



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0065372
(43) 공개일자 2011년06월15일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.
H02J 3/26 (2006.01) G01R 29/16 (2006.01)
H02M 7/04 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-0123703
(22) 출원일자 2010년12월06일
심사청구일자 2011년03월07일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2009-277824 2009년12월07일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
가부시끼가이샤교산세이사꾸쇼
일본국가나가와켄요코하마시쓰루미구헤이안쵸오2쵸오메29반치노1</p> <p>(72) 발명자
유즈리하라 이쓰오
일본국 가나가와켄 요코하마시 쓰루미구 헤이안쵸 2쵸메 29반치 1 가부시끼가이샤 교산세이사꾸쇼 내
다카야나기 아쓰시
일본국 가나가와켄 요코하마시 쓰루미구 헤이안쵸 2쵸메 29반치 1 가부시끼가이샤 교산세이사꾸쇼 내
하타 요시히사
일본국 가나가와켄 요코하마시 쓰루미구 헤이안쵸 2쵸메 29반치 1 가부시끼가이샤 교산세이사꾸쇼 내</p> <p>(74) 대리인
강일우</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 20 항

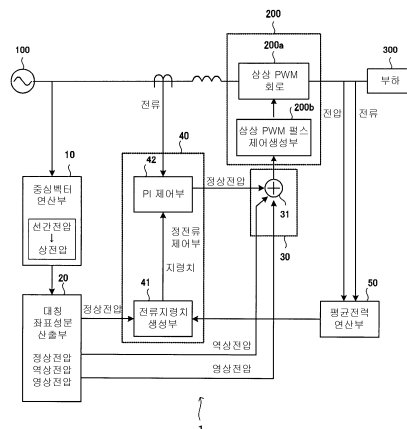
(54) 불평형 전압 보상방법, 불평형 전압 보상장치, 삼상 컨버터의 제어방법, 및 삼상 컨버터의 제어장치

(57) 요약

삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, 선간전압의 순시치로부터, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y결선의 Y상 전압의 순시치를 도출한다.

일반적인 삼상 배전 계통의 삼상 불평형의 선간전압을 대상으로 하여, 선간전압으로부터 중심 벡터 연산에 의한 Y상 전압에의 변환 수법을 이용하여, 선간전압의 삼상 불평형 전압의 순시치로부터, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압의 삼상 불평형 전압과 영상분 전압의 순시치를 도출한다. 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 전력 변환에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과, 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정을 구비한다

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 전력 변환에 있어서,

삼상 교류의 각 선간전압으로부터 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심(重心) 벡터 연산공정과,
 상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분(symmetrical component) 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과,

삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정을 구비하고,

상기 중심 벡터 연산공정은,

상기 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 상기 벡터 연산에 의해서 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하여, 상기 각 벡터 전압을 서로 120° 의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 하고,

상기 불평형 전압 보상공정은,

상기 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 상기 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120° 의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 상기 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은,

상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및, q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상(正相) 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상(逆相) 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은,

역상분(逆相分) 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분(正相分) 전압 및 역상분(逆相分) 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분(零相分) 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상방법.

청구항 5

삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 전력 변환에 있어서,

삼상 교류의 각 선간전압으로부터 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산부와,

상기 중심 벡터 연산부에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출부와,

삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상부를 구비하고,

상기 중심 벡터 연산부는,

상기 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 상기 벡터 연산에 의해서 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 상기 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로서 출력하고,

상기 불평형 전압 보상부는,

상기 대칭분 산출부에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하여 출력하고, 상기 대칭분 전압 및, 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 상기 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 대칭분 산출부는,

상기 중심 벡터 연산부에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및, q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하고, 상기 불평형 전압 보상부에 출력하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상장치.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서, 상기 대칭분 산출부는,

역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출하고, 상기 불평형 전압 보상부에 출력하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상장치.

청구항 8

제 5 항 내지 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 불평형 전압 보상부는,

선간전압의 1측정시점의 실측치에 대해서 하나의 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상장치.

청구항 9

삼상 교류 전압 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 삼상 컨버터의 제어방법에 있어서,

각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과,

상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과,

삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정을 구비하고,

상기 중심 벡터 연산공정은,

상기 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 상기 벡터 연산에 의해서 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 상기 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 하고,

상기 불평형 전압 보상공정은,

상기 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 상기 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 상기 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하고,

상기 불평형 전압 보상공정에서 생성한 제어신호에 의해서 삼상 컨버터의 스위칭 동작을 제어하고 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은,

상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어방법.

청구항 11

제 9 항 또는 제 10 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은,

역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어방법.

청구항 12

제 9 항 내지 제 11 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어방법.

청구항 13

삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 삼상 컨버터를 제어하는 제어장치에 있어서,

각 선간전압으로부터 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산부와,

상기 중심 벡터 연산부에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출부와,

삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상부를 구비하고,

상기 중심 벡터 연산부는,

상기 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 상기 벡터 연산에 의해서 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 상기 각 벡터 전압을 서로 120° 의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로서 출력하고,

상기 불평형 전압 보상부는,

상기 대칭분 산출부에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하여 출력하고, 상기 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보상한 서로 120° 의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 상기 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하고,

상기 불평형 전압 보상부에서 생성한 제어신호에 의해서 삼상 컨버터의 스위칭 동작을 제어하고 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 대칭분 산출부는,

상기 중심 벡터 연산부에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고,

산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하고, 상기 불평형 전압 보상부에 출력하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어장치.

청구항 15

제 13 항 또는 제 14 항에 있어서, 상기 대칭분 산출부는,

역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분

전압을 산출하고, 상기 불평형 전압 보상부에 출력하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어장치.

청구항 16

제 13 항 내지 제 15 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 불평형 전압 보상부는, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 대해서 하나의 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 삼상 컨버터의 제어장치.

청구항 17

삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압 출력하는 삼상 컨버터의 제어에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과, 상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정의 각 공정을 컴퓨터로 실행시키는 프로그램이고, 상기 중심 벡터 연산공정은, 상기 선간전압 중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 상기 벡터 연산에 의해서 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 상기 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 하고, 상기 불평형 전압 보상공정은, 상기 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 상기 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 상기 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상 프로그램.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은, 상기 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상 프로그램.

청구항 19

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서, 상기 대칭분 산출공정은, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상 프로그램.

청구항 20

제 17 항 내지 제 18 항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 불평형 전압 보상 프로그램.

명세서

기술분야

본 발명은, 불평형 전압 보상에 관한 것으로, 삼상(三相) 교류의 불평형을 보상하는 방법 및 보상장치, 삼상 교류 전력을 직류 전력으로 변환하는 삼상 컨버터에 있어서, 삼상 교류의 불평형을 보상하는 제어방법 및 제어장

[0001]

치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 전원측에 있어서 순시(瞬時: instantaneous)전압저하(순저(voltage sag))나 장기간에 걸친 전압저하 등의 전압저하가 생기면, 전원으로부터 전력 공급을 받는 부하(負荷)측에서는, 생산라인의 정지나 가공품 불량 등에 영향을 주는 것이 알려져 있다. 특히, 반도체 제조장치에서는 큰 영향이 생기기 때문에, 순저(瞬低)에 관한 규격 'SEMI F47-0200'(비특허문헌 1)이나 'SEMI F47-0706'(비특허문헌 2)이 정해져 있다. 시험방법에 대해서는 SEMI F42-0600에 기록되어 있다.
- [0003] 종래의 순저 대책으로서, 콘덴서나 축전지 등을 이용한 순저 보상장치나 무정전전원 장치(UPS)라고 하는 축전 디바이스 장치를 설치하는 것이 행하여지고 있다. 축전 디바이스를 이용한 보상장치는, 전원측 또는 부하측에 병렬 기기로서 설치하는 구성으로 하는 것 외, 전원측과 부하측의 사이에 직렬 기기로서 삽입하여 설치하고, 전력 계통을 순저시에 전환하는 구성으로 하고 있다.
- [0004] 또한, 삼상 교류 전력을 직류 전력으로 변환하는(교류-직류) 전력 변환장치에 있어서, 삼상 교류 입력 전압이 순간정전(short interruption) 또는 순시전압저하가 된 경우에, 순시전압저하 보상장치에 의해서 부하에의 전력 공급을 유지하는 것이 알려져 있다(예를 들면, 특허문헌 1, 2 참조).
- [0005] 도 16은, 종래의 전압변동 보상장치(102)의 구성예를 도시하고 있다. 도 16에 있어서, 삼상 교류 전원(101)은 각 상 교류 전원(101a,101b,101c)을 갖는 Y결선(結線)으로 표현하고 있지만, 축전 디바이스 장치에 의한 종래 방식에서는 Y결선이나 Δ결선을 고집하지 않는다. 전압변동 보상장치(102)는, 삼상 교류 전원(101)과 직류 부하(도시하고 있지 않음)와의 사이에 설치된다. 한편, 축전 디바이스 장치의 삼상 교류 전원은, Y결선 및 Δ결선의 어느 것에도 적용된다.
- [0006] 전압변동 보상장치(102)는, 삼상 교류(a상, b상, c상)의 각각의 상에 대해서, 에너지 축적 수단으로서의 콘덴서(105a,105b,105c)를 구비한 각 상 전압 보상회로(104a,104b,104c)를 직렬로 접속하고, 각 상 전압 보상회로(104a,104b,104c)를 제어하는 제어회로(103)를 구비한다.
- [0007] 삼상 교류 전원에는, 삼상 균등 부하에 한정하지 않고 여러 가지의 단상 부하가 접속되어 있다. 이들 부하의 투입 혹은 기상·사고 현상 등 여러 가지 영향을 받아, 삼상 평형 혹은 불평형한 형태로 전압저하가 수시로 생긴다.
- [0008] 각 상 전압 보상회로(104a,104b,104c)는, 제어회로(103)의 지령에 기초하여 각 상의 보상 전압을 출력하여 전압변동을 보상한다. 전압변동 보상장치(102)에 있어서, 통상 동작시에 콘덴서(105a,105b,105c)가 충전된다. 순간정전 또는 순시전압저하시에는, 콘덴서(105a,105b,105c)로부터 방전되는 전력에 의해서, 일정한 출력전압이 유지되어, 직류 부하에의 전력 공급이 계속된다.
- [0009] 이러한 순저 보상장치는, 대형의 축전 디바이스 장치 설치나 콘덴서 유닛의 설비 투자뿐만 아니라 정기적인 메인テナンス가 필요하다고 하는 문제가 있기 때문에, 축전 디바이스를 사용하는 일 없이, 삼상 교류 입력 전력을 변환하는 수단에 의해서 순시전압저하시에도 안정된 전력 공급을 행한다고 하는 요청이 있고, 또한, 축전 디바이스를 사용하는 일 없이 역률(力率) 개선을 실현하는 것도 요구되고 있었다.
- [0010] 따라서, 순시전압저하에 있어서, 순저기간의 입력 전압은 삼상 불평형의 상태에 있는 것에 감안하여, 삼상 PWM 컨버터에 의해서, 축전 디바이스를 이용한 전압변동 보상장치를 이용하는 일 없이, 순저기간의 삼상 불평형 입력 전압을 제어하여 순저보상을 실현하고, 이 삼상 PWM 컨버터를 이용한 순저보상에 의해서, 순저상태가 되기 이전의 정상상태에서 공급하고 있었던 전력을 순저가 발생한 후에도 단속(斷續)되는 일없이 부하로 계속 공급하는 것이 제안되어 있다.
- [0011] 이하, 삼상 PWM 컨버터에 의해서 삼상 불평형 입력 전압을 제어할 수 있는 것에 대하여 설명한다.
- [0012] 도 17은 순저시에서의 등가 회로를 도시하고 있다. 도 17에 있어서, e_r , e_s , e_t 는 송전선 삼상 평형 전압, Z_{11} 은 송전선 임피던스, Z_{12} , Z_{23} , Z_{31} 은 순저시의 등가 임피던스, e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 는 순저시에 생기는 삼상 불평형의 선간 전압, e_{10} 는
- [0013] 영상분(零相分)(zero-phase-sequence) 전압, Z_a , Z_b , Z_c 는 부하 임피던스이고, 직류 부하 R_{dc} (도 18에 도시한다)를 삼상 교류 입력측으로 환산한 부하 임피던스로 표시하고 있다.

