

직-병렬 능동전력필터 시스템에 의한 전력품질 개선과 제어 개념

김 성 호\*      김 영 석      김 성 환  
 인하대학교      인하대학교      인하대학교

Unified Active Power Filter System and control Concept for Improving Power Quality

Seong-Ho Kim\*      Young-Seok Kim      Sung-Hwan Kim  
 Inha University      Inha University      Inha University

**Abstract** - 본 논문에서는 고조파 보상과 역률 보상을 실시하고, 사고 등에 의한 전원 전압강하 시 전압 보상을 실시하여 전력 품질을 향상시킬 수 있는 성능함수 이론에 근거한 알고리즘을 제안하였다. 고조파와 역률에 대해 각각 보상 작용하도록 직렬형 전력능동 필터에서는 고조파에 대한 보상 전압만을 발생, 제어하고, 병렬형 전력능동 필터에서는 역률에 대한 보상 전류만을 발생, 제어한다. 또한, 전압 강하에 대한 보상은 직렬형 전력능동 필터에서 실시하며, 각 능동필터의 보상은 성능함수 이론을 근거로 하여 추출해낸다. 제안된 성능함수 알고리즘을 정의하고 알고리즘을 적용시키기 위한 직렬형 능동필터와 병렬형 능동필터가 통합된 3상3선식 시스템을 제안하고, 3kVA의 시스템을 제작하여 실험을 실시하였다. 제시된 실험 결과들은 알고리즘의 타당성과 유효성을 검증한다.

변동에 대해서도 우수한 보상 특성을 보여준다.[5]  
 기존에 설치된 수동필터와의 병용시스템으로 인해 작은 용량을 갖는 능동 전력 필터로도 고조파 보상이 실현 가능하게 되어 경제적인 기대효과도 노릴 수 있게 되었다.[6-7]

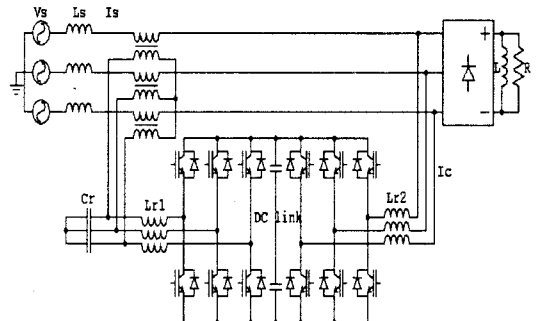
본 논문에서는 병렬형 능동 전력필터와 직렬형 능동 전력필터를 병용하여 전력 품질 개선을 도모하고자 통합된 능동 전력필터 시스템을 그림 1에 제시하였다. 각 능동 전력필터는 그 특성을 고려하여 고조파 보상과 역률 보상에 대해 각각 개별적인 동작을 하도록 제어된다. 각 능동 전력필터를 제어하기 위해 성능함수를 이용한 알고리즘을 제안하고, 제안된 알고리즘의 타당성과 유효성을 입증하고자 실험을 실시하였다.

1. 서    론

최근 다이오드 정류기나 다이리스터 정류기 등의 반도체 스위칭 디바이스를 사용하는 각종 장치들이 급속히 증가하고 있는데, 이러한 다이오드 정류기나 다이리스터 정류기는 비선형 부하로 동작하여 전력품질을 저하시키는 주요한 원인이 되고 있다. 따라서, 최근까지 이러한 비선형 부하에 의해 발생하는 전원 측의 왜곡 문제를 해결하기 위한 연구가 오랜 기간동안 행해져왔다. [1]

종래의 해결 방안들은 수동필터에 의한 것들이었으나 수동필터는 특정차수의 고조파 성분만을 제거할 수 있다는 단점을 지니므로 전력계통에 광범위한 차수의 고조파가 존재하는 경우 만족스러운 보상 효과를 기대하기 어렵다. 따라서, 이러한 단점을 보완하기 위해 능동 전력필터에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. [2-4]

