

분산전원이 연계된 고압배전선로에 있어서 선로전압 조정장치의 최적운용 평가시스템 개발

손준호¹, 허상운¹, 노대석^{1*}, 김의환²
¹한국기술교육대 정보기술공학부, ²한전전력연구원

Optimal Operation System of Step Voltage Regulator in Primary Feeders with Distributed Generations

Joonho Son¹, Sangwon Heo¹, Daeseok Rho^{1*} and Eui-Hwan Kim²

¹Information School, Korea University of Technology, ²KEPRI

요약 본 논문에서는 기존의 고압배전선로에 설치되어 운용되고 있는 선로전압조정장치(Step Voltage Regulator, 이하 SVR)의 최적 전압조정 알고리즘을 제시하고 이를 이용하여 수용가전압을 평가할 수 있는 최적 평가시스템을 제시한다. 현재 SVR은 일정전압 송출방식을 사용하고 있지만, 대규모의 태양광, 풍력 등의 분산전원이 배전계통에 도입되는 경우, 전압품질[과전압/저전압] 문제점을 발생시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 선로전압조정장치의 LDC운용에 필수적인 정정치를 계산하기 위하여, 비선형 최적화수법인 선형회귀법을 사용하여 선로전압조정장치의 최적 운용 알고리즘을 제시하였고, 제안한 알고리즘을 바탕으로 평가시스템을 제작하여, 분산전원의 타입과 연계용량에 따라 다양한 시뮬레이션을 수행하여 제안한 알고리즘의 유효성을 확인하였다.

Abstract This paper deals with the optimal operation algorithm of SVR(Step Voltage Regulator) which is located with primary feeders and proposes the optimal operation system to evaluate customer voltage. The existing algorithm of SVR adapts the constant sending voltage method, which may cause the power quality problems such as overvoltage and under voltage variations in case where the distributed generations are interconnected with the primary feeders. Therefore, this paper proposes the optimal algorithm of LDC method for SVR using least square method to obtain the optimal setting values. Also, this paper presents the optimal evaluation system based on the former algorithm. The simulation results according to the types and capacities of distributed generations shows the effectiveness.

Key Words : Distributed Generations(DG), ULTC(Under Load Tap Changer), SVR(Step Voltage Regulator), LDC(Line Drop Compensation)

1. 서론

국가차원의 신-재생에너지 활성화 정책에 따라 태양광, 풍력발전 등의 대규모 분산전원 단지의 도입이 활발하게 이루어지고 있으나, 연계되는 배전계통에 대한 기술적인 문제점에 대한 대책은 제대로 마련되지 않고 있는 실정이다. 특히 기존의 배전계통에 대용량의 분산전원이

도입되면 부하증감을 일으켜, 분산전원이 연계된 선로에서 공급받고 있는 수용가에게 전압품질 문제점을 발생시킬 수 있다. 우리나라의 배전계통에서는 선로전압조정장치(SVR)를 피크 시 전압강하가 10% 이상인 고압선로(보통 장거리 선로)를 대상으로 도입하고 있다. 이것은 주상변압기 탭으로는 전압강하를 보상할 수 없는 구간에서 피치 못할 경우에만 도입하는 것을 원칙으로 하고 있기 때

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20101020300430)

*교신저자 : 노대석(dsrho@kut.co.kr)

접수일 11년 04월 04일

수정일 (1차 11년 04월 25일, 2차 11년 04월 26일)

게재확정일 11년 06월 09일

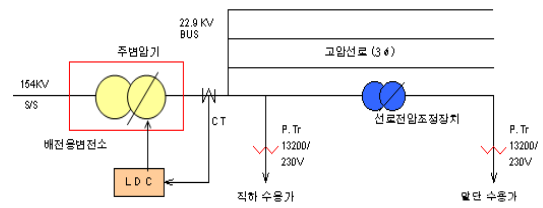
문이다. 국내에서는 SVR의 운용 대수가 아직 수백 대에 지나지 않으나, 전력품질 개선과 분산전원 도입에 의한 전압변동 문제를 해결해야 한다는 관점에서 앞으로 많은 도입이 예상되고 있다.

기존의 SVR은 일정전압 송출방식을 사용하고 있지만, 대규모의 태양광, 풍력 등의 분산전원이 배전계통에 도입되는 경우, 전압품질[과전압/저전압] 문제점을 발생시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 선로전압조정장치의 LDC운용에 필수적인 정정치를 계산하기 위하여, 비선형 최적화수법인 선형회귀법을 사용하여 선로전압조정장치의 최적 운용알고리즘을 제시하였고, 제한한 알고리즘을 바탕으로 평가시스템을 제작하여, 분산전원의 타입과 연계용량에 따라 다양한 시뮬레이션을 수행하였다. 이 평가 시스템을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 분산전원 연계선로의 SVR을 최적으로 운용하여, 수용가전압을 규정전압으로 유지할 수 있고, 분산전원의 종류별(태양광, 풍력, 2차전지 등) 운용특성과 연계용량에 따라 수용가의 전압에 미치는 영향을 손쉽게 해석할 수 있으며, 적정유지 여부(220±6%)도 정확하게 평가할 수 있는 시스템을 확인하였다.