- [0014] 진폭을 E_m 으로 하면, 송전선 삼상 평형 전압 e_r , e_s , e_t 는 하기 식 (1)~(3)으로 나타낸다.
- [0015] $e_r = E_m \cos \omega t \cdots (1)$
- [0016] $e_s = E_m \cos(\omega t - 2\pi/3) \cdots (2)$
- [0017] $e_t = E_m \cos(\omega t + 2\pi/3) \cdots (3)$
- [0018] e_r , e_s , e_t 는 송전선 삼상 평형 전압이기 때문에, 역상분(逆相分) $e_{n(rst)}$, 영상분 $e_{o(rst)}$ 는 나타나지 않는다. 따라서, 역상분 $e_{n(rst)}$, 영상분 $e_{o(rst)}$ 는 이하의 식 (4)로 나타낸다.
- [0019] $e_{n(rst)} = e_{o(rst)} = 0 \cdots (4)$
- [0020] 도 17에 있어서, 순저서는, 송전선 임피던스 Z_1 에 등가 임피던스 Z_{12} , Z_{23} , Z_{31} 이 인가된 상태에 상당한다. 이 때, 단자 a, b, c의 선간전압 e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 는 삼상 불평형 상태가 되어, 도 17에 도시하는 영상분 전압 e_{10} 가 발생한다.
- [0021] 도 18에 있어서, 도 17의 단자 a, b, c로부터 보아, 좌측은 삼상 교류 전원 (100B)측을 표시하고, 우측은 삼상 컨버터(200)의 주회로 부분을 표시하고 있다. 삼상 교류 전원(100B)은, 삼상 평형 전압(e_r , e_s , e_t)과 불평형 요인에 의해서 등가적으로 표시된다. 여기서, 불평형 요인은, 도 17중에 도시하는 등가 임피던스 Z_{12} , Z_{23} , Z_{31} 의 투입에 의해서 등가적으로 나타낼 수 있다.
- [0022] 불평형 전압 보상장치(400)는, 기지(既知)이거나 혹은 실측 가능한 삼상 불평형 입력상 전압을 이용하여 보상신호를 생성한다. 삼상 PWM 컨버터(200)는, 삼상 PWM 회로(200a)와 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)를 구비하고, 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)는, 불평형 전압 보상장치(400)에서 생성한 삼상 불평형 입력 전압에 기초하여 제어 펄스 신호를 생성하고, 삼상 PWM 회로(200a)를 PWM 제어한다. 이 PWM 제어에 의해서, 삼상 PWM 컨버터(200)는, 불평형 전압 보상을 행한 직류 전압을 직류 부하(300)에 공급한다.
- [0023] 상기한 바와 같이, 삼상 PWM 컨버터에 의해서 순저기간의 삼상 불평형 입력 전압을 제어하는 것에 의해서, 콘덴서나 축전지 등의 축전 디바이스를 이용한 전압변동 보상장치를 이용하는 일 없이 순저보상을 실현하는 것이 가능하다.
- [0024] 그러나, 일반적으로, PFC(Power Factor Correction)를 조립해 넣은 삼상 PWM 컨버터를 제어하기 위해서는, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 상 전압의 도출이 필요하다. 도출한 검출 신호를 회전 좌표(dq축)의 변수로 변환 처리한 후, 정상분(正相分: positive-phase-sequence) 전압, 역상분(negative-phase-sequence) 전압 및, 영상분 전압으로 분리하고, 제어에 필요한 피드백 신호로서 이용한다.
- [0025] 삼상 PWM 컨버터 제어에 의한 순저보상으로서, 예를 들면 비특허문헌 3 내지 5가 알려져 있다. 이러한 비특허문헌에 나타나는 삼상 PWM 컨버터 제어에서는, 서로 120° 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 전압을 기지이거나 혹은 실측 가능한 입력상 전압인 것으로서 취급하고 있다.
- [0026] 이것에 대해서, 일반적인 삼상 배전 계통은 Δ 결선이다. Δ 결선 삼상 배전에 있어서, 실측할 수 있는 삼상 전압은, 각 단자간의 전압인 선간전압이며, Y결선 전압 및 영상분 전압을 실측할 수 없다.
- [0027] 이 때문에, 종래 제안되어 있는 삼상 PWM 컨버터 제어에 의해서 Δ 결선 삼상 배전의 삼상 불평형 전압을 보상하기 위해서는, 실측한 선간전압으로부터 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 상 전압(three-phase unbalanced phase voltage)을 도출할 필요가 있다.
- [0028] 상기한 바와 같이, 삼상 PWM 컨버터에 의해서 순저기간의 삼상 불평형 입력 전압을 제어하는 것에 의해서, 콘덴서나 축전지 등의 축전 디바이스를 이용한 전압변동 보상장치를 이용하는 일 없이 순저보상을 실현하는 것이 가능해진다.
- [0029] 그러나, 일반적으로, PFC(Power Factor Correction)를 조립해 넣은 삼상 PWM 컨버터를 제어하기 위해서는, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 상 전압의 도출이 필요하다. 도출한 검출 신호를 회전 좌표(dq축)의 변수로 변환 처리한 후, 정상분 전압, 역상분 전압 및, 영상분 전압으로 분리하고, 제어에 필요한 피드백 신호로서 이용한다.

- [0030] 삼상 PWM 컨버터 제어에 의한 순저보상으로, 예를 들면 비특허문헌 3 내지 5가 알려져 있지만, 이러한 비특허 문헌에 나타나는 삼상 PWM 컨버터 제어는, 서로 120° 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 전압을 지지하거나 혹은 실측 가능한 입력상 전압인 것으로서 취급하고 있다.
- [0031] 이것에 대해서, 일반적인 삼상 배전 계통은 Δ결선이다. Δ결선 삼상 배전에 있어서, 실측할 수 있는 전압은 Δ결선 삼상 전압으로서, Δ결선의 각 단자간의 전압인 선간전압이며, Y결선 전압 및 영상분 전압을 실측할 수 없다. 이 때문에, 종래 제안되어 있는 삼상 PWM 컨버터 제어에 의해서 Δ결선 삼상 배전의 삼상 불평형 전압을 보상하기 위해서는, 실측한 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y결선 삼상 불평형 상 전압을 도출할 필요가 있다. 순저보상을 삼상 PWM 컨버터로 제어하는 경우에는, 수전(受電) 전압인 삼상 불평형 전압의 Δ형 전압을 Y형 전압으로 변환하고, 제어 파라미터를 구할 필요가 있다. 특히, 영상분 전압의 추출이 중요하다.
- [0032] 이 삼상 PWM 컨버터의 제어에 의해서 순시전압저하를 보상하는 장치 혹은 방법으로서, 예를 들면 특허문헌 3이 알려져 있다. 특허문헌 3에 나타나는 순시전압저하 보상장치는, 선간 상 전압 변환수단을 구비한다. 선간 상 전압 변환수단은, 선간전압 검출수단으로 검출된 선간 전압신호를 상 전압 변환신호로 변환하고, 이 상 전압 변환신호로부터 영상 전압신호 및 상 전압신호를 생성한다.
- [0033] 선간 상 전압 변환수단은, 상 전압 변환신호(v_r' , v_s' , v_t')의 피크치를 검출하고, 이들 3개의 피크치에 기초하여, 계수 k_1 , k_2 , k_3 를 산출하고, 산출한 계수 k_1 , k_2 , k_3 에 기초하여, 영상 전압신호 $v_0(=k_1 \cdot v_r' + k_2 \cdot v_s' + k_3 \cdot v_t')$, 상 전압신호(v_r , v_s , v_t)를 생성한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0034] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 일본 공개특허공보 2003-274559호(도 1, 단락 [0018])
 (특허문헌 0002) [특허문헌 2] 일본 공개특허공보 2004-222447호
 (특허문헌 0003) [0055]~[0056]
 (특허문헌 0004) 59))

