

태양광전원 수용가용 SVC 특성시험에 관한 연구

김찬혁*, 왕용필*, 한형주*, 김우호*, 노대석**
한국전기산업연구원*, 한국기술교육대학교**

Characteristic Test of Static Var Compensator for PV Ultimate Consumer

Chan-Hyeok Kim*, Yong-Peel Wang*, Hyeong-Ju Han*, Woo-Ho Kim*, Dea-Seok Rho**
Electrical Industry Research Institute of Korea*, Korea University of Technology and Education**

Abstract - 태양광전원이 수용가 연계하여 발전하는 경우 전원측에서 계측된 역률이 저하되는 현상이 발생 할 수 있다. 특히 전력산업구조 개편에 따라 전력공급자와 소비자 모두 전력품질과 계통의 안정성에 관심이 증대되어 계통의 역률은 중요한 부분이 되고 있다. 또한, 태양광전원 운용자들은 한전에서 제시하는 연계지점 역률 0.9이상을 만족시키도록 운용해야 하며, 연계지점의 역률의 변화에 따라 운용자의 이익에 영향을 미치므로 역률유지가 위해 노력이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 태양광전원이 연계되는 경우 역률이 저하되는 현상을 PSCAD/EMTDC로 이용하여 문제점을 분석하고, 태양광전원 수용가용 SVC를 개발하였다. 태양광전원용 실증시험 장치에 모의계통을 구성하여 개발한 SVC의 유효성을 입증하기 위해 특성시험을 수행하였다.

1. 서 론

태양광전원이 연계시 계통 연계지점의 역률 유지에 대한 문제점이 발생하여 계통전압의 안정도와 전력품질에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 특히, 선로의 전압변동, 전력손실 및 유효전력의 공급한계 측면에서 계통의 역률유지가 필요하다.

국내의 관련지침에서는 분산형전원에 대해서는 전기사용 부하와 같은 엄격한 역률 유지기준을 규정하지는 않지만, 현재 우리나라는 일반적인 전기사용 고객 부하의 경우 전압강하를 방지하기 위해 공급약관에 따라 역률을 0.9(기준역률) 이상으로 유지하도록 하고, 고객의 역률이 기준역률 초과 또는 미달시의 기본요금 감액(추가)하도록 규정하고 있다. 이에 분산형전원도 전기사용 부하와 마찬가지로 역률을 0.9이상으로 유지하도록 하고 있다. 다만 전압변동을 제한기준을 만족시키기 위해 역률의 제어를 통한 전압상승 방지가 불가피한 경우에는 최하 0.8까지 범위 내에서 설치자와 한전이 협의해 결정할 수 있다. 또한 분산형전원의 역률은 계통 측에서 볼 때 진상역률(분산형전원 측에서 볼 때 지상역률)이 되지 않도록 하고 있다.

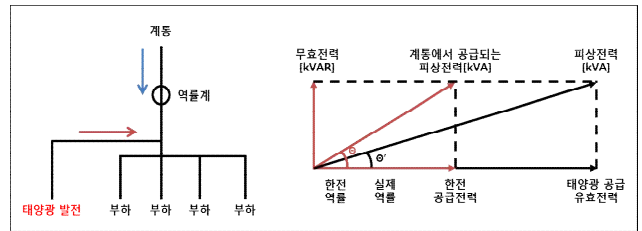
분산형전원의 운전역률은 선로의 역률에 영향을 미치게 된다. 분산형전원을 기준으로 운전역률을 1.0으로 운전할 때 계통에 유효전력만 공급하기 때문에 선로 역률은 악화되지만, 전력손실은 적어진다. 또한, 지상운전시 유효 및 무효전력을 모두 계통 측에 공급할 때 선로의 흐르는 무효전력이 감소로 전압안정도에는 유리하다. 한편, 진상운전시 유효전력은 계통에 공급하고 무효전력은 계통측으로부터 공급 받아야 한다. 이때 계통측에서 공급해야할 무효전력량은 증가하게 되어 무효전력보상설비가 증가되고 전압의 안정도에 악화를 초래한다. 따라서 수용가에 연계되는 분산형전원의 운전역률을 어떻게 설정할 것인가는 수용가 계통에 도입되는 그 규모의 크기에 따라 선로의 전압변동, 손실, 무효전력증가 등의 요소와 관련지어 결정해야할 대단한 중요한 요소이다.[1]

