

受配電 시스템의

에너지 節約 · 利用合理化

3/ 액티브 콘덴서

지금까지 수전설비의 역률 조정에는 진상콘덴서가 사용되었고 콘덴서뱅크의 投入-解列에 따라 Step 모양으로 제어하여, 역률 개선효과는 0.98~0.97 정도가 일반적이었다. 그러나 省에너지(에너지 節約 · 利用合理化)에 대한 관심이 높아지는 가운데, 부하기기에 대해서는 파워일렉트로닉스 기술을 이용한 인버터화 등에 의하여 省에너지화가 도모되고 있다. 또한 코제너레이션의 설치에 의한 설비 전체로서의 에너지의 유효활용도 이루어져, 역률조정에서도 변동이 적고 가능한 한 고역률을 유지할 것을 요망하고 있다. 또 省에너지화에 크게 기여하고 있는 인버터 등에서 발생하는 전기공해라고도 할 수 있는 고조파전류가 많이 발생하고, 이 고조파전류의 유입으로 진상콘덴서의 과열 · 이음발생 등의 이상을 일으키는 경우가 최근에 많이 발생하고 있다. 이와 같은 배경에서 액티브필터 제어기술을 적용하여 전력용콘덴서를 사용하지 않는 무효전력 보상장치인 액티브 콘덴서(Active Condenser)를 제품화하여 시장에 내놓았다.

액티브 콘덴서는

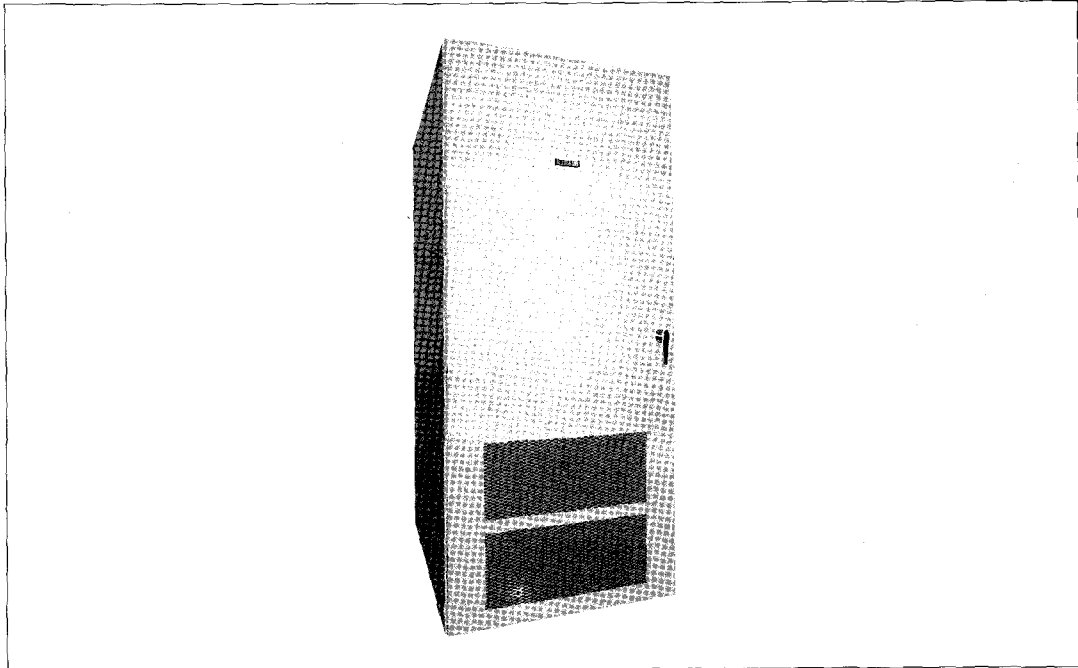
- 무효전류 연속제어에 의하여 전원역률을 1.0으로 유지
- 고속응답성
- 대용량 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)소자의 채용에 의한 소형화
- 고조파의 영향을 받지 않음

등 지금까지의 진상콘덴서에는 없는 우수한 장점이 있어, 省에너지와 고조파문제에 유효한 수단이 되고 있다.