비특허문헌

- [0035] (비특허문헌 0001) [비특허문헌 1] SEMI "SEMI F47-0200 반도체 프로세스 장치 전압 새그 이뮤니티(Sag Immunity)를 위한 사양", pp.859-864, 1999년 9월 초판 발행, 2000년 2월 발행(SEMI 1999, 2000), (SEMI 1999, 2001)
- (비특허문헌 0002) [비특허문헌 2] SEMI "SEMIF47-0706반도체 프로세스 장치 전압 새그 대응력을 위한 사양", pp.1-12, 1999년 9월 초판 발행, 2006년 5월 발행 승인(SEMI 1999, 2006)
- (비특허문헌 0003) [비특허문헌 3] J.K.kang, S.K.Sul: "Control of Unbalanced Voltage PWM Converter Using Instantaneous Ripple Power Feedback", Power Electronic Specialist Conference, PESC97, PP.503-508(1997-5)
- (비특허문헌 0004) [비특허문헌 4] H.S.Kim, H.S.Mok, G.H.Choe, D.S.Hyun, S.Y.Choe: "Design of Current Controller for 3-phase PWM Converter with Unbalanced Input Voltage", Power Electronics Specialist Conference, PESC98, pp.503-509(1988-8)
- (비특허문헌 0005) [비특허문헌 5] S.C.Ahn, D.S.Hyun: "New Control Scheme of Three-Phase PWM AC/DC Converter Without Phase Angle Detection Under the Unbalanced Input Voltage Conditions", IEEE Transaction on Power electronics, pp.616-622(2009-9)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0036] 상기한 특허문헌 3에 의하면, 선간 상 전압 변환수단에 의해서, 실측한 선간 전압신호를 상 전압 변환신호로 변환하고, 상 전압 변환신호에 기초하여 영상 전압신호 및 상 전압신호를 생성하고, 이것에 의해서, 일반적인 삼상 배전 계통의 삼상 불평형 전압(선간전압)에 기초하여 삼상 PWM컨버터를 제어하여 삼상 불평형 보상을 행할 수 있다.
- [0037] 그러나, 이 선간 상 전압 변환수단은, 선간전압을 변환하여 구한 상 전압 변환신호의 피크치를 검출하고, 이들 3개의 피크치에 기초하여 산출한 계수에 기초하여 영상 전압신호 및 상 전압신호를 생성한다. 그 때문에, 영상 전압신호 및 상 전압신호의 생성에는, 선간전압의 실측을 복수회 반복하여 최적인 계수를 구할 필요가 있어, 신호 생성에 필요로 하는 시간이 길어질 우려가 있다.
- [0038] Y상 전압에 있어서 불평형의 전압과 위상각을 이미 알고 있으면, 이 Y상 전압으로부터 불평형의 선간전압을 확실적으로 정할 수 있다. 이에 대해서, 선간전압에서 불평형의 전압과 위상각을 이미 알고 있었던 것이라고 해도, 이 선간전압으로부터 Y상 전압을 확실적으로 정할 수 없다. 이것은, Y상 전압의 기준점이 정해지지 않기 때문에, 같은 불평형의 전압과 위상각을 가진 무수한 Y상 전압의 조합이 존재하기 때문이다.
- [0039] 삼상 PWM 컨버터를 제어하기 위해서는, Y상 전압 사이에 서로 120°의 위상차의 관계가 필요하기 때문에, Y상 전압의 무수한 조합중에서, 서로 120°의 위상차를 갖는 특정의 Y상 전압을 선정하는 것이 필요하다. 서로 120°의 위상차를 갖는 특정의 Y상 전압을 선정하는 것에 의해, 정상분 전압은, Y상 전압의 특정상(a상)과 동상(同相)이 되어, 그 후의 dq축 변환 처리에 의해서 제어 대상이 되는 DC 성분을 추출할 수 있기 때문에, 삼상 PWM 컨버터를 제어하기 편리하다. 또한, 정상분 전압에 대한 역상분 전압의 위상각과 영상분 전압의 위상각은, 서로 역방향으로 같은 각도를 나타내기 때문에, 영상분 전압의 도출이 가능해진다.
- [0040] 종래, 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하기 위해서는, 전압의 불평형 상태를 검출하고, 또한, 측정된 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 선택할 필요가 있기 때문에 처리 시간이 길어진다. 예를 들면, 교류에 있어서 전압의 불평형 상태를 검출하기 위해서는, 적어도 1/2사이클간의 전압 변동을 모니터 할 필요가 있다.
- [0041] 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 전압의 불평형을 신속히 보상하기 위해서는, 전압의 불평형에 검출 및 제어신호의 생성에 요하는 시간을 단축하는 것이 요구되며, 순시의 선간전압(instantaneous line voltage)으로부터 순시의 Y상 전압을 도출하는 것이 필요하다. 한편, 여기서, 순시의 선간전압은, 어느 한 시점에서 측정하여 얻을 수 있는 선간전압이며, 순시의 Y상 전압은, 이 한 시점에서 얻어진 선간전압의 실측치에 기초하여 도출되는 선간전압의 값으로서, 선간전압의 측정시점과 1대 1로 대응하는 것이고, 복수 시점에서의 측정치를 필요로 하는 일 없이, 1측정시점의 측정치로 구할 수 있는 것을 의미하고 있다.
- [0042] 순시전압저하에 의한 영향을 부하측에서 신속히 해소하기 위해서는, 삼상 PWM 컨버터의 제어에 필요한 영상 전압신호 및 상 전압신호의 생성을, 삼상 배전 계통의 삼상 선간전압의 불평형 상태의 변화에 대해서 재빨리 대응할 필요가 있다. 상기한 선간 상 전압 변환수단에서는, 영상 전압신호 및 상 전압신호를 생성하기 위해서, 선간 전압의 실측을 복수회 반복하는 것이 예측되기 때문에, 삼상 선간전압의 불평형 상태의 변화에의 응답이 불충분해질 우려가 있다.
- [0043] 순시전압저하에 대한 응답성으로서 예를 들면 SEMI F47-0200의 순저규격이 알려져 있다. 이 SEMI F47-0200의 순저규격은, 광대역(입력전압 저하범위 0~100%)의 순저보상에 요구되는 제어 범위를 정하고 있다. 이 순저규격에서는, 예를 들면 순저시로부터 0.2초의 사이의 전압저하율이 50%, 0.2초부터 0.5초의 사이의 전압저하율이 70%등인 것이 정해져 있다.
- [0044] 순시전압저하에 대한 응답성이 불충분한 경우에는, 이 순저규격을 만족시키는 것이 곤란해진다.
- [0045] 종래, 선간전압의 삼상 불평형 전압을 입력 전압으로 하여, 순시의 선간전압으로부터 순시의 Y상 전압을 도출하고, 이것에 의해서 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 불평형 전압을 보상하는 기술은 알려지지 않았다.
- [0046] 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 해결하여, 삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, 선간전압의 순시치(瞬時値)로부터, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y결선의 Y상 전압의 순시치를 도출하는 것을 목적으로 하고, 순시의 선간전압으로부터 순시의 Y상 전압을 도출하여, 이것에 의해서 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 불평형 전압을 보상하는 것을 목적으로 한다.

[0047] 보다 상세하게는, 삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, Δ 결선에 생기는 삼상 불평형 전압인 선간전압의 1실측치로부터, 그 실측시에 있어서 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선의 삼상 불평형 전압인 정상(正相) 전압, 역상(逆相) 전압, 영상(零相) 전압을 도출하는 것을 목적으로 하여, 선간전압의 1실측치로부터, 그 실측시에 있어서 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선의 삼상 불평형 전압을 도출하여, 이것에 의해서 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 불평형 전압을 보상하는 것을 목적으로 한다.

[0048] 여기서, 선간전압의 순시치는, 어느 한 시점에서 실측한 선간전압의 값이며, Y상 전압의 순시치는, 선간전압의 실측치에 기초하여 도출하는 Y상 전압의 값이다.

과제의 해결 수단

[0049] 본 발명은, 복수의 측정시점에서 취득한 선간전압의 실측치를 이용하는 일 없이, 한 시점에서 실측한 선간전압을 이용하여, 그 측정시점에서의 Y상 전압을 도출하고, 도출한 Y상 전압을 이용하여 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 불평형 전압을 보상한다.

[0050] 도 1은, 본 발명의 불평형 전압 보상을 설명하기 위한 개략도이다.

[0051] 본 발명은, 이 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 미지(未知)이거나 혹은 직접 측정할 수 없는 경우에, 단자 a, b, c의 선간전압을 이용하는 것에 의해서 불평형 전압을 보상하는 것이고, 또한, 한 시점에서 실측한 선간전압을 이용하여 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선의 Y상 전압의 순시치를 구하여, 불평형 보상을 행한다.