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 태양광전원이 연계시 역률저하현상을 대한 문제점을 분석하였다. 이상의 결과를 바탕으로 태양광전원 수용가용 SVC를 개발하여, 유효성을 입증하기 위해 특성시험을 수행하였다.

2. 태양광전원 연계시 역률저하현상 사례 분석

00시 하수처리장의 태양광전원을 계통에 연계에 되지 않을 경우 역률이 0.9이상이 되었으나, 500[kW] 태양광전원이 연계될 경우 전원측에서 계측된 역률은 0.4으로 현저하게 저하되는 현상이 발생하였다.[2]

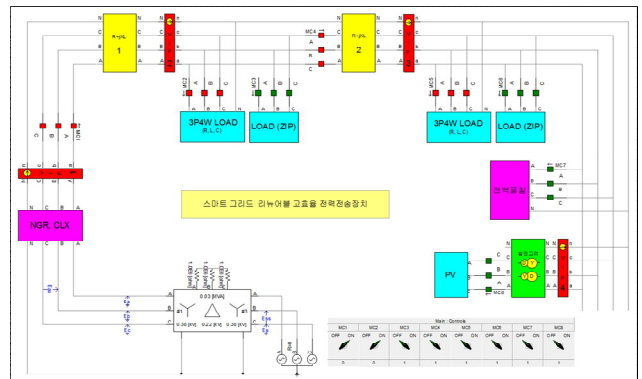
계통연계형 태양광전원설비에서는 상용전력과 태양광전원에 함께 전력을 공급하는데 태양광전원의 전력은 유효전력이므로 부하 측면에서는 계통에서 전력을 공급 받을 때와 다름이 없으나, 역률 측정지점에서는 계통에서 공급되는 유효전력이 태양광전원에서 공급되는 유효전력만큼 줄어들어 위상차가 커지면서 역률 저하가 발생되었다. 한전에서 공급되는 전력과 태양광 전원이 동시에 공급될 때의 벡터도를 나타내면 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 태양광발전이 동시에 공급될 때의 벡터도

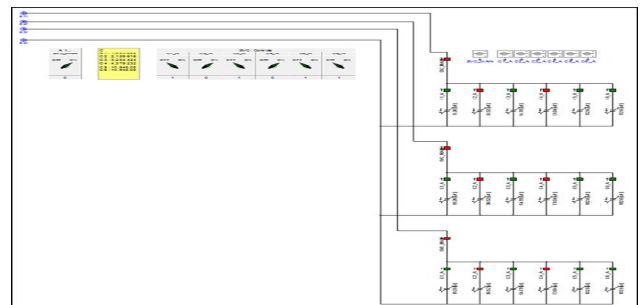
3. PSCAD/EMTDC를 이용한 SVC 시뮬레이션 및 분석

PSCAD/EMTDC를 이용하여 그림 2와 같이 태양광전원 연계시 역률저하 현상을 시뮬레이션 및 분석을 하였다.



〈그림 2〉 시뮬레이션을 위한 모의계통

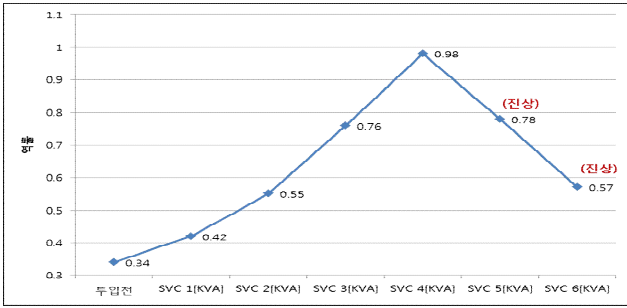
역률을 보상하기 위해 그림 3과 같이 SVC를 모델링하였다. 이 SVC는 간단하게 캐패시터를 조절하여 무효전력량을 조절할 수 있도록 모델링을 하였으며, 1[kVA]단위로 30[kVA]까지 무효전력량을 조절하여 역률보상을 할 수 있다.