2. 선로전압조정장치의 문제점 분석

그림 1은 고압배전선로에서 설치되어 운용되고 있는 선로전압조정장치(SVR)의 전압조정 개념도를 나타낸 것이다. SVR의 전압조정방식은 일정전압 송출방식과 LDC 운전방식의 2가지로 나눌 수 있다. 현재 사용되고 있는 일정전압 송출방식은 부하의 변동에 따라 수용가전압이 규정전압(220±13V)의 하한치(207[V])를 벗어날 우려가 있지만, 부하전류의 변동에 따라 송출전압을 변동시키는 LDC 운전방식은 부하변동의 크기에 따라 고압배전 선로에 전압강하분(ΔV) 즉 고압배전선로에 흐르는 부하전류와 선로의 등가임피던스의 곱을 보상하여 송출전압의 크기를 조정할 수 있으며, 수용가 전압을 규정전압 이내로 유지시킬 수 있다.

한편, SVR이 설치된 선로에 분산전원이 도입되어 운용되는 경우에는 부하변동이 증가하게 되는 현상이 발생하여, 규정전압의 유지가 어려워 되어 상기의 현상이 더욱 악화됨을 예상할 수 있다. 따라서 현재의 일정 송출전압방식을 개선하여 LDC 운전방식을 채용해야 하며, 이를 위하여 필수적인 LDC 정정치를 계산하는 최적운용 알고리즘이 요구된다.



[그림 1] SVR의 전압조정 개념도

[Fig. 1] Concepts for Voltage Control of SVR

3. SVR의 최적운용 알고리즘

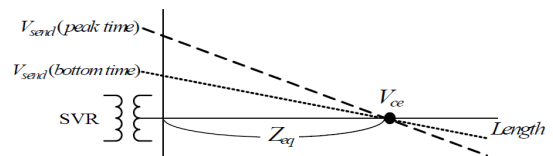
향후 대규모의 분산전원의 도입을 고려하면, 현재 운용중인 SVR의 일정송출방식을 개선하여 LDC 운전방식을 채택해야 한다. 이를 위해서 필수적인 LDC방식의 최적 운용방안을 확립해야 한다. 여기서는 LDC 운전의 주요 요소인 등가임피던스와 부하중심점 전압을 산출하는 최적운용 알고리즘을 제시한다.

3.1 SVR의 LDC 운전방식

LDC 운전방식은 그림 2와 같이 SVR로 통과하는 전류의 크기(중부하 및 경부하시 부하량)에 따라 선로전압 강하를 보상하는 방법으로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{send}(t) = V_{ce} + Z_{eq} \times I_{bank}(t) \quad (1)$$

여기서, $V_{send}(t)$: 송출전압, $I_{bank}(t)$: 뱅크 전류, V_{ce} : 부하중심점 전압, Z_{eq} : 등가임피던스



[그림 2] LDC 전압조정방식의 개념도

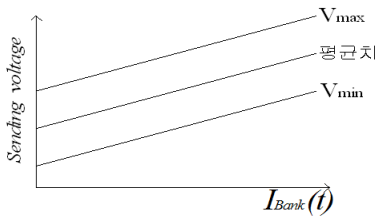
[Fig. 2] Concepts for LDC Voltage Control

전압강하를 보상하는 SVR 탭 변환에 있어서 송출전압($V_{send}(t)$)의 계산은 LDC 정정치 설정에서 가장 중요한 요소이다. SVR에서 피크 시 즉 중부하일 때 보낼 수 있는 전압과 오프피크 시 즉 경부하일 때 보낼 수 있는 전압을 일정하게 수용가에 보낼 수 있도록, 임의 지점의 부하 중심점 전압 (V_{ce}) 및 고압배전선로의 등가 임피던스(Z_{eq})를 설정해 주면, SVR로 통과하는 전류에 따라 고

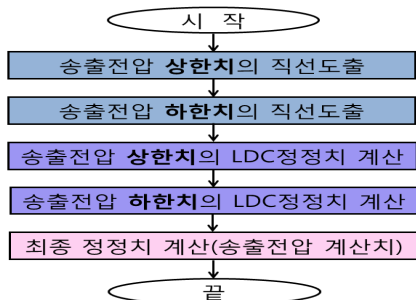
압배전선의 임의 지점의 전압을 일정하게 유지시킬 수 있는 최적의 송출전압($V_{send}(t)$)을 결정할 수 있다.