능동 전력필터는 일반적으로 병렬형 능동 전력필터와 직렬형 능동 전력필터로 구분되는데, 병렬형 능동 전력필터는 다이오드 정류기와 같은 비선형 부하에 큰 인덕턴스 성분이 존재하는 경우 부하측이 고조파 전류원으로 작용하게 되고, 일정dc 전류가 흐르게 되어 적절한 보상이 가능하게 되지만, 커패시턴스와 같은 성분이 존재하여 용량성 부하가 될 경우에는 부하측이 고조파 전압원으로 작용하고, 능동 전력필터가 주입하는 보상 전류가 부하측에도 흐르게 되므로 고조파를 제거할 수 없음은 물론 직렬 공진에 의해 오히려 다이오드 정류기에 흐르는 고조파 전류를 증대시켜 과전류를 초래할 위험이 있다. 이에 병렬형 능동 전력필터에 직렬리액터를 삽입하여 이를 보완하고자 하였으나, 이는 전압강하를 일으킬 뿐만 아니라 비경제적이다. 이러한 문제들을 해결하고자 직렬형 능동 전력필터가 새로이 연구되었다. 직렬형 능동 전력필터는 시스템에 결합임압기를 이용하여 직렬로 접속되어 고조파에 대해 큰 임피던스로 작용하여 이를 차단시키는 효과가 있다. 이로 인해 용량성 부하에 대해서도 효과적인 고조파 보상을 가능하게 했으며, 또한 각종 사고에 의한 전원 전압의 상승, 강하 등의 전원 전압



2. 제어 알고리즘

본 절에서는 성능 함수를 이용한 3상 3선식 직렬-병렬 능동 전력필터 통합 시스템에서의 제어 알고리즘과 각 능동 전력필터의 보상 원리에 대해 알아본다.

2.1 직렬형 능동 필터의 보상 원리

기존의 능동 전력필터의 제어에서 다루어왔던 순시 무효전력은 부하에 의해 발생된 무효전력을 의미했지만, 본 절에서 제안하는 알고리즘에서는 능동 전력필터로부터 발생된 무효전력을 순시 무효전력이라 정의한다. 이는 전력 시스템 상의 어느 한 상을 통해서 능동 전력필터로 유입되는 전력은 다른 상으로 즉시 공급되므로 능동 전력필터는 유효전력을 발생하지 않기 때문에 유효한 것이다.

따라서, 새롭게 정의된 순시 무효전력  $q_k$ 는 능동 전력필터의 각 상에서 발생하는 전력으로 나타낸다.

$$q_k = v_{ck} \cdot i_{sk} \quad (k = a, b, c) \quad (1)$$

식 (1)에서  $k$ 는 3상의 각 상을 나타내는 a, b, c이며,  $v_{\alpha}$ 는 능동 전력필터가 발생시키는 각 상의 보상 전압,  $i_{\alpha}$ 는 각 상의 전원 전류를 나타낸다.

또한, 능동 전력필터는 순시 유효전력을 발생하지 않으므로, 능동 전력필터에서 발생되는 모든 전력은 부하로 전달되지 않고, 각 상 사이에서 회전하는 무효전력 성분이 된다. 따라서, 식 (1)을 다음 식 (2)와 같이 능동 전력필터에서 발생되는 전력의 합을 0으로 나타낼 수 있다.

$$\sum_{k=a,b,c} g_k = v_{ca}i_{sa} + v_{cb}i_{sb} + v_{cc}i_{sc} = 0 \quad (2)$$

본 논문에서 다루는 3상 3선식 전력계통의 경우는 전원 전압이 평형인 경우 증성선이 존재하지 않기 때문에 3상 전압과 전류의 영성분이 존재하지 않는다. 따라서, 능동 전력필터에서 발생되는 보상 전압은 또한 다음의 식 (3)을 만족한다.

$$v_{ca} + v_{cb} + v_{cc} = 0 \quad (3)$$

능동 전력필터의 보상 전압은 식 (2)와 식 (3)을 만족하면서 다음에 정의하는 성능 함수를 최소화시키는 전압으로 결정된다.

$$L = (v_{La} - v_{ca})^2 + (v_{Lb} - v_{cb})^2 + (v_{Lc} - v_{cc})^2 \quad (4)$$

식 (4)에서  $v_{La}$ ,  $v_{Lb}$ ,  $v_{Lc}$ 는 각 상의 부하 전압을 나타내며, 각 항들은 각 상 부하 전압과 보상 전압의 차의 제곱의 형태를 갖는다. 부하 전압은 보상 전압의 첨가로 인해서, 고조파 성분이 제거되어 정현파의 형태를 갖게 되며, 부하전압이 정현파에 가까워 질수록 식 (4)는 최소화된다.