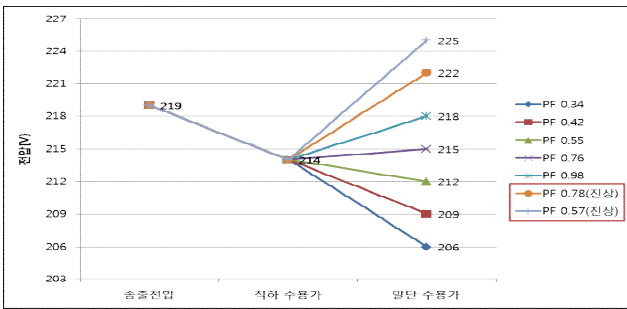
〈그림 3〉 태양광전원 수용가용 SVC 모델링

태양광전원이 계통에 연계되지 않을 경우 역률이 0.90이상이 되었으나, 태양광전원이 연계될 경우 계통 연계지점의 계측된 역률은 0.33으로 현저하게 역률이 저하되는 현상이 발생하였다. 이에 따른 대책으로 SVC를 1[kVA]단위로 4[kVA]까지 무효전력을 공급하여 0.98이상의 역률이 보상됨을 확인하였고, 전압도 개선됨을 그림 4와 같이 확인할 수

있다. 그러나, SVC 용량이 5[kVA]이상 투입시에서 계통 연계지점의 역률이 지상에서 진상으로 바뀌어 전기공급규정과 분산전원 배전계통 연계 기술기준에 맞지 않으므로 SVC 용량을 과투입하면 안된다. 따라서 계통의 현재 역률을 모니터링하여 적정하게 SVC 용량을 자동으로 투입할 필요가 있다.



(a) 역률

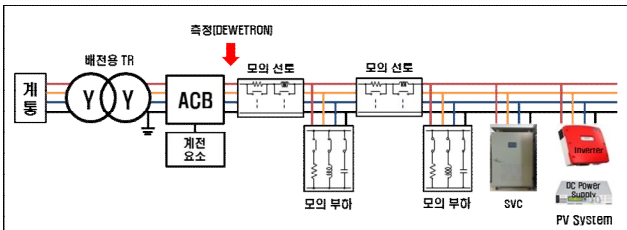


(b) 전압

<그림 4> SVC의 투입에 따른 역률보상 및 전압개선(PSCAD)

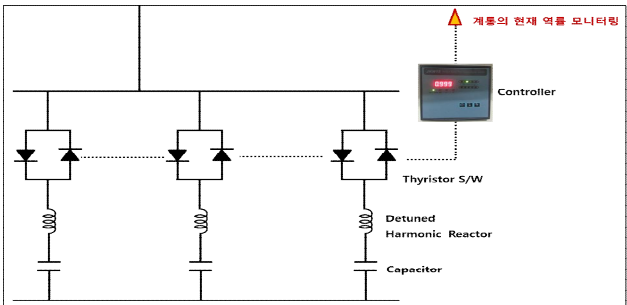
4. 태양광전원용 실증시험 장치를 이용한 SVC 특성시험

태양광전원이 계통에 연계되는 경우에 발생하는 기술적인 문제점을 시험할 수 있도록 그림 5과 같이 실험계통과 태양광전원을 축소 모의하여 태양광전원용 실증시험 장치를 제작하였다.[3] 이 실증시험 장치를 이용하여 개발한 SVC를 연계하여 특성시험을 수행하였다.