[0052] 상기한 도 17에 있어서, 단자 a, b, c에 대해서 삼상 교류 전원(100B)측은, 평형 전압 e_r , e_s , e_t 와 송전선 임피던스 Z_1 과 순저시의 등가 임피던스 Z_{12} , Z_{23} , Z_{31} 의 등가 회로로 표시된다. 종래, 이 삼상 교류 전원(100B)의 불평형 상태는, 도 18에서 도시한 바와 같이, 평형 전압 e_r , e_s , e_t 에 대해서 불평형 요인에 의해 불평형이 발생한 것으로서 취급하고, 불평형 전압 보상장치(400)는, 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 기지이거나 혹은 측정 가능한 것으로서 불평형 전압 보상을 행할 수 있지만, 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 미지이거나 혹은 측정할 수 없는 경우에는, 불평형 전압을 보상할 수 없다.

[0053] 상기한 종래의 불평형 상태의 취급에 대해서, 도 1에 도시하는 바와 같이, 삼상 교류 전원(100A)은 서로 $2\pi/3$ 의 위상각을 갖는 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 갖고, 이 불평형 전압에 의해서 단자 a, b, c에 유도전압(induced voltage) e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 가 유도된다고 볼 수 있다. 이것에 의해, 유도전압 e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 는, 삼상 교류 전원(100A)의 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 에 의한 발생 전압으로 취급할 수 있고, 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 직접 구할 수 없는 경우에, 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 의 취득을 보충하는 것으로서 취급할 수 있다.

[0054] 본 발명은, 상기한 불평형 상태의 취급 개요에 기초하여, 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 미지이거나 혹은 측정할 수 없는 경우이더라도, 유도전압 e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 를 이용하는 것에 의해서 삼상 불평형 전압 e_{1a} , e_{1b} , e_{1ca} 를 구하여, 불평형 전압을 보상한다. 여기서, 유도전압 e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 는, 단자 a, b, c의 선간전압에 상당한다.

[0055] 본 발명은, 삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, 선간전압의 순시치로부터, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y결선의 Y상 전압의 순시치를 도출하고, 이것에 의해서 삼상 PWM 컨버터를 제어하여 불평형 전압을 보상하는 것이고, 삼상 불평형 입력 전압을 미지이거나 혹은 측정 곤란한 경우이더라도, 불평형 전압 보상을 행할 수 있다.

[0056] 본 발명은, 일반적인 삼상 배전 계통의 입력 전압이 Y형 결선(Y상 전압)이 아니라, Δ 형 결선(선간전압)인 것에 착안하여, 선간전압을 벡터 연산하는 것에 의해서 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압, 영상 전압의 순시치를 도출한다. 삼상 컨버터의 제어를 행하기 위해서는, Y상 전압, 영상분 전압을 도출할 필요가 있다. 본 발명은, 벡터 연산에 의해서 구한 Y상 전압을 dq축 변환 처리하고, 정상분의 직류 성분을 추출하여, 직류 성분을 피드백 신호로서 삼상 인버터의 제어에 사용한다.

[0057] 본 발명은 일반적인 삼상 배전 계통의 삼상 불평형의 선간전압을 대상으로 하여, 선간전압으로부터 중심(重心:centroid) 벡터 연산에 의한 Y상 전압에의 변환 수법을 이용하여, 선간전압의 삼상 불평형 전압의 순시치로부터, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압의 삼상 불평형 전압과 영상분 전압의 순시치를 도출한다.

[0058] 본 발명은, 불평형 전압 보상방법, 불평형 전압 보상장치, 삼상 컨버터의 제어방법, 삼상 컨버터의 제어장치, 및 불평형 전압 보상 프로그램의 각 형태를 포함하고, 모두, 중심 벡터 연산, 대칭분 산출, 불평형 전압 보상의

각 기술사항을 공통되게 구비한 것이다.

- [0059] 본 발명의 제 1 형태는 불평형 전압 보상방법에 관한 것으로, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 전력 변환에 있어서, 삼상 교류의 입력 전압의 불평형을 보상하는 방법에 관한 것이다.
- [0060] 본 발명의 불평형 전압 보상방법은, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 전력 변환에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과, 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정을 구비한다.
- [0061] 본 발명의 중심 벡터 연산공정은, 삼상 선간전압중에서 선택되는 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 이 벡터 연산에 의해서 삼상 선간전압인 Δ 전압의 단자전압의 중심(重心)으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 한다.
- [0062] 본 발명의 발명자는, 삼상 교류 전압의 각 상의 단자전압을 정점(頂点)이 형성하는 삼각형에 있어서, 본 발명에 의한 중심 벡터 연산공정에 의해서, 2개의 단자간을 연결하는 선간전압 벡터에 대해 중심 벡터를 구하면, 이 중심 벡터의 중심은 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압의 영상분의 기준점과 일치하는 것을 발견하였다.
- [0063] 이 중심 벡터의 중심과 영상분의 기준점이 일치하는 관계에 의하면, 선간전압으로부터 구한 중심 벡터 전압은, 대칭분 전압중, 영상분에 대해서는 포함하지 않지만, 정상분 및 역상분을 포함하고, dq축 변환처리에 의해서 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압으로서 취급할 수 있다.
- [0064] 대칭분 산출공정은, 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및, q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출한다.
- [0065] 또한, 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압은 영상분을 포함하지 않기 때문에, 대칭분 산출공정에서 영상분 전압을 산출하기 위해서, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출한다.
- [0066] 불평형 전압 보상공정은, 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 선간전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 대칭분 전압 및, 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 구한 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성한다.
- [0067] 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성한다.
- [0068] 본 발명에 의하면, 불평형 보상을 행하는 보상신호 및 제어신호는, 삼상 교류 전압에 있어서 한 시점에서의 측정치인 선간전압에 기초하여 구할 수 있기 때문에, 종래와 같이 복수 시점에서 측정하는 일 없이 구할 수 있다.
- [0069] 따라서, 불평형 보상을 행하는 보상신호 및 제어신호를 형성하기 위한 측정 데이터를 준비하기 위한 시간을 생략할 수 있어, 1측정시점의 측정 데이터로부터 보상신호 및 제어신호를 생성할 수 있어, 이 의미에서 순시의 보상신호 및 제어신호를 생성할 수 있다.
- [0070] 본 발명의 제 2 형태는 불평형 전압 보상장치에 관한 것으로, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 전력 변환에 있어서, 삼상 교류의 입력 전압의 불평형을 보상하는 장치에 관한 것이다.
- [0071] 본 발명의 불평형 전압 보상장치는, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 전력 변환에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산부와, 중심 벡터 연산부에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출부와, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상부를 구비한다.
- [0072] 본 발명의 중심 벡터 연산부는, 삼상 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 이 벡터 연산에 의해서 삼상 선간전압인 Δ 전압의 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로서 출력한다.

- [0073] 본 발명의 불평형 전압 보상부는, 대칭분 산출부에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하여 출력하고, 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보상한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 구한 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성한다.
- [0074] 본 발명의 대칭분 산출부는, 중심 벡터 연산부에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하여, 불평형 전압 보상부에 출력한다.
- [0075] 본 발명의 대칭분 산출부는, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출하여, 불평형 전압 보상부에 출력한다.
- [0076] 본 발명의 불평형 전압 보상부는, 선간전압의 1축정시점의 실측치에 대해서 하나의 제어신호를 생성한다.
- [0077] 본 발명의 불평형 전압 보상에 관한 기술사항은, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 삼상 컨버터의 제어에 적용할 수 있다.
- [0078] 본 발명의 제 3 형태는 삼상 컨버터의 제어방법이며, 본 발명의 제 4 형태는 삼상 컨텐서의 제어장치이다.
- [0079] 본 발명의 제 3 형태의 삼상 컨버터의 제어방법은, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 삼상 컨버터의 제어방법에 있어서, 제 1 형태의 불평형 전압 보상방법과 같이, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과, 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정을 구비한다.
- [0080] 중심 벡터 연산공정은, 삼상 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 이 벡터 연산에 의해서 상기 삼상 선간전압인 Δ 전압의 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 한다.
- [0081] 불평형 전압 보상공정은, 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 선간전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 대칭분 전압 및 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보상한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 구한 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하고, 불평형 전압 보상공정에서 생성한 제어신호에 의해서 삼상 컨버터의 스위칭 동작을 제어하고 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력한다.
- [0082] 대칭분 산출공정은, 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출한다.
- [0083] 대칭분 산출공정은, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서, 영상분 전압을 산출한다. 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1축정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성한다.
- [0084] 본 발명의 제 4 형태의 삼상 컨버터의 제어장치는, 제 2 형태의 불평형 전압 보상장치와 같이, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 삼상 컨버터를 제어하는 제어장치에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산부와, 중심 벡터 연산부에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출부와, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상부를 구비한다.
- [0085] 본 발명의 중심 벡터 연산부는, 삼상 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 이 벡터 연산에 의해서 상기 삼상 선간전압인 Δ 전압의 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로서 출력한다.
- [0086] 본 발명의 불평형 전압 보상부는, 대칭분 산출부에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하여 출력하고, 대칭분 전압 및 상기 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보상한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 구한 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압

을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하고, 불평형 전압 보상부에서 생성한 제어신호에 의해서 삼상 컨버터의 스위칭 동작을 제어하고 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력한다.