그러므로, 3상 3선식 시스템에서 고조파 전압원으로 동작하는 용량성 부하에 의해 발생된 고조파를 능동 전력필터에서 보상하기 위해서는, 식 (4)의 성능 함수를 최소화하는  $v_{ca}$ ,  $v_{cb}$ ,  $v_{cc}$ 를 식 (2)와 식 (3)을 이용하면서 다음의 미분식 식 (5)를 통해 유도해 내야한다.

$$\frac{dL}{dv_{ca}} = 0, \quad \frac{dL}{dv_{cb}} = 0, \quad \frac{dL}{dv_{cc}} = 0 \quad (5)$$

식 (5)를 통해 유도된  $v_{ca}$ ,  $v_{cb}$ ,  $v_{cc}$ 는 제안된 능동 전력필터의 보상 지령 전압으로 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} v_{ca} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sb} - i_{sc}) \cdot q}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \\ v_{cb} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sc} - i_{sa}) \cdot q}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \\ v_{cc} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sa} - i_{sb}) \cdot q}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서,

$$q = \frac{1}{\sqrt{3}} \{ (i_{sb} - i_{sc})v_{La} + (i_{sc} - i_{sa})v_{Lb} + (i_{sa} - i_{sb})v_{Lc} \} \quad (7)$$

식 (6)은 식 (2)의 조건을 만족함으로써 얻어진 결과식이므로, 식 (7)의 순시 무효전력  $q$ 는 기존의 'P-q 이론'에서의 순시 무효 전력의 정의식과 일치한다. 이것은 'P-q 이론'에서의 무효전력의 정의식인 식(8)과 식(9)와 식(10)을 대입하여 연산함으로써 증명할 수 있다.

$$q = v_{La}i_{sb} - v_{Lb}i_{sa} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} v_{La} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \left( v_{La} - \frac{1}{2}v_{Lb} - \frac{1}{2}v_{Lc} \right) \\ v_{Lb} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \left( \frac{\sqrt{3}}{2}v_{Lb} - \frac{\sqrt{3}}{2}v_{Lc} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} i_{sa} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \left( i_{sa} - \frac{1}{2}i_{sb} - \frac{1}{2}i_{sc} \right) \\ i_{sb} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \left( \frac{\sqrt{3}}{2}i_{sb} - \frac{\sqrt{3}}{2}i_{sc} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} q &= \frac{1}{\sqrt{3}} (v_{La}i_{sb} + v_{Lb}i_{sc} + v_{Lc}i_{sa} - v_{La}i_{sc} - v_{Lb}i_{sa} - v_{Lc}i_{sb}) \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} \{ (i_{sb} - i_{sc})v_{La} + (i_{sc} - i_{sa})v_{Lb} + (i_{sa} - i_{sb})v_{Lc} \} \end{aligned} \quad (11)$$

따라서, 보상 지령 전압 안에는 순시 무효전력의 직류 성분과 교류성분을 모두 포함하고 있으며, 고조파만 보상할 경우 순시 무효전력의 교류성분만을 보상 성분으로 사용하면 된다. 따라서, 고조파 보상을 위한 능동 전력필터의 최종 보상 지령 전압은 다음의 식 (12)와 같다.

$$\begin{aligned} v_{ca} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sb} - i_{sc}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \\ v_{cb} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sc} - i_{sa}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \\ v_{cc} &= \frac{\sqrt{3}(i_{sa} - i_{sb}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sa}i_{sc} - i_{sb}i_{sc})} \end{aligned} \quad (12)$$

제안된 방법은 기존의 능동 전력필터 제어 방법과는 달리 능동 전력필터를 기준으로 순시유효, 무효전력을 정의하였으며, 성능함수를 통해 보상전압을 직접 도출해내므로 Gain설정이 필요 없고, 상 변환을 하지 않고 결과 식인 식 (12)만을 통해 연산하므로 간단하게 제어할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

전력 계통상에 사고 등의 이유로 전원 전압에 불평형이 발생시 이에 대한 전압 보상을 위한 방법으로서 대칭 좌표법을 이용한 전원 상태의 해석이 가능하다.