3.2 최적운용 알고리즘

LDC의 V_{ce} , Z_{cq} 계산 알고리즘은 그림 3과 같이 선형 근사식으로 표현되며, 직선의 기울기와 Y절편을 구함으로써 LDC 정정치(Z_{zq} , V_{ce})를 구할 수 있다. 구체적인 절차는 그림 4와 같이 5 단계로 나눌 수 있다.



[그림 3] 송출전압과 बैं크전류의 관계 그래프
[Fig. 3] Relationship sending voltage and current



[그림 4] 최적운용 알고리즘 흐름도
[Fig. 4] Flowchart of optimal operation algorithm

<Step I> 송출전압 상한치의 직선도출

SVR의 송출전압 상한치는 수용가전압이 규정전압 ($220\pm 13V$)의 상한치($233[V]$)를 벗어나지 않도록 저압선로의 전압분담율과 부하율을 고려하여 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{max} = (233 + V_d) \times \frac{V_{Ti}}{230} + V_H(i-1) \times \frac{f_H}{100} - \Delta V \quad (2)$$

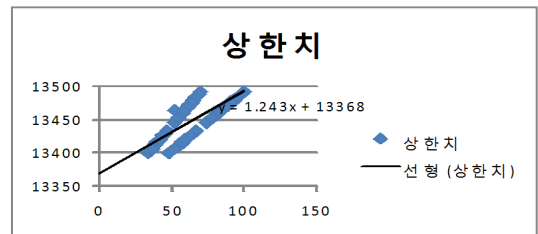
여기서, V_d : 주상변압기 직하수용가까지의 저압 전압강하최소치(변압기+인입선) 저압선 말단 수용가까지의 저압 전압강하 최대치(변압기+배전선+인입선), V_{Ti} : 구간 i 에서 사용되는 주상변압기 탭 전압, $V_H(i-1)$:

송출단에서 동일구간 직전까지 중부하시 고압선 전압강하, $V_H(i)$: 송출단에서 동일구간 말단까지의 중부하시 고압선 전압강하, f_H : 중부하시 고압선 전류를 1로 한 고압선 부하율, ΔV = 불감대폭

한편 f_H 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_H = \frac{\text{시간대별 부하전류}}{\text{SVR 최대 통과전류}} \times 100(\%) \quad (3)$$

식 (2)와 (3)을 이용하여, 24시간 동안 중·경부하시 송출전압 상한치를 계산 후, 선형회귀법(Least Square Method)에 의해 1차 직선으로 근사화시켜 구하면 그림 5와 같다. 이 직선은 그림 3의 송출전압과 बैं크전류의 관계 그래프에서 V_{max} 직선에 해당된다.



[그림 5] 선형회귀법에 의한 송출전압 상한치 그래프
[Fig. 5] Upper limit of sending voltage by least square method

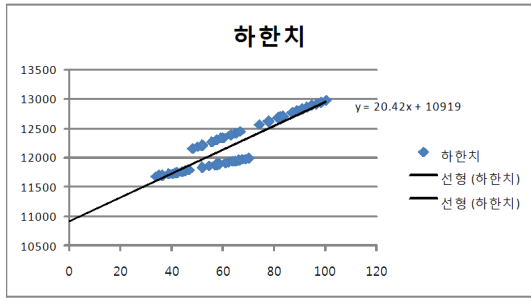
<Step II> 송출전압 하한치의 직선도출

SVR의 송출전압 하한치는 수용가전압이 규정전압 ($220\pm 13V$)의 하한치($207[V]$)를 벗어나지 않도록 저압선로의 전압분담율과 부하율을 고려하여 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{min} = (207 + V_e) \times \frac{V_{Ti}}{230} + V_H(i) \times \frac{f_H}{100} + \Delta V \quad (4)$$

여기서, V_e : 저압선 말단 수용가까지의 저압 전압강하 최대치(변압기+배전선+인입선)

그림 6은 24시간동안 중·경부하시 송출전압 하한치를 계산 후, 선형회귀법에 의해 1차 직선을 도출하였다. 이 직선은 그림 4의 송출전압과 बैं크전류의 관계 그래프에서 V_{min} 직선에 해당된다.



