

정지형무효전력발생기의 능동출력러파특성에 대한 연구

김철준, 한명성, 조승일

현시기 전자공업의 급속한 발전으로 전자장치들에서 고조파들이 많이 발생하고 그로 인한 무효전력손실이 증대됨으로써 전력망의 급격한 전압변동과 선로에서의 전력손실, 설비의 오동작 등 력률과 전기의 질이 떨어지는 심각한 문제들이 제기되고있다.[1, 2] 3상4선식 정지형무효전력발생장치는 380V의 비평형전력계통에서도 정상적으로 동작하면서 배전망의 무효전력을 동적으로 보상하여 력률을 높이고 고조파를 려파하여 THD를 낮추는것과 함께 3상전류를 평형시켜 부하비평형을 없애는 작용을 한다. 여기에서 나서는 중요한 문제의 하나가 바로 부하측에서 요구되는 무효전류와 부하가 발생하는 고조파성분을 정확히 측정하여 제때에 보상하여주는것이다.

본문에서는 실시간성이 좋고 정확도가 높은 순시무효전력리론에 의한 한가지 검출방법을 제안하고 MATLAB로 모의를 진행하여 알고리즘의 정확성을 확증하였다.

그림 1에 보상전류검출방법의 원리도를 보여주었다.

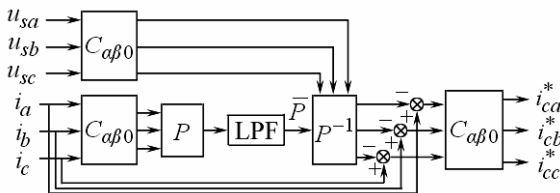


그림 1. 보상전류검출방법원리도

그림 1에서 알수 있는바와 같이 먼저 3상전압 (u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}) 과 부하측에서의 3상전류 (i_a, i_b, i_c) 를 측정하고 이 값들에 대하여 다음과 같은 자리표변환을 진행한다.

$$C_{\alpha\beta 0} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

자리표변환을 통하여 $\alpha\beta 0$ 자리표에서의 전압 $u_{s\alpha}, u_{s\beta}, u_{s0}$ 과 전류 $i_{\alpha}, i_{\beta}, i_0$ 을 얻게되며 여기로부터 부하측의 순시유효전력 p 를 구할수 있다. 즉

$$p = u_{s\alpha} \cdot i_{\alpha} + u_{s\beta} \cdot i_{\beta} + u_{s0} \cdot i_0. \quad (2)$$

3상전류가 비시누스파이고 또 대칭이 아니므로 순시유효전력은 순시유효전력의 직류성분 \bar{P} , 순시유효전력의 고조파성분 \tilde{P} , 3상계통의 역상전류로 인한 \hat{P} 으로 갈라지게 된다.

$$P = \bar{P} + \tilde{P} + \hat{P} \quad (3)$$

저역통과려파기(LPF)를 거쳐 유효전력의 직류성분 \bar{P} 를 갈라낸 다음 $\alpha\beta 0$ 자리표에서의 3상유효전류성분 $i_{\alpha}^*, i_{\beta}^*, i_0^*$ 을 다음과 같이 구할수 있다.

$$\begin{bmatrix} i_{\alpha}^* \\ i_{\beta}^* \\ i_0^* \end{bmatrix} = \frac{\bar{P}}{u_{s\alpha}^2 + u_{s\beta}^2 + u_{s0}^2} \begin{bmatrix} u_{s\alpha} \\ u_{s\beta} \\ u_{s0} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$\alpha\beta 0$ 자리표변환을 거친 부하전류에서 윗식의 유효전류성분을 덜어내면 보상하려는 전류 $i_{ca}^*, i_{cb}^*, i_{c0}^*$ 이 얻어지게 된다. 여기에 다시 $C_{\alpha\beta 0}^{-1}$ 변환을 하면 기본파유효성분

$$\begin{bmatrix} i_a^* \\ i_b^* \\ i_c^* \end{bmatrix} = \frac{1}{3E^2} C_{23} C_{pq} \begin{bmatrix} \bar{P} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2} I_1 \cos \varphi_1 \sin \omega t \\ \sqrt{2} I_1 \cos \varphi_1 \sin(\omega t - 120^\circ) \\ \sqrt{2} I_1 \cos \varphi_1 \sin(\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix} \quad (5)$$

가 얻어지고 결과적으로 실지 3상부하전류 i_a, i_b, i_c 에서 i_a^*, i_b^*, i_c^* 을 덜어내면 abc 자리표에서 매개 상에 보상되어야 할 보상전류 $i_{ca}^*, i_{cb}^*, i_{cc}^*$ 이 얻어지게 된다.