- [0087] 본 발명의 대칭분 산출부는, 중심 벡터 연산부에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출하여, 불평형 전압 보상부에 출력한다.
- [0088] 본 발명의 대칭분 산출부는, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및, 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서 영상분 전압을 산출하여, 불평형 전압 보상부에 출력한다.
- [0089] 본 발명의 제어신호 생성부는, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 대해서 하나의 제어신호를 생성한다.
- [0090] 또한, 본 발명은, 불평형 전압 보상 프로그램의 형태로 할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 불평형 전압 보상 프로그램은, 삼상 컨버터의 제어에 있어서 컴퓨터에 각 공정을 실행시키는 프로그램이고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하는 삼상 컨버터의 제어에 있어서, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산공정과, 중심 벡터 연산공정에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 산출공정과, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 불평형 전압 보상공정의 각 공정을 컴퓨터를 실행시키는 프로그램이다.
- [0092] 여기서, 각 공정은, 본 발명의 제 3 불평형 전압 보상방법과 같이 중심 벡터 연산공정, 대칭분 산출공정, 및 불평형 전압 보상공정의 공정을 포함한다.
- [0093] 중심 벡터 연산공정은, 삼상 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산하고, 벡터 연산에 의해서 상기 삼상 선간전압인 Δ전압의 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120°의 위상차를 갖는 각 Y상 전압으로 한다.
- [0094] 불평형 전압 보상공정은, 대칭분 산출공정에서 구한 대칭분 전압의 영상분 전압에 기초하여 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 생성하고, 대칭분 전압 및 보상신호에 기초하여, 불평형 전압을 보정한 서로 120°의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하고, 구한 Y상 전압에 기초하여, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성한다.
- [0095] 본 발명의 대칭분 산출공정은, 중심 벡터 연산공정에서 구한 각 Y상 전압을 dq축 변환하여 d축의 전압신호와 q축의 전압신호를 산출하고, 산출한 d축 및 q축의 전압신호를 주파수 분리하여, 직류분으로부터 정상 전압을 구하고, 교류분으로부터 역상 전압을 산출한다.
- [0096] 또한, 본 발명의 대칭분 산출공정은, 역상분 전압으로부터 산출한 산출 진폭과, 정상분 전압 및 역상분 전압으로부터 산출한 위상에 의해서 영상분 전압을 산출하여, 불평형 전압 보상부에 출력한다. 선간전압의 실측치와 제어신호는 1대 1로 대응하고, 선간전압의 1측정시점의 실측치에 기초하여 하나의 제어신호를 생성한다.
- [0097] 본 발명의 형태에 의하면, 복수의 측정시점에서 취득한 선간전압의 실측치를 이용하는 일 없이, 한 시점에서 실측한 선간전압을 이용하여, 그 측정시점에서의 Y상 전압을 도출할 수 있다.
- [0098] 선간전압의 순시치(瞬時値)로부터, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압의 순시치가 도출되기 때문에, 불평형 전압을 탐지하고 제어신호를 생성하는데 요하는 삼상 불평형 전압을 보상하기 위한 시간이 단축될 수 있다. 이에 의하여, 전기저장장치를 사용하거나 순간적인 시간 지연 없이, 출력을 조절하여 유지할 수 있고, 삼상 컨버터에 의한 삼상 평형 전류 출력을 제어할 수 있다.

발명의 효과

- [0099] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 불평형 전압 보상방법, 불평형 전압 보상장치, 삼상 컨버터의 제어방법, 삼상 컨버터 제어장치, 및 불평형 전압 보상 프로그램의 각 형태에 따르면, 삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, 선간전압의 순시치로부터, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y결선의 Y상 전압의 순시치를 도출할 수 있다.
- [0100] 또한, 본 발명에 의하면, 삼상 교류의 불평형 전압 보상에 있어서, 삼상 불평형 전압인 선간전압의 1실측치로부터, 그 실측시에 있어서 서로 120°의 위상차를 갖는 Y결선의 삼상 불평형 전압인 정상 전압, 역상 전압, 영상 전압을 도출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0101] 도 1은 본 발명의 불평형 전압 보상을 설명하기 위한 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 불평형 전압 보상장치의 개략 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 불평형 보상의 중심 벡터 연산에 의해 선간전압으로부터 Y상 전압을 구하는 순서를 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 4는 본 발명의 불평형 보상의 중심 벡터 연산에 의해 Y상 전압으로부터 대칭분 전압을 산출하는 순서를 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 5는 본 발명의 불평형 보상의 중심 벡터 연산을 설명하기 위한 전압 벡터도이다.
- 도 6은 본 발명의 불평형 보상의 중심 벡터 연산을 설명하기 위한 전압 벡터도이다.
- 도 7은 본 발명의 불평형 전압 보상장치의 보다 상세한 구성예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 불평형 전압 보상 동작을 소프트웨어에 의한 CPU의 연산 처리로 행하는 구성예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 불평형 전압 보상 동작을 소프트웨어에 의한 CPU의 연산 처리로 행하는 구성예를 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 10은 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 13은 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 14는 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 16은 종래의 전압변동 보상장치의 구성예를 도시하는 도면이다.
- 도 17은 순저시에서의 등가 회로를 도시하는 도면이다.
- 도 18은 삼상 컨버터의 입력측 및 부하측의 등가 회로를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0102] 이하, 본 발명의 실시형태에 대해서, 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다.
- [0103] 본 발명의 불평형 전압 보상장치의 구성 및, 본 발명의 불평형 전압 보상 제어방법에 대해서, 삼상 컨버터를 예로써, 도 2 내지 도 9를 이용하여 설명하고, 실시예에 의한 실험 결과에 대해 도 10 내지 도 15를 이용하여 설명한다.
- [0104] 본 발명의 불평형 전압 보상장치의 개략 구성에 대해 도 2를 이용하여 설명한다. 도 2에 있어서, 삼상 교류 전원(100)으로부터 공급되는 삼상 교류 전력에 있어서, 삼상 컨버터(200)에 의해서 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 직류 부하(300)에 출력한다.
- [0105] 본 발명의 불평형 전압 보상장치(1)는, 삼상 교류 전력의 불평형 전압을 보상하고 직류 부하(300)에 출력하는 전압의 변동을 억제한다. 또한, 불평형 전압 보상장치(1)는, 직류 부하(300)에의 입력 전압 및 입력 전류를 피드백하고, PFC 제어에 의해서 역률 제어를 행한다.
- [0106] 불평형 전압 보상장치(1)는, 각 선간전압으로부터 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압을 구하는 중심 벡터 연산부(10)와, 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압을 산출하는 대칭분 전압 산출부(20)와, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 덧셈부(30)를 구비한다.
- [0107] 삼상 컨버터(200)는, 삼상 PWM 회로(200a)와, 삼상 PWM 회로(200a)의 동작을 제어하여 PWM 제어를 행하게 하는

펄스 신호를 발생하는 삼상 PWM 펄스 생성부 (200b)를 구비한다. 삼상 PWM 펄스 생성부(200b)는, 덧셈부(30)에서 생성한 제어신호에 기초하여 펄스 신호를 형성한다. 삼상 PWM 회로(200a)는, 예를 들면, 스위칭 소자에 의해 브릿지 회로를 구성함으로써 형성할 수 있고, 펄스 신호에 의해서 스위칭 소자의 온/오프 동작을 제어하여 PWM 제어를 행하게 한다.

[0108] 중심 벡터 연산부(10)는, 선간전압중에서 선택한 두 개의 선간전압의 전체 조합에 대해서 벡터 연산을 행하고, 이 벡터 연산에 의해서 삼상 선간전압인 Δ 전압의 단자전압의 중심으로부터 각 단자전압에의 중심 벡터 전압을 구하고, 구한 각 벡터 전압을 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압으로서 대칭 좌표성분 산출부 (20)에 출력한다.

[0109] 대칭 좌표성분 산출부(20)는, 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 Y상 전압으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압인, 정상분 전압, 역상분 전압, 영상분 전압을 산출하고, 덧셈부(30)에 출력한다.

[0110] 불평형 전압 보상은, 대칭 좌표성분 산출부(20)에서 산출한 정상분 전압과, 부하측으로의 입력 전력의 피드백치에 기초하여 정전류 제어를 행하여 전류 지령치를 생성하는 정전류 제어부(40)와, 이 전류 지령치와 삼상 컨버터(200)에의 입력 전류에 기초하는 PI 제어에 의해서 PFC 제어(역률 제어)를 행하는 평균전력 연산부 (50)와, 정전류 제어 후의 정상분 전압과 역상 전압과 영상분 전압을 더하는 덧셈부(30)에 의해서 구성된다. 영상분 전압은, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호로서 더해진다.

[0111] 덧셈부(30)는, 불평형 전압을 보상한 서로 120° 의 위상차를 가진 Y상 전압이 출력된다. 덧셈부(30)로부터 출력되는 Y상 전압은, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호로서, 삼상 컨버터(200)의 삼상 PWM 펄스 생성부(200b)에 출력된다.

[0112] 정전류 제어부(40)에 피드백하는 입력 전력은, 예를 들면, 평균전력 연산부 (50)에 의해서, 부하측에서 검출한 전류와 전압에 기초하여 전력을 산출함으로써 취득할 수 있다.

[0113] [중심 벡터 연산에 의한 Y상 전압의 산출]

[0114] 다음에, 본 발명의 불평형 보상에 있어서, 중심 벡터 연산을 이용하여 선간전압으로부터 서로 120° 의 위상차를 가진 Y상 전압을 구하는 순서, 및 구한 Y상 전압으로부터 대칭분 전압을 산출하는 순서에 대해서, 도 3, 4의 플로우차트, 및 도 5, 6의 벡터도를 이용하여 설명한다.