[그림 6] 선형회귀법에 의한 송출전압 하한치 그래프
 [Fig. 6] Lower limit of sending voltage by least square method

<Step III> 송출전압 상한치의 LDC정정치 계산

상기의 식 (2)의 송출전압 상한치 계산식에 의하여 구해진 그림 5의 송출전압 상한치의 그래프로부터 기울기에 해당하는 LDC의 등가임피던스는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Z_{eq(upper)} = \frac{\text{1차회귀계산정수의 표준편차}}{\text{시간대별통과전류 표준편차}^2} \quad (5)$$

상기의 값과 평균값 ($V_{send(upper)}$),뱅크전류 평균값 ($I_{bank(upper)}$)을 이용하면 부하중심점전압을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_{ce(upper)} = I_{bank(upper)} \times (-Z_{eq(upper)}) + V_{send(upper)} \quad (6)$$

<Step IV> 송출전압 하한치의 LDC 정정치 계산

상기의 식 (3)의 송출전압 하한치 계산식에 의하여 구해진 그림 6의 송출전압 하한치의 그래프로부터 기울기에 해당하는 LDC의 등가임피던스는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Z_{eq(lower)} = \frac{\text{1차회귀계산정수의 표준편차}}{\text{시간대별통과전류 표준편차}^2} \quad (7)$$

상기의 값과 평균값 ($V_{send(lower)}$),뱅크전류 평균값 ($I_{bank(lower)}$)을 이용하면 부하중심점전압을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_{ce(lower)} = I_{bank(lower)} \times (-Z_{eq(lower)}) + V_{send(lower)} \quad (8)$$

<Step V> 최종 정정치 계산(송출전압 계산치)

그림 3과 같이 Step III과 Step IV에서 얻은 값을 평균하여 시간대별로 최적 송출전압의 평균치를 구하고, 이를 이용하여 LDC의 정정치를 구할 수 있다. 즉 부하중심점전압은 그래프의 Y절편 값이고, 등가임피던스는 그래프의 기울기 값으로 결정된다.

4. SVR의 평가시스템 제작

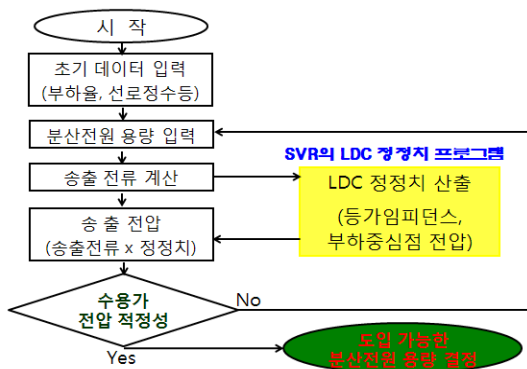
상기에서 제시한 SVR의 LDC 운전방식의 최적운용 알고리즘을 바탕으로 분산전원의 운용에 따른 수용가전압의 적정여부를 판정할 수 있는 SVR의 평가시스템을 제작하였다.

4.1 평가시스템의 구성

본 논문에서는 LDC 최적운용 알고리즘을 구현하기 위하여 상용 S/W인 마이크로소프트사의 엑셀프로그램과 VBA(Visual Basic Application)를 이용하여 19개 시트와 5개의 모듈 및 23개의 서브 모듈로 제작하였다. 그림 7은 SVR 운용 평가시스템의 전체 흐름도를 나타낸 것이다. SVR 평가시스템은 먼저 앞 절에서 제시한 최적 운용알고리즘을 바탕으로 분산전원이 연계된 경우의 SVR의 LDC 정정치를 계산하고, 이를 기준으로 분산전원의 용량을 일정량씩 증가시키면서 수용가전압이 규정전압 ($220\pm 6\%$)을 유지하는 가를 판정하면서 도입 가능한 분산전원 용량을 결정하는 방법을 채용하였다. 따라서 본 평가시스템은 분산전원의 도입에 따른 수용가의 전압특성을 분석할 수 있을 뿐만 아니라 분산전원의 도입용량도 결정할 수 있는 시스템이다.

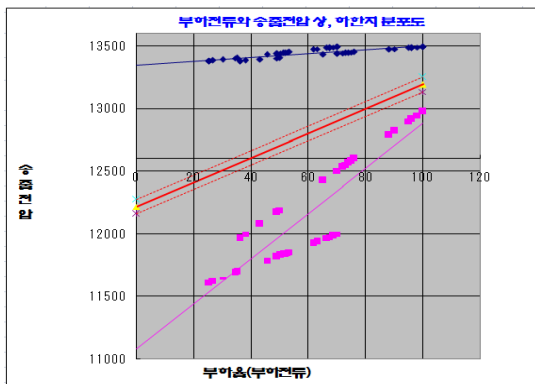
4.2 평가시스템의 출력화면

SVR의 평가시스템은 24시간(시간대별 부하량을 기준함)을 기준으로 하였으며, 저압선 전압강하, 시간대별 통과전류, 경·중부하일 때 송출전압의 상·하한치를 알고리즘에 의해 계산될 수 있도록 하였으며, 이 값들을 이용하여 1차 회귀 계산 후 LDC의 송출전압을 결정할 수 있다. 저압선 전압강하 예측 치와 시간대별 SVR 통과전류를 바탕으로 분산전원 투입 시 시간대별 변화량을 산정한 후, LDC 정정치를 구할 수 있도록 하였다.