1. 머리말

최근, 인버터응용기기가 엘리베이터 등의 산업용기기에서 OA기기 · 가정용기기에 이르기까지 폭넓게 이용되어 省에너지화와 기기의 제어성 향상에 크게 기여하고 있다. 수전설비의 역률 조정에는 지금까지 진상콘덴서가 사용되고 Step모양의 무효전력에 의한 조정이 이루어지고 있다. 그러나 省에너지화를 위해 역률의 변동

량을 적게 하거나 가능한 한 1.0에 가깝게 하기 위해서는 콘덴서뱅크를 세분화하여 세세하게 잘 투입할 필요가 있다. 그러나 수전설비에 진상콘덴서를 설치하면, 고조파전류의 유입으로 진상콘덴서는 과열 · 소음 등이 발생하거나 특정 고조파를 증대시키는 일이 일어나게 된다. 한편 액티브 콘덴서는 공진특성을 갖는 전력용콘덴서를 사용하고 있지 않기 때문에 특정 고조파를 증대시킬 염려가 없고 장치 자신도 고조파의 영향을 받지



〈액티브 콘덴서 400kVA〉

무효전력보상을 목적으로 하는 액티브콘덴서의 인버터반의 외관이다.
3相 6,600V 사양으로, 가로 3,000mm, 세로 735mm, 높이 2,300mm이다.

않기 때문에, 고조파 발생량이 큰 계통에도 설치할 수 있어 상시 역률을 1.0으로 유지할 수가 있다.

또 아크爐·용접기·방전가공기 등을 사용하고 있는 공장에서는 Flicker에 의한 조명의 어린거림이나 전자 기기의 오동작, 제품의 고르지 않음 등의 문제가 일어나고 있다. 대용량전동기를 사용하는 일반공장이나 스키장 등에서는 전동기 기동시에 생기는 전압변동으로 조명의 어린거림과 설비의 오동작문제 등이 발생한다.

액티브 콘덴서는 전력용 콘덴서설비와는 달리 IGBT 소자를 사용한 PWM(Pulse-Width Modulation) 인버터회로에 의하여 순시에 보상하기 때문에, 進相에서 遲相까지 무효전력을 연속제어하거나 Flicker의 억제와 급격한 부하변동에 대해서도 우수한 보상효과를 발휘한다.

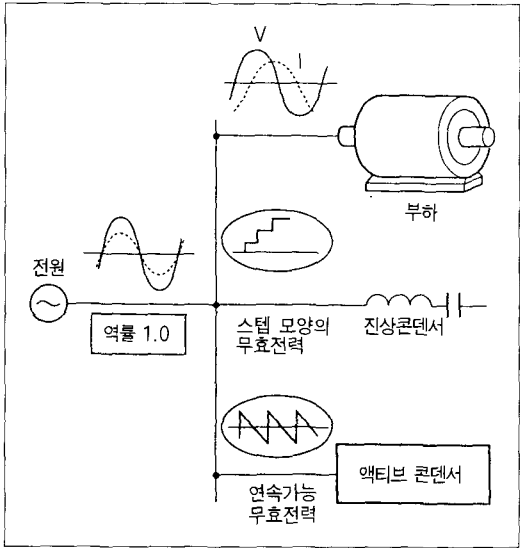
同社の 액티브 콘덴서는 6,600V/440V로 200~

1,200kVA 제품을 내놓고 있다.

2. 액티브 콘덴서의 基本動作

그림 1에 액티브 콘덴서(Active Condenser)의 접속방식을 표시하였다. 액티브 콘덴서는 부하설비와 병렬로 접속되어, 부하전류에 포함되는 무효전류·유효전류를 감시하고 보상출력한다.

그림 2에는 액티브 콘덴서의 주회로구성을 표시하였다. 인버터부는, 주회로소자로서 IGBT 모듈을 사용한 전압형 인버터로 구성되고 순시전류 비교를 거친 고주파 PWM 제어에 의하여 부하전류의 변화에 대해 고속 추종이 가능하다. 인버터는 교류전압 E_1 을 발생하는 전압원으로 볼 수 있으며, 리액터를 통하여 전원계통과 접속되기 때문에 액티브 콘덴서에 흐르는 전류 I_A 는 전



〈그림 1〉 액티브콘덴서의 접속방식

원전압 E_s 와 인버터 출력전압 E_i 와의 電壓差로 정해져 다음 식으로 표현할 수 있다. 이때 X 는 그림2에 표시하는 리액터의 인피던스를 나타낸다.

$$I_A = \frac{E_s - E_i}{X} \dots\dots\dots(1)$$

따라서 인버터의 출력전압 E_i 를 조정함으로써 진상·지상전류를 보상할 수가 있다.