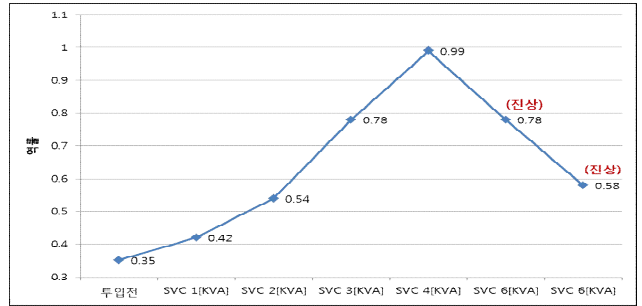
<그림 5> 태양광전원용 실증시험 장치의 구성도

태양광 전원이 연계된 수용가 설비의 역률 저하시 역률 보상을 위한 SVC(정지형 무효전력 보상장치)를 개발하였다. SVC의 구성은 그림 6과 같이 양방향으로 스위칭되는 사이리스터를 포함한 캐패시터와 인덕터로 구성된다. 또한 계통의 현재 역률을 모니터링을 하여 설정된 역률값에 따라 자동으로 역률조절이 가능하며, 1[kVA] 단위로 30[kVA]까지 무효전력을 투입하여 역률이 개선할 수 있도록 개발하였다.

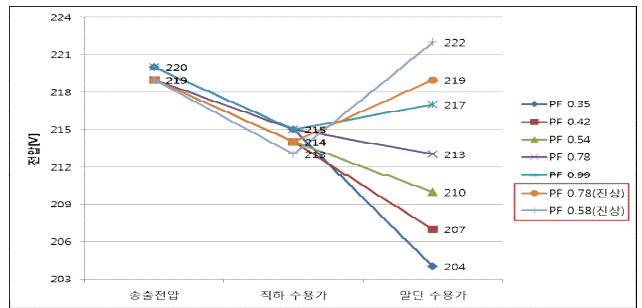


<그림 6> 태양광전원 수용가용 SVC의 구성도

태양광전원용 실증시험 이용하여 SVC 특성시험 결과를 분석하면 그림 7과 같이 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션 결과치가 거의 동일함을 확인하였다. 태양광전원이 연계될 경우 계통 연계지점의 계측된 역률은 0.34로 현저하게 역률이 저하되어 SVC를 수동모드로 1[kVA]단위로 6[kVA]까지 무효전력을 공급하여 역률이 보상되는 동시에 전압도 개선이 되었으며, 자동모드로 역률의 설정값(0.99)에 따라 계통측 역률을 모니터링을 하여 적정한 SVC 4[kVA]용량을 투입해 역률보상 및 전압 개선됨을 확인할 수 있었다.



(a) 역률



(b) 전압

<그림 7> SVC의 투입에 따른 역률보상 및 전압개선(시험장치)

5. 결 론

태양광전원이 수용가 연계하여 발전하는 경우 계통 연계지점에서 계측된 역률이 저하되는 현상을 PSCAD/EMTDC로 이용하여 문제점을 분석하고, 태양광전원 수용가용 SVC를 개발하였다. 이를 바탕으로 태양광전원용 실증시험 장치에 모의계통을 구성하여 개발한 SVC의 특성시험을 수행한 결과 역률보상 및 전압이 개선됨을 확인하였다.

따라서, 태양광전원이 수용가에 연계시 계통 연계지점의 역률 유지에 대한 문제점을 사전에 방지하여 계통전압의 안정도와 전력품질에 대한 대책을 마련할 수 있으며, 태양광 운용효율을 향상시켜 태양광 발전사업자의 경제적 이익을 추구할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김호용 외 3인, “분산전원의 배전계통 도입전망과 대책”, 전기학회지, 제45권, 10호, p23~31, 1996년
- [2] 김동조, “태양광 발전설비에서의 역률 저하 현상과 대책”, 한국전기기술인협회 전력기술인, 6월호, p21~23, 2011년
- [3] 한국전기산업연구원, “스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 제어장치 개발”, 최종보고서, 2013
- [4] 한국전기산업연구원, “스마트그리드 리뉴어블 고효율 전력전송장치 개발”, 1차년도 연차보고서, 2015

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20131020400720)