[그림 7] SVR 운용평가시스템 흐름도
[Fig. 7] Flowchart for optimal SVR operation

그림 8은 부하전류에 따른 SVR의 송출전압 상·하한치 분포도이다. 그림에서 상단의 그래프는 <Step I>과 <Step III>의 식으로 구한 송출전압의 상한치의 분포를 나타낸 것으로, 이 값을 이용하여 1차 회귀직선을 얻을 수 있다. 마찬가지로 하단의 그래프는 <Step II>와 <Step IV>의 식으로 구한 송출전압 하한치의 분포를 나타낸 것으로, 이 값을 이용하여 1차 회귀직선을 얻을 수 있다. 중간 그래프는 상한치와 하한치를 평균한 값으로 SVR의 송출전압 분포특성이 된다. 따라서 직선의 Y절편이 LDC 정정치의 부하중심점 전압이 되며, 기울기가 LDC 정정치의 등가임피던스가 된다.



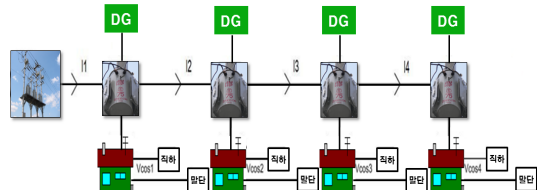
[그림 8] SVR 평가시스템 출력화면
[Fig. 8] Menu for SVR Evaluation system

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

5.1 시뮬레이션 조건

(1) 모델 배전계통

그림 9는 모델 배전계통으로 선로를 4의 구간으로 나누어 부하가 일정하게 분포한 것으로 상정하였으며, 각 구간의 주상변압기 직하와 말단의 수용가 전압의 특성을 분석하였다.



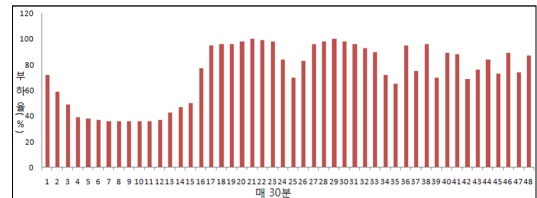
[그림 9] 분산전원이 연계된 모델 배전계통
[Fig. 9] Model distribution system with distributed sources

한편, 모델 배전계통의 시간대별 부하량(부하율로 표시함), 선로 임피던스, LDC 정정치 등은 그림 10과 같다. 여기서 그림 11은 부하율로 나타낸 일부하 곡선으로 전형적인 배전계통의 부하특성을 상정하였다.

시간	부하율(%)	시간	부하율(%)	시간	부하율(%)	시간	부하율(%)	시간	부하율(%)	시간	부하율(%)
0:00	72	4:00	36	8:00	95	12:00	70	16:00	90	20:00	88
0:30	59	4:30	36	8:30	96	12:30	83	16:30	72	20:30	69
1:00	49	5:00	36	9:00	96	13:00	96	17:00	65	21:00	76
1:30	39	5:30	37	9:30	98	13:30	98	17:30	95	21:30	84
2:00	38	6:00	43	10:00	100	14:00	100	18:00	75	22:00	73
2:30	37	6:30	47	10:30	99	14:30	98	18:30	96	22:30	89
3:00	36	7:00	50	11:00	98	15:00	96	19:00	70	23:00	74
3:30	36	7:30	77	11:30	84	15:30	93	19:30	89	23:30	87

역률	0.88	등가임피던스	1.3 Ω	부하중심점전압	21500 V		
선로임피던스	실수부 1.43 %	노드1	노드2	노드3	노드4	노드5	노드6
허수부	2.97 %	1.43 %	3.47 %	3.47 %	3.47 %	3.47 %	3.47 %
선로길이	8 Km	10 Km	5 Km	7 Km	5 Km	5 Km	
부하용량	2 MW	2.5 MW	1.5 MW	1 MW	0.8 MW	1.2 MW	
분산전원용량	0.5 MW	0.4 MW	0.3 MW	0.5 MW	0.1 MW	0.2 MW	

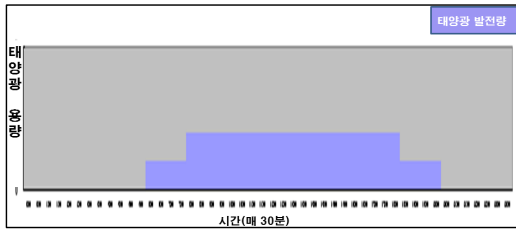
[그림 10] 모델 배전계통 데이터
[Fig. 10] Data for model distribution system



[그림 11] 모델계통 일부하 곡선
[Fig. 11] Daily load pattern of Model system

(2) 태양광전원의 출력패턴

그림 12는 태양광발전량의 출력 패턴을 나타낸 것으로 최소 1[MW], 최대 3[MW]까지 출력하는 것으로 가정하였다.