불평형 전원 전압은 아래의 식으로 표현해 낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \\ V_{\gamma} \end{pmatrix} &= V_1 \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_1) \\ \sin(\omega t + \alpha_1 - \frac{2}{3}\pi) \\ \sin(\omega t + \alpha_1 + \frac{2}{3}\pi) \end{pmatrix} + V_2 \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_2) \\ \sin(\omega t + \alpha_2 + \frac{2}{3}\pi) \\ \sin(\omega t + \alpha_2 - \frac{2}{3}\pi) \end{pmatrix} \\ &+ V_0 \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_0) \\ \sin(\omega t + \alpha_0) \\ \sin(\omega t + \alpha_0) \end{pmatrix} + \sum V_h \end{aligned} \quad (13)$$

식 (13)에서 첨자 1은 정상분을, 첨자 2는 역상분을, 첨자 0은 영상분을, 그리고 첨자 h는 고조파 성분을 각각 나타낸다. 이를 역상분과 동기하는 회전 좌표축 상으로 표현하기 위해 Park's 변환행렬식 (14)을 이용하면 식 (15)처럼 쓸 수 있다.

$$[T] = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos \omega t & \cos \left( \omega t + \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \left( \omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \\ \sin \omega t & \sin \left( \omega t + \frac{2}{3} \pi \right) & \sin \left( \omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$\begin{pmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{pmatrix} = V_1 [T] \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_1) \\ \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi + \alpha_1\right) \\ \sin\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi + \alpha_1\right) \end{pmatrix} + V_2 [T] \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_2) \\ \sin\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi + \alpha_2\right) \\ \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi + \alpha_2\right) \end{pmatrix} + V_0 [T] \begin{pmatrix} \sin(\omega t + \alpha_0) \\ \sin(\omega t + \alpha_0) \\ \sin(\omega t + \alpha_0) \end{pmatrix} + \sum (T Y_h) \quad (15)$$

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \\ V_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \sin(2\alpha + \alpha_1) \\ V_1 \cos(2\alpha + \alpha_1) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_2 \sin \alpha_2 \\ -V_2 \cos \alpha_2 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ V_0 \sin(\alpha + \alpha_0) \end{pmatrix} + \sum (V_h) \quad (16)$$

위의 수식 (16)에서 볼 수 있듯이 동기 좌표상에서 역상 성분은 직류 성분으로, 정상분은 120Hz의 교류 성분으로, 영상분은 그대로 영상분 교류 성분으로, 그리고 여러 고조파들도 교류 성분으로 표현됨을 알 수 있다. 이 경우에는 역상분을 보상하기 위하여 저역통과 필터를 사용하여 d축과 q축상의 직류 성분들을 추출하여 보상 전압으로 한다면 역상분을 보상할 수 있다.

그림 2 는 고조파 보상과 전압 보상을 위해 제안된 알고리즘의 제어 블록다이어그램을 나타내고 있다. 3상 전원 전류와 3상 부하 전압으로부터 식 (7)에 의해 순시 무효전력  $q$ 를 연산하고, 이를 저역통과 필터를 통해 순시 무효전력의 dc성분을 검출해내어 이를 다시 순시 무효전력에서 빼줌으로써 순시 무효전력의 교류성분  $\bar{q}$ 를 검출해낸다. 이렇게 얻어진 보상치와 대칭좌표법을 이용하여 구한 부하전압의 래퍼런스과 비교하여 최종적인 전압 보상 성분을 도출해낸다.