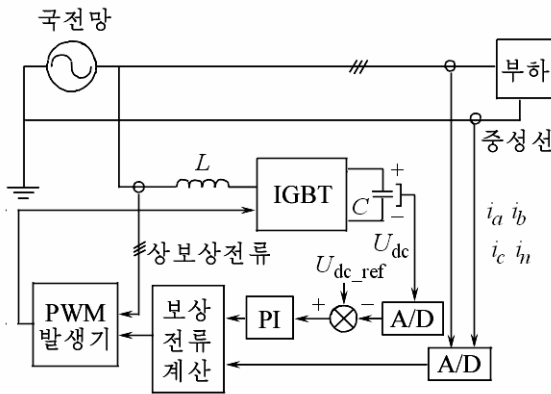


그림 2. 3상4선식 STATCOM의 조종체계구성도

형을 측정하고 분석을 진행하였다.

우선 A, B, C 상에 각각 35kVA의 대칭인 비선형부하를 연결한 경우의 전압과 전류, 중성선전류파형을 그림 3에 보여주었다.

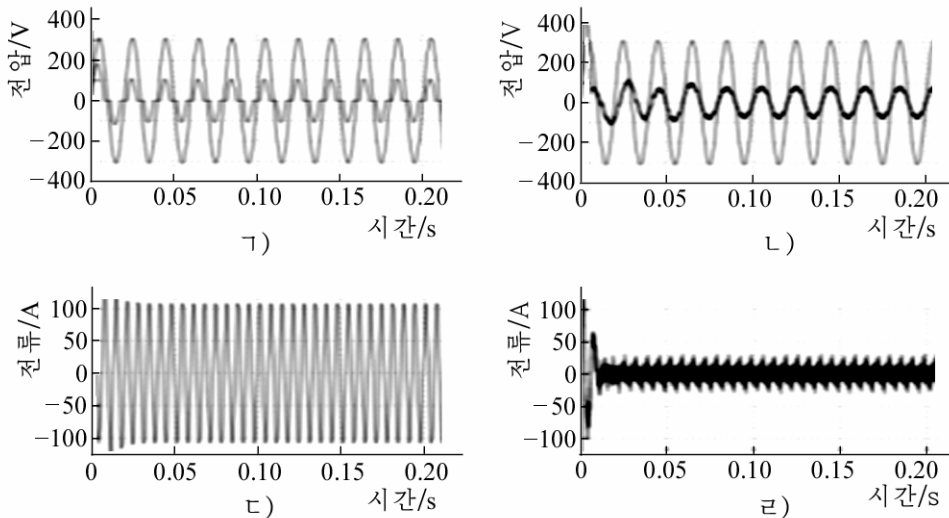


그림 3. A, B, C 상에 각각 35kVA의 대칭인 비선형부하를 연결한 경우

매 상의 전압 및 전류파형과 중성선에서의 전류파형

1) STATCOM을 연결하지 않은 경우 매 상의 전압 및 전류파형, 2) STATCOM을 연결한 경우

매 상의 전압 및 전류파형, 3) STATCOM을 연결하지 않은 경우 중성선에서의

전류파형, 4) STATCOM을 연결한 경우 중성선에서의 전류파형

우의 파형들에 대한 FFT분석을 진행한 결과를 표 1과 2에 주었다.

표 1. STATCOM을 연결하지 않은 경우

고조파성분비교표					
주파수/Hz	50	150	250	350	450
진폭	76.6	29.06	7.27	3.86	3.48
비율/%		37.94	9.49	5.04	4.54

표 2. STATCOM을 연결한 경우

고조파성분비교표					
주파수/Hz	50	150	250	350	450
진폭	74.5	1.53	2.95	2.1	1.9
비율/%		2	3.93	2.81	2.55

표 1, 2에서 보는바와 같이 STATCOM을 연결하지 않은 경우 3차고조파성분이 37.94%에 달하던 전류파형을 STATCOM을 연결하면 2%까지 낮아져 파형의 THD를 훨씬 개선할 수 있다는것을 알수 있다.