[0115] 삼상 교류의 각 단자간의 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})을 검출한다. 여기서, 선간전압 e_{ab} 는 단자 a와 단자 b와 사이의 벡터 전압이며, 선간전압 e_{bc} 는 단자 b와 단자 C와 사이의 벡터 전압이며, 선간전압 e_{ca} 는 단자 c와 단자 a와 사이의 벡터 전압이다(S1).

[0116] 검출한 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})을 벡터 연산하여 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 산출한다.

[0117]
$$e_{2a} = (e_{ab}-e_{ca})/3 \quad \dots (5)$$

[0118]
$$e_{2b} = (e_{bc}-e_{ab})/3 \quad \dots (6)$$

[0119]
$$e_{2c} = (e_{ca}-e_{bc})/3 \quad \dots (7)$$

[0120] 본 발명의 발명자는, 선간전압의 중심 벡터를 산출하여 얻을 수 있는 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})와, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상의 벡터 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})과의 사이에 이하의 식 (8)의 관계가 있는 것에 주목하였다.

[0121]
$$e_{1a} = e_{2a} + e_{1o}$$

[0122]
$$e_{1b} = e_{2b} + e_{1o}$$

[0123]
$$e_{1c} = e_{2c} + e_{1o} \quad \dots (8)$$

[0124] 식 (8)은, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})은, 선간전압의 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})와 영상분 전압 e_{1o} 와의 벡터합으로 표시되는 것을 나타내고 있다. 본 발명의 발명자는, 상기 식 (8)로부터, 영상분 전압 e_{1o} 를 도출하는 것에 의해서, 선간전압의 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})로부터 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압 (e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 얻을 수 있는 것을 발견하고, 또한, 이 관계로부터, 선간전압의 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} ,

e_{2c})로부터, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압 (e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})의 정상분 전압 e_{1p} 와 역상분 전압 e_{1n} 을 구할 수 있는 것을 발견하였다.

[0125] 본 발명은, 상기한, 선간전압의 중심 벡터와 Y상 전압과의 관계를 이용하는 것에 의해서, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 직접 검출하는 것에 대신하여, Δ 전압인 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})으로부터 벡터 연산에 의해서 용이하게 산출할 수 있는 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 이용하고, 이 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 삼상 PWM 컨버터의 제어에 적용하는 것에 의해서, 삼상 교류의 불평형 전압 보상을 용이하게 행하는 것이다.

[0126] (중심 벡터와 상 전압과의 관계)

[0127] 이하, 벡터 연산으로 구한 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})가, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압에 해당하는 것에 대하여 설명한다.

[0128] 도 5는, Δ 전압과 Y상 전압과의 관계를 도시하고 있다. 도 5에 있어서, Δ 전압은 단자 a, b, c간의 선간전압 (e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})으로 표시되고, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})은 임의의 점 k로부터 각 단자 a, b, c에의 벡터 전압으로 표시된다. 점 k는 Y상 전압에서 임의로 정하는 기준점이다.

[0129] 여기서, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})을 미리 이미 알고 있으면, Δ 전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})은 확일적으로 정해진다. 이것에 대해서, Δ 전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})을 미리 이미 알고 있더라도, 기준점 k의 위치는 임의로 정할 수 있어 무수히 존재하기 때문에, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})은 확일적으로 정해지지 않고, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})으로 표기할 수 있는 무수한 조합이 존재한다. 한편, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})에 의한 영상분 전압을 e_{ko} 로 하고, 점 o를 영상분 전압의 기준점으로 한다.

[0130] 도 5에 도시하는 Δ 전압(선간전압)과 Y상 전압과의 관계로부터,

$$\begin{aligned} e_{ab} - e_{ca} &= e_{ka} - e_{kb} - (e_{kc} - e_{ka}) \\ &= 3e_{ka} - (e_{ka} + e_{kb} + e_{kc}) \\ &= 3e_{ka} - 3e_{ko} \quad \dots (9) \end{aligned}$$

[0131] 를 얻을 수 있다.

[0132] 식 (9)의 관계로부터, Y상 전압(e_{ka} , e_{kb} , e_{kc})은, Δ 전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})과 영상분 전압 e_{ko} 에 의해서, 이하의 식 (10)~(12)로 표시할 수 있다.

$$e_{ka} = (e_{ab} - e_{ca}) / 3 + e_{ko} \quad \dots (10)$$

$$e_{kb} = (e_{bc} - e_{ab}) / 3 + e_{ko} \quad \dots (11)$$

$$e_{kc} = (e_{ca} - e_{bc}) / 3 + e_{ko} \quad \dots (12)$$

[0134] 한편, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압은, a상의 위상각 ϕ_{1a} 를 α 로 표시하면,

[0135] a상, b상, c상의 각 상의 위상각 ϕ_{1a} , ϕ_{1b} , ϕ_{1c} 는,

$$\phi_{1a} = \alpha$$

$$\phi_{1b} = \alpha - 2\pi / 3$$

$$\phi_{1c} = \alpha + 2\pi / 3 \quad \dots (13)$$

[0140] 로 표시되고, 정상분 전압의 위상각은, 서로 120° 의 위상차의 관계를 갖는 Y상 전압의 a상과 동상이 된다. 이 관계에 의하면, dq축 변환에 의해서 삼상 PWM 컨버터의 제어 대상이 되는 직류 성분을 추출할 수 있기 때문에, 삼상 PWM 컨버터의 제어가 용이해진다.

[0141] 또한, 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압에서는, 역상분 전압과 영상분 전압의 정상분 전압에 대한 위상각은 역방향으로 같은 각도가 된다.

[0142] 도 6(a)는, 서로 120° 의 위상차의 관계를 갖는 Y상 전압과, 영상분 전압의 기준점 o와의 관계를 도시하고, 도

6(b)는, 서로 120°의 위상차의 관계를 갖는 Y상 전압과 중심 벡터의 기준점(중심)과의 관계를 도시하고 있다. 한편, 도 6에서는, 서로 120°의 위상차의 관계를 갖는 Y상 전압의 기준점을 K=1로 표시하고, 중심 벡터의 기준점(중심)의 기준점을 K=2로 표시하고 있다.

[0143] 도 6(a)로 도시하는 바와 같이, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})은, 식 (10)~(12)에서 K=1로 하여 이하의 식 (14)로 표시된다.

[0144]
$$e_{1a} = (e_{ab} - e_{ca}) / 3 + e_{1o} = e_{oa} + e_{1o}$$

[0145]
$$e_{1b} = (e_{bc} - e_{ab}) / 3 + e_{1o} = e_{ob} + e_{1o}$$

[0146]
$$e_{1c} = (e_{ca} - e_{bc}) / 3 + e_{1o} = e_{oc} + e_{1o} \quad \dots (14)$$

[0147] 한편, 도 6(b)에서 도시하는 바와 같이, Δ 전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca}) 중의 2개의 선간전압에 대해 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 벡터 연산에 의해서 구하여, 이 중심 벡터의 점을 K=2로서 표시하면, 이하의 식 (15)로 표시된다(S2).

[0148]
$$e_{2a} = (e_{ab} - e_{ca}) / 3$$

[0149]
$$e_{2b} = (e_{bc} - e_{ab}) / 3$$

[0150]
$$e_{2c} = (e_{ca} - e_{bc}) / 3$$

[0151]
$$e_{2o} = (e_{2a} + e_{2b} + e_{2c}) / 3 = 0 \quad \dots (15)$$

[0152] 또한, 도 6(b)로부터, 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 이용하여, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 표시하면 상기한 식 (8)을 얻을 수 있다.

[0153] 식 (8)은, 상기한 바와 같이, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})은, 선간전압의 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})와 영상분 전압 e_{1o} 와의 벡터합으로 표시되는 것을 나타내고 있다.

[0154] 한편, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압은, a상의 위상각 ϕ_{1a} 를 α 로 표시하면, a상, b상, C상의 각 상의 위상각 ϕ_{1a} , ϕ_{1b} , ϕ_{1c} 는,

[0155]
$$\phi_{1a} = \alpha$$

[0156]
$$\phi_{1b} = \alpha - 2\pi / 3$$

[0157]
$$\phi_{1c} = \alpha + 2\pi / 3 \quad \dots (16)$$

[0158] 으로 표시되고, 정상분 전압의 위상각은, 서로 120°의 위상차의 관계를 갖는 Y상 전압의 a상과 동상이 된다.

[0159] 이 관계에 의하면, dq축 변환에 의해서 삼상 PWM 컨버터의 제어 대상이 되는 직류 성분을 추출할 수 있기 때문에, 삼상 PWM 컨버터의 제어가 용이해진다(S3).

[0160] 또한, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압에서는, 역상분 전압과 영상분 전압의 정상분 전압에 대한 위상각은 역방향으로 같은 각도가 된다.

[0161] 따라서, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 대신하여, 선간전압의 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 이용하여, 이 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})로부터 정상분 전압 e_p 및 역상분 전압 e_q 를 추출하는 것에 의해서 삼상 PWM 컨버터의 제어 대상이 되는 직류 성분을 추출할 수 있고, 또한, 영상분 전압을 추출하는 것에 의해서 불평형 전압의 보상을 행할 수 있다(S4).

[0162] 다음에, 스텝 S2에서 구한 중심 벡터(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 dq축 변환 처리하고, d축 성분 e_{1d} 와 q축 성분 e_{1q} 를 구한다. 이것은, 삼상 PWM 컨버터의 제어를 직류 성분에 의해서 행하기 때문이다(S3).