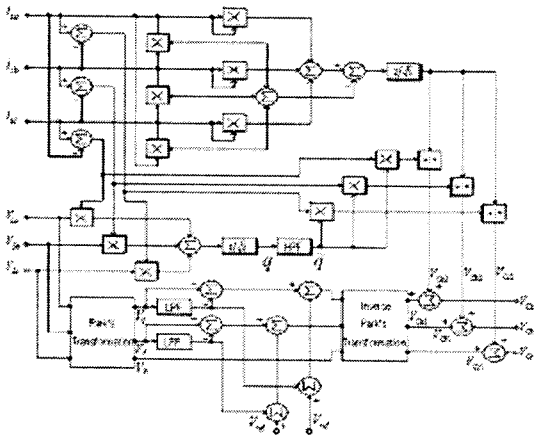


그림 2 병렬형 능동 필터의 보상 알고리즘

구해진 보상 전압은 불평형에 대한 전압 보상과 고조파 성분에 대한 보상만을 할 수 있으며, 직렬형 능동 전력 필터의 제어 알고리즘이다.

## 2.2 병렬형 능동 필터의 보상 원리

역률 보상을 위한 제어는 병렬형 능동 전력필터에서 수

행하며, 보상 목적이 역률 개선에 있으므로, 순시 무효전력의 직류성분  $\bar{q}$ 만을 구해 보상해 준다. 직렬형 능동 필터의 보상치를 구하는 방법과 같은 이론에서 출발하여 보상치를 도출해내며, 역률 개선을 위한 병렬형 능동 전력필터의 보상 전류를 구하면 다음의 식 (16)과 같다.

$$\begin{aligned} i_{ca}^* &= \frac{\sqrt{3}(i_{sb} - i_{sc}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sb}i_{sc} - i_{sc}i_{sa})} \\ i_{cb}^* &= \frac{\sqrt{3}(i_{sc} - i_{sa}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sb}i_{sc} - i_{sc}i_{sa})} \\ i_{cc}^* &= \frac{\sqrt{3}(i_{sa} - i_{sb}) \cdot \bar{q}}{2(i_{sa}^2 + i_{sb}^2 + i_{sc}^2 - i_{sa}i_{sb} - i_{sb}i_{sc} - i_{sc}i_{sa})} \end{aligned} \quad (16)$$

그림 3 은 역률 보상을 위해 제안된 알고리즘의 제어 블록다이어그램을 나타내고 있다. 3상 전원 전압과 3상 부하 전류로부터 순시 무효전력  $q$ 를 연산하고 이를 저역통과 필터를 통해 순시 무효전력의 직류성분  $\bar{q}$ 를 검출해 낼 수 있다.

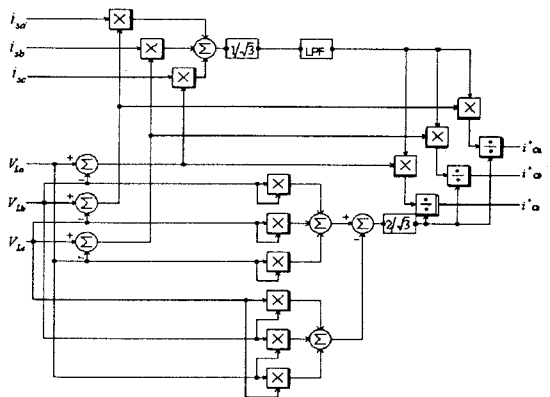


그림 3 병렬형 능동 필터의 보상 알고리즘

위의 제안된 방법들은 기존의 방법과는 달리 능동전력 필터를 기준으로 순시 유효, 무효 전력을 정의 하였으며, 성능함수를 통해 보상전압을 직접 도출해내므로 gain 설정이 필요 없고, 상변환을 하지 않고 결과적인 식(12)와 식(16)을 갖고 DSP를 통해 연산하므로 간단하게 제어할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

## 2.3 시스템 구성 및 실험 결과

제안하는 직렬-병렬 통합 시스템은 3상 3선식 시스템이며, 두 개의 능동 전력필터는 3상 풀 브리지 인버터로 구성되어 있고, 각 출력단에는 인버터에서 발생하는 스위칭 리플을 저감시키기 위해 인덕터와 커패시터가 연결되어 있다. 제안된 능동 전력필터의 타당성을 확인하기 위하여 3kVA 의 시스템을 제작하여 실험하였다. IGBT의 정격은 600V/50A 이며, DSP는 TMS320C6701을 사용하여 제어하였다.