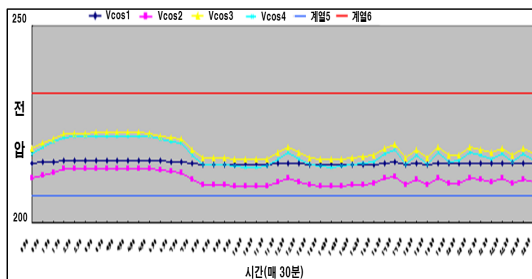
[그림 12] 태양광전원의 발전량
[Fig. 12] Output of PV system

5.2 시뮬레이션 결과

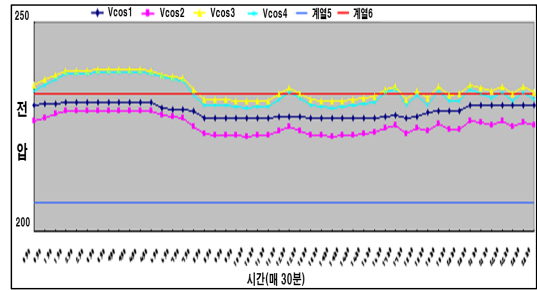
여기서는 SVR의 최적운용에 필수적인 요소인 LDC 정정치(부하중심점 전압과 등가임피던스)를 본 논문에서 제시한 평가시스템(최적운용알고리즘)으로 구하여, 분산전원이 연계된 배전선로의 전체 수용가전압이 적절한 범위(규정전압: $220 \pm 13[V]$)에 유지되는가를 평가하고, 다양한 LDC 정정치를 임의로 변동시켜 수용가전압의 특성을 분석하였다. 또한, 분산전원 연계용량을 파라메타로 변동시켜, 각 구간별로 수용가전압의 특성을 분석하였다.

(1) 부하중심점전압 변동에 따른 수용가전압

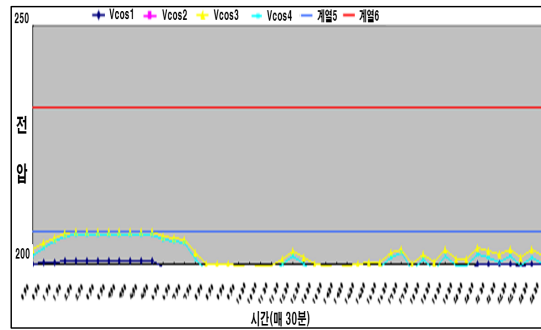
본 연구에서 제시한 SVR 최적 운용알고리즘에 의하여 분산전원이 연계된 배전시스템의 SVR의 최적 LDC 정정치를 구하면, 등가임피던스가 $1.3[\Omega]$ 이고, 부하중심점 전압이 $21,500[V]$ 임을 알 수 있었다. 이 값을 이용하여, SVR 평가시스템에 입력하여 수용가전압 특성을 분석하면 그림 13과 같다. 이상적인 부하중심점 전압 $21,000[V]$ 일 경우에는 배전시스템의 모든 수용가 전압이 규정전압 ($220 \pm 13[V]$)에 이내에 들어 적절한 전압특성이 유지됨을 알 수 있다. 그러나 그림 14와 그림 15와 같이 부하중심점 전압이 이상적인 부하중심점 전압보다 크거나, 작을 때는 수용가에 과전압($233V$ 이상, 상한선) 또는 저전압 ($207V$ 이하, 하한선)이 발생함을 확인하였다. 따라서 SVR의 LDC 정정치의 결정이 아주 중요한 요소임을 알 수 있다.