[0163] dq축 변환을 행하기 위해서, 공간 벡터로부터 실수(實數) 벡터에의 변환을 행한다. Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})과 삼

상 평형 전압(e_r, e_s, e_t)의 위상차를 α 로 하면, Y상 전압(e_{1a}, e_{1b}, e_{1c})은, 공간 벡터로 표시한 Y상 전압의 실수부에 상당하고, 이하의 식 (17)로 표시된다.

[0164] $e_{1a}=E_{1am}\cos(\omega t+\alpha)$

[0165] $e_{1b}=E_{1bm}\cos(\omega t+\alpha-2\pi/3)$

[0166] $e_{1c}=E_{1cm}\cos(\omega t+\alpha+2\pi/3) \dots (17)$

[0167] 이것들을 dq축 변환하면 d축, q축, 영상분을 얻을 수 있다. 그러나, Δ 결선에서는 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a}, e_{1b}, e_{1c})은 직접 검출할 수 없어 미지수이다. 그 때문에, 그 영상분 전압 e_{1o} 는 불명(不明)이다.

[0168] 따라서, 본 발명에서는, 직접 검출할 수 없는 Y상 전압(e_{1a}, e_{1b}, e_{1c})을 대신하여, 검출이 가능한 선간전압을 중심 벡터 연산하여 얻을 수 있는 중심 벡터(e_{2a}, e_{2b}, e_{2c})를 사용한다. 이것에 의해서, 삼상 불평형 전압 보상을, 1축정시에서의 선간전압에 의해서 행할 수 있다.

[0169] 식 (8)의 Y상 전압(e_{1a}, e_{1b}, e_{1c})을 dq축 변환한 경우에는,

[0170] [수식 1]

[0171]
$$\begin{bmatrix} e_{1d} \\ e_{1q} \\ e_{1z} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos\omega t & \cos(\omega t-2\pi/3) & \cos(\omega t+2\pi/3) \\ -\sin\omega t & -\sin(\omega t-2\pi/3) & -\sin(\omega t+2\pi/3) \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1a} \\ e_{1b} \\ e_{1c} \end{bmatrix} \dots (18)$$

[0172] 이 되고, 식 (15)의 중심 벡터(e_{2a}, e_{2b}, e_{2c})를 dq축 변환한 경우에는

[0173] [수식 2]

[0174]
$$\begin{bmatrix} e_{2d} \\ e_{2q} \\ e_{2z} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos\omega t & \cos(\omega t-2\pi/3) & \cos(\omega t+2\pi/3) \\ -\sin\omega t & -\sin(\omega t-2\pi/3) & -\sin(\omega t+2\pi/3) \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{2a} \\ e_{2b} \\ e_{2c} \end{bmatrix}$$

[0175]
$$= \begin{bmatrix} e_{1d} \\ e_{1q} \\ 0 \end{bmatrix} \dots (19)$$

[0175] 이 된다.

[0176] 식 (18)과 식 (19)식으로 표시되는 dq축 변환한 d축 성분 e_{1d}, e_{2d} 및 q축 성분 e_{1q}, e_{2q} 는, 식 (14)식에 나타내는 영상분 전압 e_{1o} 성분에게 영향을 받지 않고, 각각 동일한 값을 나타낸다.

[0177] 이것은, 1축정시점에서 얻을 수 있는 순시의 선간전압(e_{ab}, e_{bc}, e_{ca})의 식 (15)를 dq축 변환하여 얻을 수 있는 식 (19)식을 채용하는 것에 의해서, PFC 제어를, 복수 시점의 측정치를 이용하는 일 없이, 1축정시점의 선간전압을 취득함으로써, 고속으로 응답하는 것이 가능하게 된다.

[0178] 한편, 식 (19)식을 이용하여 PFC 제어를 행하는 경우에는, 식 (19)중에 영상분 전압 e_{1o} 이 나타나지 않는다. 그 때문에, 영상분 전압 e_{1o} 는, 정상분 전압 및 역상분 전압을 이용하여 산출한다. 이 영상분 전압 e_{1o} 의 산출에 대해서는 후술한다(S3).

[0179] 다음에, dq축 변환으로 얻어진 d축 성분 e_{1d} 와 q축 성분 e_{1q} 로부터 대칭분 전압(정상분 전압, 역상분 전압, 영상분 전압)을 구한다(S4).

[0180] (대칭분 전압의 산출)

[0181] 이하, 대칭분 전압의 산출에 대해 도 4의 플로우차트를 이용하여 설명한다.

[0182] 서로 120° 의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})의 정상분 전압을 e_{1p} , 역상분 전압을 e_{1n} , 영상분 전압을 e_{1o} 로 하면, Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})은

[0183]
$$e_{1a} = e_{1p} + e_{1n} + e_{1o}$$

[0184]
$$e_{1b} = e_{1p} \cdot e^{-j2\pi/3} + e_{1n} \cdot e^{j2\pi/3} + e_{1o}$$

[0185]
$$e_{1c} = e_{1p} \cdot e^{j2\pi/3} + e_{1n} \cdot e^{-j2\pi/3} + e_{1o}$$

[0186]
$$e_{1a} = E_{1pm} \cos(\omega t + \alpha) + E_{1nm} \cos(\omega t + \phi_{1n})$$

[0187]
$$+ E_{1om} \cos(\omega t + \phi_{1o})$$

[0188]
$$e_{1b} = E_{1pm} \cos(\omega t + \alpha - 2\pi/3) + E_{1nm} \cos(\omega t + \phi_{1n} + 2\pi/3)$$

[0189]
$$+ E_{1om} \cos(\omega t + \phi_{1o})$$

[0190]
$$e_{1c} = E_{1pm} \cos(\omega t + \alpha + 2\pi/3) + E_{1nm} \cos(\omega t + \phi_{1n} - 2\pi/3)$$

[0191]
$$+ E_{1om} \cos(\omega t + \phi_{1o}) \quad \dots (20)$$

[0192] 로 표시되고, 이것들을 dq축 변환하는 것에 의해서 이하의 식 (21)을 얻을 수 있다.

[0193] [수식 3]

[0194]
$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} e_{1d} \\ e_{1q} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} e_{1dp} \\ e_{1qp} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1dn} \\ e_{1qn} \end{bmatrix} \\ &= E_{1pm} \begin{bmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{bmatrix} + E_{1nm} \begin{bmatrix} \cos(2\omega t + \phi_{1n}) \\ -\sin(2\omega t + \phi_{1n}) \end{bmatrix} \quad \dots (21) \end{aligned}$$

[0195] 식 (21)의 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})은 직류분에 해당하고, 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})은 교류분에 해당하기 때문에, 주파수 분리에 의해서 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})과 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})을 추출할 수 있다.

[0196] 이 주파수 분리는, 밴드패스 필터나 로우패스 필터를 이용하여 행할 수 있다. 예를 들면, 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})은 로우패스 필터에 의해서 추출할 수 있고, ($E_{1pm} \cos \alpha$, $E_{1pm} \sin \alpha$)를 얻을 수 있다. 또한, 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})은 dq축 변환한 원래 신호로부터 추출한 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})을 빼는 것에 의해서 추출할 수 있고, ($E_{1nm} \cos(2\omega t + \phi_{1n})$, $-E_{1nm} \sin(2\omega t + \phi_{1n})$)를 얻을 수 있다(S41, S42).

[0197] 측정시점의 시각을 t_s 로 하면, 정상분 전압의 위상각 α 와 역상분 전압의 위상각 ϕ_{1n} 은

[0198] 각각

[0199]
$$\alpha = \tan^{-1}(e_{1qp}/e_{1dp}) \quad \dots (22)$$

[0200]
$$\phi_{1n} = -2\omega t_s - \tan^{-1}(e_{1qn}/e_{1dn}) \quad \dots (23)$$

[0201] 으로 구할 수 있다.

[0202] 또한, 역상분 전압 e_{1n} 은,

[0203]
$$3e_{1n} = E_{1am} \cos(\omega t + \alpha) + E_{1bm} \cos(\omega t + \alpha + 2\pi/3)$$

[0204]
$$+ E_{1cm} \cos(\omega t + \alpha - 2\pi/3) \quad \dots (24)$$
로부터,

[0205] [수식 4]

[0206]
$$e_{1n} = \frac{1}{3} \sqrt{\left\{ E_{1am} - \frac{1}{2} (E_{1bm} + E_{1cm}) \right\}^2 + \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} (E_{1bm} - E_{1cm}) \right\}^2} \cos(\omega t + \alpha + \phi') \quad \dots (25)$$

[0207] [수식 5]

[0208]
$$\phi' = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} (E_{1bm} - E_{1cm})}{E_{1am} - \frac{1}{2} (E_{1bm} + E_{1cm})} \right) \quad \dots (26)$$

[0209] 이 된다.

[0210] 또한, 영상분 전압 e_{1o} 는,

[0211] [수식 6]

[0212]
$$e_{1o} = \frac{1}{3} \sqrt{\left\{ E_{1am} - \frac{1}{2} (E_{1bm} + E_{1cm}) \right\}^2 + \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} (E_{1bm} - E_{1cm}) \right\}^2} \cos(\omega t + \alpha - \phi') \quad \dots (27)$$

[0213] 가 된다.

[0214] 상기 식에 있어서,

[0215] $E_{1om} = E_{1nm}$

[0216] $\phi_{1n} = \alpha + \phi'$

[0217] $\phi_{1o} = \alpha - \phi'$

[0218] 의 관계로부터,

[0219] $\phi_{1o} = 2\alpha - \phi_{1n} \quad \dots (28)$

[0220] 의 관계가 있기 때문에, 영상분 전압 e_{1o} 의 위상 ϕ_{1o} 는 이하의 식 (29)로 표시된다.