(1) 無負荷모드

$E_s = E_i$ 으로 함으로써 $I_A = 0$ 이 된다.

(2) 進相電流制御모드

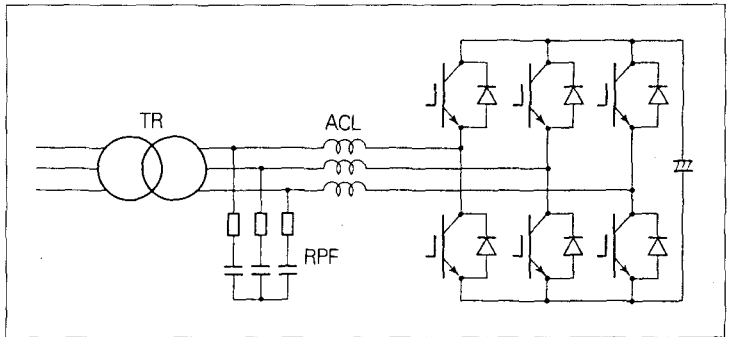
E_s 와 E_i 를 같은 위상으로 또 $E_s < E_i$ 로 하면 I_A 는 진상전류가 되어 진상전류제어가 가능하게 된다.

(3) 遲相電流制御모드

E_s 와 E_i 를 같은 위상으로 하고 $E_s > E_i$ 로 하면 I_A 는 지상전류가 되어 지상전류제어가 가능하게 된다.

3. 액티브 콘덴서의 特徵

(1) 電源力率改善



〈그림 2〉 액티브콘덴서의 주회로 구성

- 진상무효전류에서 지상무효전류까지 무단계로 제어할 수 있기 때문에 언제나 전원역률을 1.0으로 유지할 수가 있다.
- 계통에 진상부하가 있어도 지상출력에 의해 이것을 상쇄시켜 전원전압의 상승을 억제할 수가 있다.

(2) 高速應答

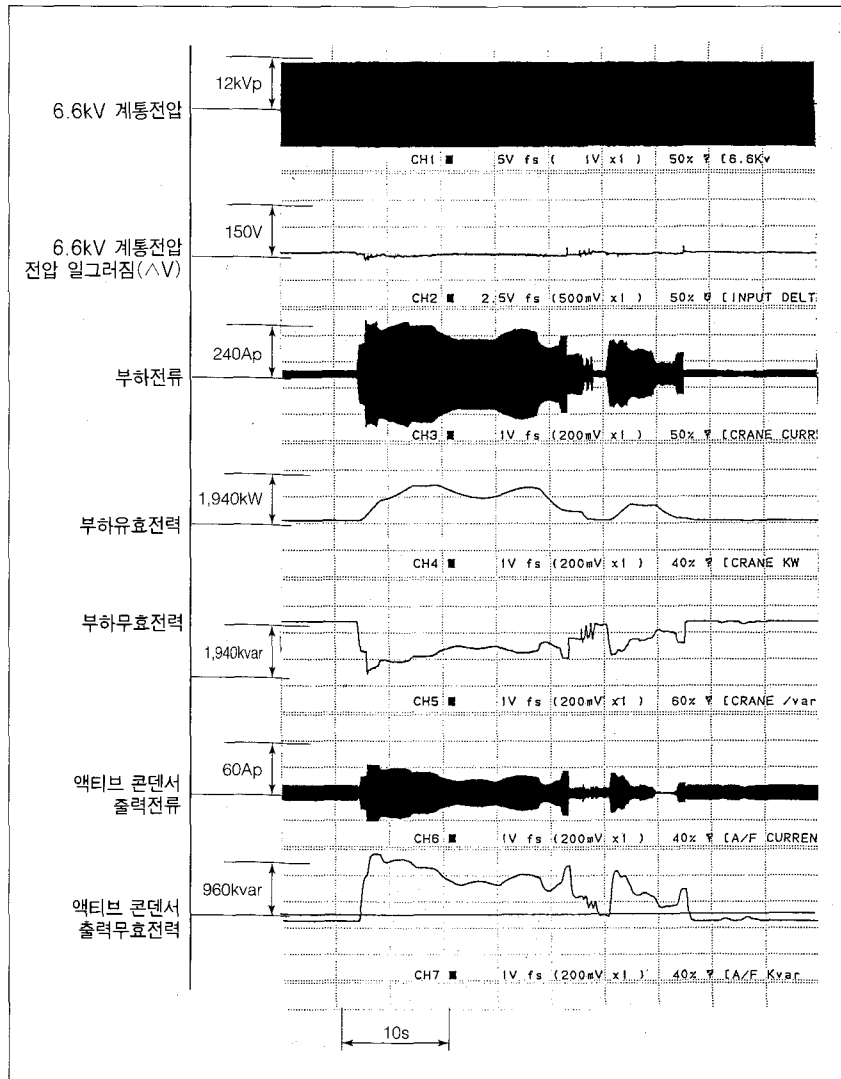
- IGBT의 고주파스위칭 제어로 순시부하 변동에 응답할 수 있는 고속제어성능을 실현하고 있다.
 - 용접기·방전가공기 등의 전압Flicker를 억제하여 전력회사의 규제치를 지킬 수 있다.
 - 순시부하 변동에 따른 전압변동을 방지하여 설비운전의 오동작(기동 실패 또는 정지)을 방지한다.
- 그림 3에 대형전동기 기동시의 전압변동 보상특성을 표시한다.