[그림 13] 부하중심점전압이 21,500V인 경우 특성
[Fig. 13] Case for load center voltage of 21,500V



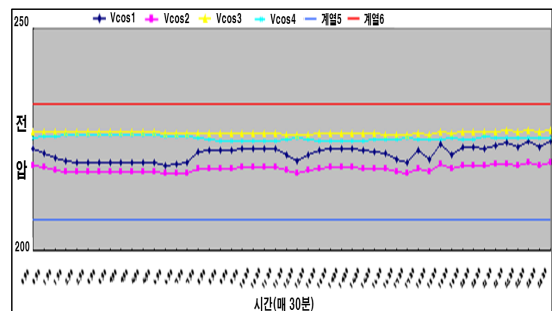
[그림 14] 부하중심점전압이 23,000V인 경우 특성
[Fig. 14] Case for load center voltage of 23,000V



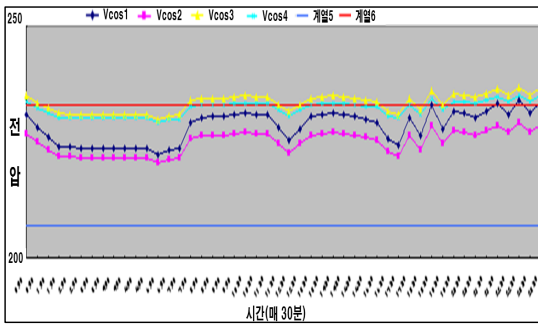
[그림 15] 부하중심점전압이 20,000V인 경우 특성
[Fig. 15] Case for load center voltage of 20,000V

(2) 등가임피던스 변동에 따른 수용가전압

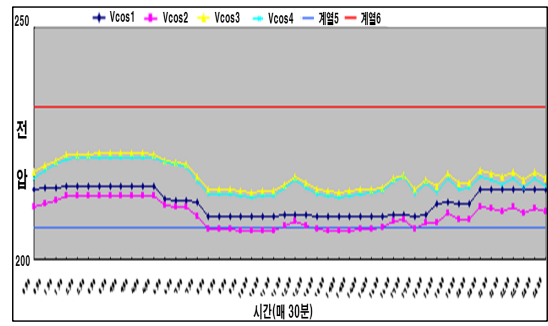
그림 16은 이상적인 등가임피던스가 적용되었을 경우의 수용가전압 특성곡선으로 전압이 적절하게 유지됨을 알 수 있었다. 그러나 그림 17, 그림 18과 같이 이상적인 등가임피던스보다 크거나, 작을 경우에는 수용가에 과전압 또는 저전압이 발생됨을 알 수 있었다.



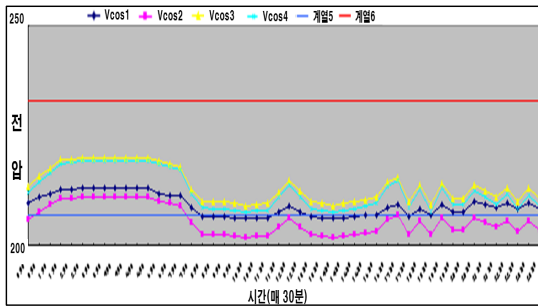
[그림 16] 등가임피던스가 1.3Ω 인 경우 전압특성
[Fig. 16] Case for equivalent impedance of 1.3Ω



[그림 17] 등가임피던스가 2Ω 인 경우 전압특성
[Fig. 17] Case for equivalent impedance of 2.0Ω



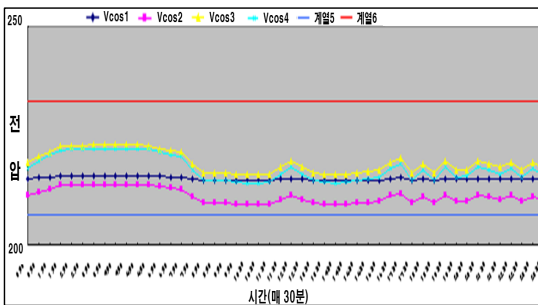
[그림 20] 태양광전원 용량이 4MW인 경우 특성
[Fig. 19] Case for PV capacity of 4MW



[그림 18] 등가임피던스가 0.8Ω 인 경우 전압특성
[Fig. 18] Case for equivalent impedance of 0.8Ω

(3) 분산전원연계용량에 따른 수용가 전압

그림 19와 같이 태양광발전의 연계용량이 2[MW]인 경우에는 수용가전압에 악영향을 끼치지 않음을 알 수 있지만, 그림 20과 같이 연계용량이 4[MW]까지 확대되는 경우에는 수용가에 저전압현상을 일으킴을 알 수 있었다. 이는 태양광전원의 역조류에 의하여 변전소의 전압조정장치의 LDC 값이 낮게 산정되어 예상이 되는 값이다.



[그림 19] 태양광전원 용량이 2MW인 경우 특성
[Fig. 19] Case for PV capacity of 2MW

6. 결 론

본 논문에서는 SVR의 LDC 송출방식의 최적운영 알고리즘을 제안하고, 이에 기반한 SVR 평가시스템을 제작하여, 다양한 시뮬레이션을 수행하였다. SVR의 최적운영에 필수적인 요소인 LDC 정정치(부하중심점 전압과 등가임피던스)를 본 논문에서 제시한 평가시스템으로 구한 수용가 전압특성과 임의로 변동시킨 값을 대입하여 구한 결과를 비교하여, 본 논문에서 제시한 알고리즘의 유용함을 확인하였다. 주요한 결과는 다음과 같다.