다음 임의의 한상의 부하가 급격히 변할 때 실험로 A상에 20kVA의 유도성부하를 걸고 동작을 진행하다가 0.25~0.4s사이에 25kVA의 비선형부하를 더 걸었을 때의 모의실험 결과를 그림 4에 보여주었다.

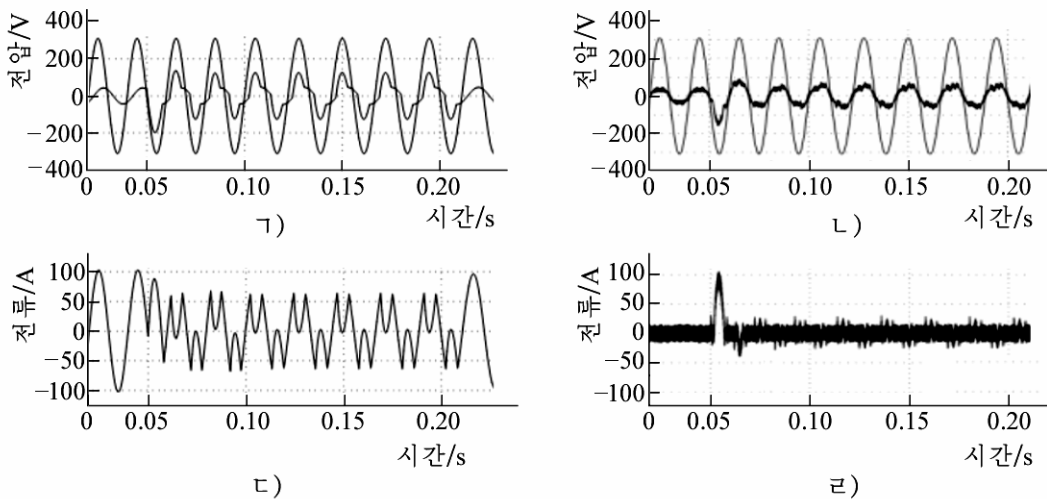


그림 4. 한상의 부하가 급격히 변할 때의 전압 및 전류파형과 중성선에서의 전류파형
 가) STATCOM을 연결하지 않은 경우 부하가 변화된 상의 전압 및 전류파형, 나) STATCOM을 연결한 경우 부하가 변화된 상의 전압 및 전류파형, 다) STATCOM을 연결하지 않은 경우 중성선에서의 전류파형, 라) STATCOM을 연결한 경우 중성선에서의 전류파형

그림 4에서 보는바와 같이 반주기내에 추종을 진행하여 전압파형과 전류파형의 위상을 일치시키고 전류파형을 시누스파형으로 만들어주어 THD를 낮추어 주며 중성선전류가 현저히 줄어든다는것을 알수 있다.

끝으로 3상부하가 비대칭인 경우 즉 A상에만 30kVA의 부하를 걸고 B, C상에는 아무런 부하도 없는 경우에 대한 모의실험을 진행하였다.

모의실험결과로부터 STATCOM을 연결하지 않은 경우에는 A상의 전류가 그대로 중성선을 통하여 흐르게 된다.

그러나 STATCOM을 연결하면 부하전류가 A, B, C상에 골고루 분포되어 흐름으로써 부하의 평형이 이루어지게 된다. 그리고 이때에도 역시 STATCOM을 연결하면 중성선에서의 전류가 대단히 작아진다.

맺 는 말

3상대칭비선형부하조건과 비대칭조건, 부하전류에 고조파성분이 들어있는 경우를 가상하여 모의를 진행하였다. 모의결과는 순시무효전력리론을 리용하여 검출한 보상전류값이 실시간적으로 정확히 얻어지며 STATCOM이 우월한 보상성능을 가지고있다는것을 보여준다.

참 고 문 헌

- [1] M. Rastogi et al.; Proceedings of 2015 RAECS UIET Panjab University Chandigarh 21-22nd, 12, 68, 2015.
- [2] M. Murali et al.; IEEE International Conference on Power Electronics(ICPEICES-2016), 9, 1, 2016.

주체107(2018)년 5월 5일 원고접수

Study on Active Power Filtering Characteristic of the Static Var Generator

Kim Chol Jun, Han Myong Song and Jo Sung Il

We proposed the method of detecting harmonic current and reactive one in the situation of electrical network voltage distortion. The simulation experiment results shows that the static var generator which is direct-current control can compensate unbalanced reactive power of low-voltage power system and eliminate the high harmonic and zero sequence currents effectively.

Key words: static var generator, harmonic current, reactive power