(3) 高調波의 영향을 받지 않는다.

- 액티브 콘덴서는 액티브필터 제어기술을 적용한 장치이기 때문에 계통에 고조파의 영향을 전혀 받지 않는다. 고조파 발생부하의 역률 조정에 안심하고 사용할 수 있다.

(4) 소형화·대용량화

- 대용량 IGBT소자의 사용으로 장치의 소형화와 대용량화가 가능하다.
- 공장 등에서 스페이스의 유효활용이 가능하다.



〈그림 3〉 대형전동기 기동시의 전압변동보상 특성

4. 개략사양

표 1에 장치의 시리즈구성과 일반사양을, 표 2에 장치의 盤치수와 質量을 표시하였다.

5. 無效電力補償(力率 개선)의 動作

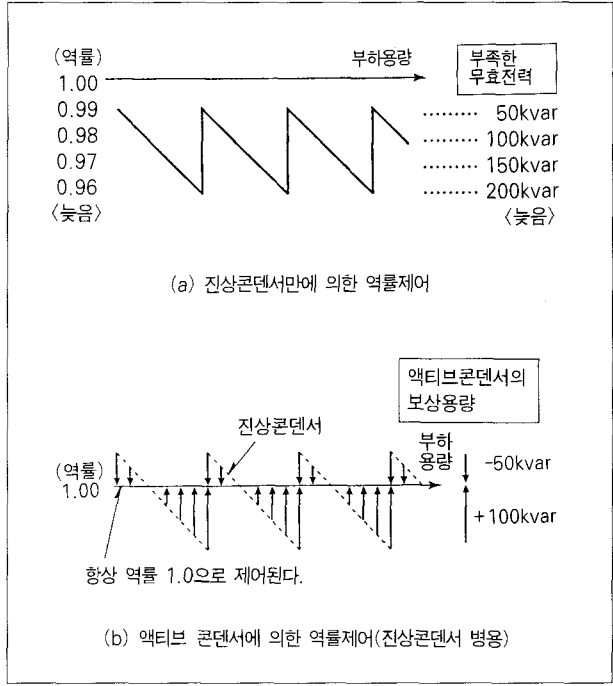
진상콘덴서에 의한 역률 제어는 콘덴서 뱅크의 투입-

解列에 의하여 Step狀으로 무효전력을 변화시키기 때문에 역률 1을 실현하기는 곤란하고 0.98~ 0.97 정도가 일반적이다. 액티브 콘덴서는 무효전력을 진상·지상의 전범위에 걸쳐 공급할 수 있기 때문에 진상콘덴서와 조합함으로써 경제적으로 역률 1을 실현할 수 있어, 전원설비용량과 전력요금의 대폭적인 저감이 가능하게 된다.

〈표 1〉 액티브 콘덴서의 일반사양

항 목	표 준 사양	비 고	
정격용량(kVA)	200, 400, 600, 1,200		
전 원 조건	상수	3相 3 선	
	정격전압	440V, 6,600V	220V도 제작가능
	정격주파수	50/60Hz	
	주파수변동범위	±5%	
방 식	전압형인버터방식		
응 답 시 간	1ms		
냉 각 방 식	강제풍냉식		
주 위 조건	주위온도	0~40℃	
	습도	30~85%	結露하지 않을 것
	표고	1,000m 이하	
	설치장소	옥내(부식성가스, 먼지가 없는 장소)	
도 장 색	내외면 : 문셀 5Y7/1		