전원 전압 $V_s$	100[V], 60[Hz]
전원 인덕턴스 $L_s$	0.1[mH]
결합 변압기 권수비	2:1
부하 인덕턴스	15[mH]
부하 저항	30[Ω]
인버터 DC link 커패시턴스	4700[μF]

표 1 시스템 회로 정수

그림 4는 보상 전 즉, 시스템에 능동 전력필터가 연결되지 않았을 경우의 파형이다. 부하에 의해 다량의 고조파가 포함되어 있고 역률 또한 저하되어 있음을 알 수 있다.

그림 5 그림 9는 보상 후의 각 단의 파형들을 차례로 보여준다. 고조파에 대한 보상과 역률 보상에 대해 효과적인 동작을 하고 있음을 증명한다.

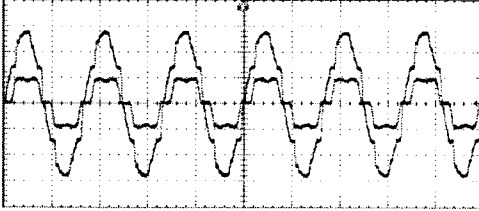


그림 4 보상 전의 전원 전압과 전원 전류 파형

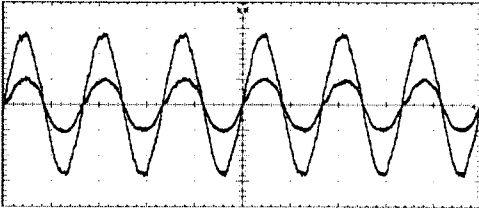


그림 5 보상 후의 전원 전압과 전원 전류 파형

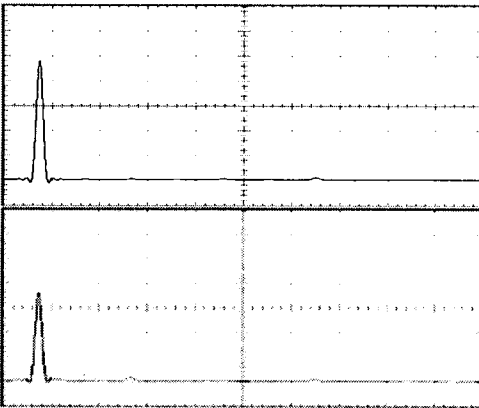


그림 6 전원 전압과 전원 전류의 고조파 스펙트럼

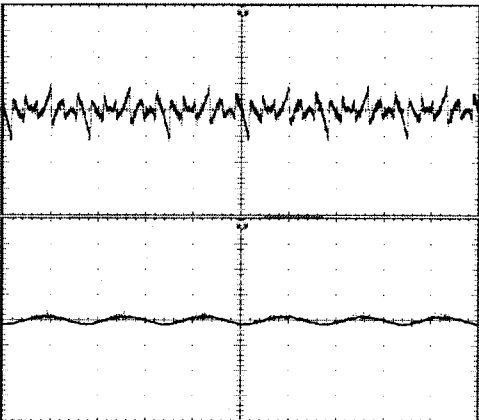


그림 7 전압 레퍼런스과 전류 레퍼런스

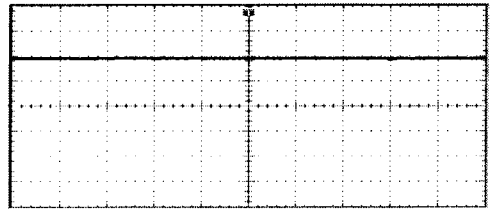


그림 8 DC link 전압

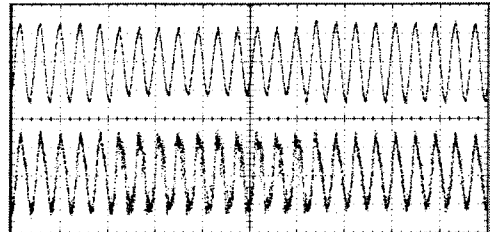


그림 9 전원전압의 0.8배 감소시 전압보상된 부하 전압

제한한 알고리즘에 의거하여 실험을 실시한 결과, 제시된 파형들에서 보는 것처럼 제안된 시스템은 고조파 보상 및 전압 보상과 역률 보상에 대해 효과적인 동작을 하고 있음을 알 수 있다. 전원 전압과 전원 전류에 대한 보상특성이 상당히 양호하여, a상 기준으로 볼 때 전원 전압의 경우 보상 전의 THD가 약 9.35%에서 보상 후 약 2.7%로 개선되었고, 전원 전류의 경우 보상 전 약 24.3%에서 보상 후 약 3.0%로 고조파 함유율이 현저히 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 이는 IEEE에서 요구하는 고조파 규제치를 충분히 만족하고 있음을 증명해 보이는 결과이다. 그림 9에서는 전원 단에 0.8배의 전압 강하가 발생 시 수용가에 해당하는 부하 전압의 보상 동작이 잘 수행되고 있음을 보여주고 있으며, 역률 또한 개선되어 보상 전 0.93에서 보상 후 거의 unity 하게 되므로 병렬형 능동 전력필터 역시 양호한 동작을 하고 있음을 확인할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 부하의 특성에 따라 전원단에 유기되는 고조파를 억제하고 역률을 개선시키기 위해 보다 효과적인 시스템 및 알고리즘을 제안하였다. 또한 전원단 전압의 변동 문제 발생시에도 보상 작용할 수 있도록 대칭좌표법을 이용한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 능동 전력필터와 무효전력의 관계를 이용하여 성능함수를 정의하고, 이 성능함수를 최소화함으로써 전원측에 발생하는 고조파를 최소화하고 역률을 개선시킬 수 있으며, 대칭좌표법을 이용한 알고리즘의 적용으로 전원단에 발생한 전압 변동 문제를 해결할 수 있음을 실험 결과를 통해 증명하였다. 