- (1) LDC 정정치 가운데 부하중심점 전압을 파라미터로 분석한 결과, 본 연구에서 제시한 알고리즘으로 구한 이상적인 경우(21,000[V])에는 배전시스템의 모든 수용가 전압이 규정전압(220±13[V])에 이내에 들어 적절한 전압특성이 유지됨을 알 수 있었다. 그러나 부하중심점 전압이 이상적인 부하중심점 전압보다 크거나, 작을 때는 수용가에 과전압 또는 저전압이 발생함을 확인하였다. 따라서 SVR의 LDC 정정책의 결정이 아주 중요한 요소임을 알 수 있다.
- (2) 본 연구에서 제시한 알고리즘으로 구한 이상적인 등가임피던스에서는 수용가전압 적정하게 유지됨을 알 수 있었지만, 이상적인 등가임피던스보다 크거나, 작을 경우에는 수용가에 과전압 또는 저전압이 발생됨을 알 수 있었다.
- (3) 태양광발전의 연계용량이 3[MW]까지는 수용가전압에 악영향을 끼치지 않음을 알 수 있었지만, 연계용량이 4[MW] 이상으로 증가하는 경우에는 수용가에 저전압현상을 일으킴을 알 수 있었다.
- (4) 상기의 시뮬레이션 결과에 따라 본 연구에서 제시한 SVR 평가시스템을 사용하면, 분산(태양광)전원의 연계에 따른 수용가전압의 특성을 구할 수 있을

뿐만 아니라 분산전원의 한계 도입용량과 도입위
치도 구할 수 있음을 확인하였다.

References

- [1] Shogo Watanabe, Shinichi Iwamoto, "A Voltage Control Strategy for Distribution Networks with Dispersed Generations", Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE
- [2] Miyoung Kim, Hara, R.; Kita, H, "Design of the Optimal ULTC Parameters in Distribution System With Distributed Generations", Power Systems, IEEE Transactions, 2009, Page(s): 297 - 305
- [3] "Guideline for interconnection with distributed sources", JEC 4201, Japan, 2002.4
- [4] EPRI, "Electricity Technology Road Map", 2003
- [5] "Manual for voltage management", Hokkaido power company, Japan, 2003.1
- [6] "Guideline for interconnection with wind power and standards for operation of distribution system", KEPRI, 2004
- [7] "Study on the improvement of voltage management in distribution system", KEPRI, 2003.10
- [8] James J. Burke, "Power Distribution Engineering", Dekker, Inc. pp. 320-348 (1994)
- [9] H. Soi, H. Yakabe, H. Kakimoto, T. Hayashi & M. Kanori, "Development of High Voltage Distribution Line Management System", IEEJP & Society, No.32 (1995)
- [10] 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
- [11] C. Chen, "The Effect of Voltage Control to Efficiency and Operation of Electric Distribution Systems", Ph.D. Thesis, University of Texas at Arlington (1982)
- [12] Lin C. E., Shiao Y. 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
- [13] Rho Daeseok, "Evaluation of customer voltage using simulator for voltage regulator in distribution systems with new energy power sources", KIEE, Summer Meeting, 2009.7
- [14] Rho Daeseok, "Optimal operation method for voltage regulator in distribution systems with new energy power sources", KIEE, Journal Volume 53A, No. 11, 2004. 11, 581~640pages

손 준 호(Joon-Ho Son)

[학생회원]



- 2009년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 전기공학전공 석사과정 재학중

<관심분야>

배전계통 운용, 분산형전원, 신재생에너지, 스마트그리드, 품질 해석

허 상 운(Sang-Wn Heo)

[정회원]



- 1998년 2월 : 한밭대학교 전기공학과 (공학사)
- 2009년 6월 : 건축전기설비기술사 취득
- 2009년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 전기공학전공 석사과정 재학중

<관심분야>

분산전원연계, 전력품질해석, 배전계통 보호협조, 스마트그리드

노 대 석(Dae-Seok Rho)

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1987년 3월 ~ 1998년 8월 : 한국전기연구소 연구원/선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수

<관심분야>

전력/배전 계통, 분산전원연계, 전력품질해석

김 의 환(Hwan-Eui Kim)

[정회원]



- 1996년 : 충남대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2001년 : 충남대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1995년 : 한전전력연구원 선임연구원
- 2006년 ~ 현재 : 한전전력연구원 책임연구원

<관심분야>

신재생에너지, 태양광