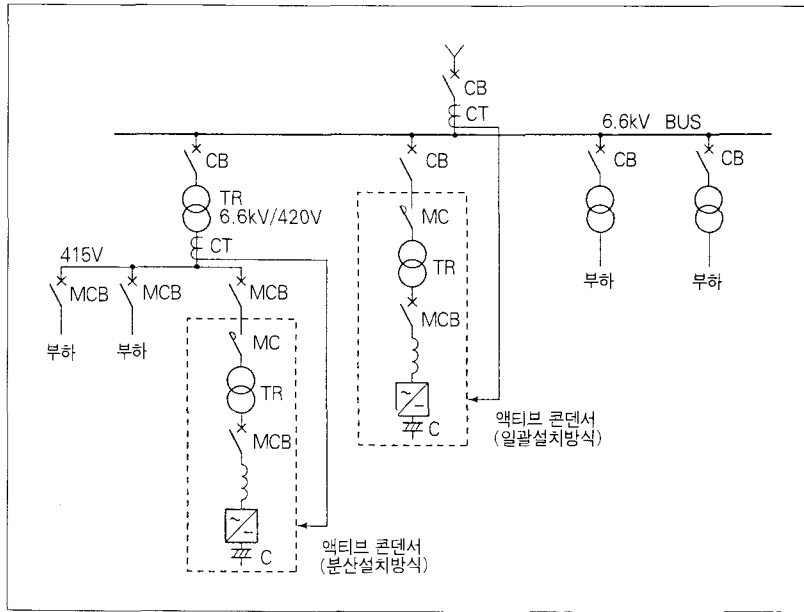
그림 4에 액티브 콘덴서와 진상콘덴서를 조합하여 사용하였을때의 동작개요를 표시하였다. 진상콘덴서에 의하여 스텝狀으로 무효전력(진상용량)을 변화시켜, 부하용량(지상용량)이 적어져 결과적으로 진상이 될 경우에



〈그림 4〉 進相콘덴서 사용에 의한 역률제어

〈표 2〉 액티브 콘덴서의 외형치수·중량

전 압(V)	정격용량 (kVA)	치 수(mm)			중 량 (kg)
		가로(W)	세로(D)	높이(H)	
440	200	1,600	1,400	2,300	2,500
	400	3,000	1,400	2,300	3,800
	600	3,000	1,400	2,300	4,000
	1,200	4,800	1,400	2,300	7,200
6,600	200	1,600	1,400	2,300	2,700
	400	3,000	1,400	2,300	4,200
	600	3,800	1,400	2,300	5,100
	1,200	4,800	1,400	2,300	8,000



〈그림 5〉 액티브콘덴서의 설치방식

는 액티브 콘덴서는 지상의 무효전력을 발생시켜 역률을 1로 제어한다. 또 부하용량이 진상콘덴서의 무효전력(진상용량)보다 크게 되어 결과적으로 지상이 될 경우에는 액티브 콘덴서는 진상의 무효전력을 발생시켜, 진상콘덴서의 부족분을 보상하여 역률을 1로 제어하도록 동작한다. 이와 같이 액티브 콘덴서는 진상콘덴서를 보완하여 진상·지상용량을 공급함으로써 항상 역률을 1로 제어한다.

6. 設置方式의 비교

설치방식을 그림 5에 표시하였다.

(1) 分散設置方式

분산설치방식은 각 변압기의 저압Feeder 단위로 분산설치되어 설치대수가 많아지지만 변압기에 무효전력이 흐르지 않기 때문에 변압기의 이용률을 높게 잡을 수 있다.

(2) 一括設置方式

일괄설치방식은 일반적으로 고압측에서 보상하기 때문에 저압측에서의 역률 개선효과는 그리 기대할 수 없으나 분산설치방식에 비하여 설치대수가 적다.

7. 맺 음 말

이상 액티브 콘덴서의 적용 예를 포함하여 장치에 대하여 개략적으로 기술하였다.

액티브 콘덴서는 無段階로 진상·지상의 무효전력보상을 할 수가 있고 기존의 전력용콘덴서와 같이 고조파전류의 영향을 받지 않는다. 액티브 콘덴서의 설치는 고조파가 많은 계통에서도 전원역률을 1.0으로 유지할 수 있어 고조파문제와 省에너지에 유효한 수단이 되고 있다. 또 전력용 콘덴서와의 병용은 경제적으로 전원역률 1.0을 실현할 수 있는 이점이 있다. ☒

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.