존의 수법에 비해 평가지수가 우수하여 규정전압에 더 가깝게 유지됨을 확인하였고, ULTC 탭 총변동횟수를 비교하여 제안된 수법이 선로전압조정장치의 탭 총변동횟수를 현격히 감소시킴을 확인하였다.

(3) 배전시스템에 선로전압조정장치가 도입되어도 특성이 다른 분산형전원 도입과 운용에 유연함을 알 수 있었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 이은미, 노대석, 김미영, "고압배전선로의 선로전압조정장치(SVR)의 운용에 관한 연구(2)", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A권, 2003
- [2] Daeseok Rho, Eunmi Lee, "A study on the Optimal Operation of Line Voltage Regulator(SVR) on Distribution Feeders", IFAC 논문집 III권, 2003
- [3] "배전전압관리 개선에 관한 연구" 한전 전력연구원, 2004
- [4] "고유연·고신뢰·고효율 전기에너지 유통시스템 개발에 관한 기초연구" 한국전기연구원, 1998
- [5] Daeseok Rho, Horiyuki Kita, Kenichi Nishiya and Hasegawa Jun, "Voltage Regulation Methods Based on an Extended Approach and Neural Networks for Distribution System interconnected with DSG systems", 일본전기학회지B, 117권 3호, 1997년 3월
- [6] Joonho Choi, Haekon Nam, Jaechul Kim and Seungil Moon, "The Cooperation Schemes of LTC and SC for Distribution Volt/Var Compensation" 대한전기학회



(c) 분산형전원 총방전

그림 5 분산형 전원의 공급형태에 따른 수용가 전압특성

또한, 분산형전원의 공급형태에 따른 각 수법의 평가 지수를 비교해 보면 표 2와 같다. 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 상호 협조하여 운영하는 경우가 가장 우수하며 분산형전원의 출력이 있어도 전체적으로 규정전압에 가깝게 유지됨을 볼 수 있다.

또한, 각 수법의 ULTC 탭 총변동횟수는 표 3과 같다. 배전용변전소와 선로전압조정장치의 ULTC 상호 협조하여 운영하는 경우와 기존 수법들을 비교해 보면, 배전용변전소 ULTC 탭 총변동횟수는 약간의 변동만 있으나 선로전압조정장치 탭 총변동횟수는 현격히 감소됨을 알 수 있다.

그리고 고압배전선로에 선로전압조정장치가 도입이 되면서 배전용변전소와 협조 운용을 하는 경우와 협조 운용하지않는 경우의 LDC 값은 표 4와 같다.

표 2 각 방식의 평가지표 합계 비교

| DSG (Kw) | DSG 공급형태 | Ldc+ Fixed Method | Ldc+ Programed Method | Ldc+Ldc Method | Proposed Method |
|----------|----------|-------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| 2,250    | zero     | 16331.3           | 12559.5               | 10953.3        | 10064.4         |
|          | 방전       | 16205.0           | 12433.1               | 10826.9        | 10040.4         |
|          | 충방전      | 16234.6           | 12462.7               | 10856.5        | 9988.3          |
| 4,500    | zero     | 16331.3           | 12559.5               | 10953.3        | 10064.4         |
|          | 방전       | 16111.9           | 12340.0               | 10733.8        | 9982.3          |
|          | 충방전      | 16305.3           | 12533.4               | 10927.2        | 9891.0          |

표 3 각 방식의 ULTC 탭 총변동횟수

| DSG (Kw) | DSG 공급형태        | ULTC tap (50%) | SVR tap (50%) |
|----------|-----------------|----------------|---------------|
| 2,250    | zero (existing) | 24             | 18            |
|          | zero (proposed) | 22             | 6             |
|          | 방전 (existing)   | 26             | 18            |
|          | 방전 (proposed)   | 22             | 6             |
|          | 충방전 (existing)  | 24             | 18            |
|          | 충방전 (proposed)  | 22             | 6             |
| 4,500    | zero (existing) | 24             | 18            |
|          | zero (proposed) | 22             | 6             |
|          | 방전 (existing)   | 26             | 18            |
|          | 방전 (proposed)   | 22             | 6             |
|          | 충방전 (existing)  | 25             | 18            |
|          | 충방전 (proposed)  | 20             | 6             |

표 4 최적전압조정방안의 LDC 값

| DSG (Kw) | DSG  | Ldc+Ldc Method |            | Proposed Method |            |
|----------|------|----------------|------------|-----------------|------------|
|          |      | Zeq[Ω]         | Vce[V]     | Zeq[Ω]          | Vce[V]     |
| 2,250    | zero | 1.9414         | 21319.1683 | 1.7500          | 21318.3598 |
|          | 방전   | 2.0086         | 21303.3043 | 1.8106          | 21303.7153 |
|          | 충방전  | 2.0976         | 21202.8058 | 1.8980          | 21206.9473 |
| 4,500    | zero | 1.9414         | 21319.1683 | 1.7500          | 21318.3598 |
|          | 방전   | 2.0765         | 21288.1653 | 1.8922          | 21284.5535 |
|          | 충방전  | 2.2678         | 21071.3820 | 2.0816          | 21073.2418 |