또한 성능함수를 이용하여 보상 지령치를 직접 도출하기 때문에 상변환을 이용하는 기존의 보상 알고리즘에 비해 비교적 연산이 간단한 것이 장점이라 하겠다. 제안된 알고리즘의 적용을 위해 직렬-병렬 능동 전력필터의 통합 시스템을 제시하였고, 이는 고조파 보상과 역률 개선에 대해 각각 별개의 동작을 하도록 제어되었으며, 제시된 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘 및 시스템이 우수한 보상 특성을 나타냄을 확인하였다. 최근 업무용이나 사무용 빌딩에 채택되고 있는 3상 4선식 전력계통에 설치하는 경우에도 알고리즘의 변형을 통해 적용 가능하며, 이때는 중성선의 특성에 대한 고려가 요구된다. 또한, 기존에 설치된 수동필터와 병용하여 운용할 시 더 우수한 보상 특성과 경제적인 기대효과가 예상되며, 전력 품질 개선에 크게 기여할 것이라 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] L.Gyugyi, E.C.Strycula, "Active ac Power Filter", Proc. I EEE IAS Annual Meeting, pp.529-533, 1976.
- [2] F.Z.Peng, G.W.Ott, D.J.Adams, "Harmonic and Reactive Compensation Based on the Generalized Instantaneous Reactive Power Theory for 3-Phase 4-Wire System", IEEE Trans. on Power Electronics, vol.13, no.6, pp.1174-1181, 1998.
- [3] T.Furuhashi, S.Okuma, Y.Uchiakwa, "A Study on the Theory of Instantaneous Reactive Power", IEEE Trans. on Industry Electronics, vol.37, no.1, pp.86-90, 1990.
- [4] H.Akagi, "New Trends in Active Filters for Power Conditioning", IEEE Trans. on Industry Applications, vol.32, no.6, p.1312-1322, 1996.
- [5] Hideaki Fujita, Hirofumi Akagi, "The Unified Power Quality Conditioner: The Integration of Series- and Shunt- Active Filters", IEEE Trans. on Power Electronics, vol.13, no.2, pp.315-322, 1998.
- [6] F.Z.Peng, H.Akagi and A.Nabea, "A New Approach to Harmonic Compensation in Power Systems - A Combined System of Shunt Passive and Series Active Filter", IEEE Trans. Industry Applications, vol.26, no.6, pp.983-990, 1990.
- [7] S.Bhattachaya et al., "Synchronous Frame Harmonic Isolation using Active Series Filter", EPE FIRENZE conf. Record, vol.3, pp.30-35, 1991.