[0221] $\phi_{1o} = 2\omega t_s + 2 \tan^{-1}(e_{1qp}/e_{1dp}) + \tan^{-1}(e_{1qn}/e_{1dn}) \quad \dots (29)$

[0222] (S43).

[0223] 또한, 영상분 전압 e_{1o} 의 진폭 E_{1om} 은, 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})으로부터

[0224] $E_{1om} = (e_{1dn}^2 + e_{1qn}^2)^{1/2} \quad \dots (30)$

[0225] 으로 표시된다(S44).

[0226] 따라서, 영상분 전압 e_{1o} 는,

[0227] $e_{1o} = (e_{1dn}^2 + e_{1qn}^2)^{1/2} \cdot \cos(\omega t + \phi_{1o}) \quad \dots (31)$

[0228] 이 된다(S45).

[0229] 이것에 의해, 서로 120°의 위상차를 갖는 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})은 이하의 식 (32)~(34)로 표시된다.

[0230] $e_{1a} = (e_{ab} - e_{ca}) / 3 + (e_{1dn}^2 + e_{1qn}^2)^{1/2} \cdot \cos(\omega t + \phi_{1o}) \quad \dots (32)$

[0231]
$$e_{1b}=(e_{bc}-e_{ab})/3+(e_{1dn}^2+e_{1qn}^2)^{1/2} \cdot \cos (\omega t+\phi_{1o}) \cdots (33)$$

[0232]
$$e_{1c}=(e_{ca}-e_{bc})/3+(e_{1dn}^2+e_{1qn}^2)^{1/2} \cdot \cos (\omega t+\phi_{1o}) \cdots (34)$$

[0233] 다음에, 영상분 전압에 의해 불평형 전압 보상을 행하는 동시에 PFC 제어를 행하여(S5), 서로 120°의 위상각을 갖고, 불평형 전압 보상 및 역률 제어를 한 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 구하고(S6), 구한 Y상 전압(e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})에 기초하여 삼상 PWM 컨버터를 제어하는 제어신호를 생성한다(S7).

[0234] [불평형 전압 보상장치의 구성예]

[0235] 다음에, 본 발명의 불평형 전압 보상장치에 대해서, 보다 상세한 구성예에 대해서 도 7을 이용하여 설명한다.

[0236] 도 7에 도시하는 불평형 전압 보상장치의 구성예는, 도 2에 나타낸 개략 구성과 같이, 삼상 교류 전원(100)으로부터 공급되는 삼상 교류 전력의 삼상 교류 전압을, 삼상 컨버터(200)에서 PWM 변환하여 직류 전압을 직류 부하(300)에 출력한다.

[0237] 본 발명의 불평형 전압 보상장치(1)는, 배전선 삼상 평형 전압이 e_a , e_b , e_c 의 각 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})으로부터 Y상 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 구하는 중심 벡터 연산부(10)와, 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 Y상 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})으로부터 삼상의 평형계의 대칭분 전압(e_{1dp} , e_{1dq} , e_{1dn} , e_{1qn})을 산출하는 대칭 좌표성분 산출부 (20)와, 삼상 교류 전압의 불평형 전압을 보상하는 보상신호를 형성하고, 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 출력하기 위한 제어신호를 생성하는 덧셈부 (30)를 구비하여, 불평형 전압 보상부를 구성한다.

[0238] 또한, 본 발명의 불평형 전압 보상장치(1)는, PFC 제어를 행하기 위해서, 정전류 제어부(40), 평균전력 연산부(50)를 구비한다. 기타, 배전선상에 있어서, 삼상 PWM 컨버터(200)의 입력측에는, 선간전압을 검출하기 위한 접점(61)과 전류치를 측정하기 위한 센서(63)와 교류 리액터(60)가 설치되고, 삼상 PWM 컨버터(200)의 출력측에는 직류 전압을 검출하기 위한 접점(67)과 직류 전류를 측정하기 위한 센서(65)와 출력 평활용의 콘덴서(69)가 설치된다.

[0239] 삼상 PWM 컨버터(200)의 입력측에서는, 접점(61)에 선간전압 검출부(62)가 접속되어, 선간전압 검출부(62)에 의해서 삼상 전압의 선간전압이 측정된다. 또한, 센서(63)에는 전류 검출부(64)가 접속되고, 전류 검출부(64)에 의해서 삼상 전압의 전류가 측정된다.

[0240] 또한, 삼상 PWM 컨버터(200)의 출력측에서는, 접점(67)에 전압 검출부(68)가 접속되고, 전압 검출부(68)에 의해서 출력전압이 측정된다. 또한, 센서(65)에는 전류 검출부(66)가 접속되고, 전류 검출부(66)에 의해서 출력 전류가 측정된다.

[0241] 3상 교류 전원은, 전압 V_a , V_b , V_c 의 3상입력 전력을 출력한다. 전압 V_a , V_b , V_c 는, 각각 a상, b상, C상의 상 전압이다. 접점(61)은, a상, b상, c상의 선과의 각각의 접점을 갖는다. 센서(63)는, a상, c상의 선에 설치되어, 3상 교류 전원으로부터 입력되는 교류 입력 전류를 검출하는 전류 센서이다. 교류 리액터(60)는, a상, b상, c상의 선상에 설치되어, 고주파 전류를 저지한다.

[0242] 3축으로부터 2축으로의 변환, 혹은 2축에서 3축으로의 변환을 행하는 dq축 변환부(81,82,83)를 구비한다. dq축 변환부(81)는 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 Y상 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 d축전압 e_{1d} 와 q축전압 e_{1q} 로 변환하고, dq축 변환부(82)는 2축의 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})을 3축의 역상분 전압(e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})으로 변환하고, dq축 변환부(83)는 전류 검출부(64)에서 구한 i_a , i_b , i_c 를 d축전류 i_d 와 q축전류 i_q 로 변환하고, dq축 변환부(84)는 2축의 정전류 제어 후의 정상분 전압(V_{dp}^{*r} , V_{qp}^{*r})을 3축의 정상분 전압(e_{1ap} , e_{1bp} , e_{1cp})으로 변환한다.

[0243] 또한, 동기신호 생성부(70)를 중심 벡터 연산부(10)에 접속하고, 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 Y상 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})에 기초하여, dq축 변환부(81,82,83)와 동기(同期)로 하기 위한 동기신호 s를 생성한다.

[0244] 삼상 컨버터(200)는, 삼상 PWM 회로(200a)와, 삼상 PWM 회로(200a)의 동작을 제어하여 PWM 제어를 행하게 하는 펄스신호를 발생하는 삼상 PWM 펄스 생성부 (200b)를 구비하고, 삼상 PWM 펄스 생성부(200b)는 덧셈부(30)에서 생성한 상 전압 (V_d , V_e , V_f)에 기초하여 펄스신호를 형성한다. 삼상 PWM 회로(200a)는, 예를 들면, 스위칭 소자

에 의해 브릿지 회로를 구성함으로써 형성할 수 있고, 펄스신호에 의해서 스위칭 소자의 온/오프 동작을 제어하여 PWM 제어를 행하게 한다.

- [0245] 삼상 컨버터(200)의 삼상 PWM 회로(200a)는, 예를 들면, IGBT 등의 반도체 스위칭 소자와 다이오드에 의해 구성되고, 반도체 스위칭 소자의 각 게이트의 온 오프 제어에 의해서, 입력되는 3상 교류 전력을 직류 전력으로 변환하여 출력한다.
- [0246] 삼상 컨버터(200)의 출력측에는, 콘덴서(69)와, 센서(65)와, 접점(67)이 설치된다. 콘덴서(69)는, 삼상 컨버터(200)로부터 출력되는 직류 전압을 평활화한다. 센서(65)는, 삼상 컨버터(200)로부터 출력되는 직류 출력을 검출하는 전류 센서이며, 전류 검출부(66)에 의해서 직류 출력 전류의 전류치 I_{dc} 가 검출된다. 접점(67)은, 삼상 컨버터(200)의 직류 출력의 선과의 접점이며, 전압 검출부(68)에 의해서 직류 출력전압의 전압치 V_{dc} 가 검출된다.
- [0247] 이하, 불평형 전압 보상장치(1)의 각 부에 대해서 설명한다.
- [0248] 선간전압 검출부(62)는, 접점(61)에서의 3상 교류 입력 전압의 선간전압 (e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})을 검출한다. 중심 벡터 연산부(10)는, 선간전압 검출부(62)에서 검출한 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})의 신호로부터 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 연산하여 구하고, 구한 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 서로 120° 의 위상차를 갖는 상 전압 (e_{1a} , e_{1b} , e_{1c})을 대신하는 신호로서 이용한다.
- [0249] dq변환부(3상 2상 변환)(81)는, 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 d축, q축(2상)의 전압신호(e_{1d} , e_{1q})로 변환한다. 또한, 동기신호 생성부(70)는 중심 벡터 연산부(10)에서 구한 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 이용하여 동기신호 s 를 생성한다. 이 dq변환부(81)의 dq축 변환은, 상기한 식 (21)에 기초하여 행할 수 있다.
- [0250] 전류 검출부(64)는, 센서(63)에 의해 검출된 a상, c상의 교류 입력 전류의 검출 신호를 취득하여 3상 교류 입력 전류(i_a , i_b , i_c)의 신호를 생성한다. 전류 검출부(64)는, a상, b상, c상의 교류 입력 전류의 총합이 0이 되는 것을 이용하여 3상 교류 입력 전류 신호를 생성하기 때문에, a상, b상, c상중 적어도 2개의 교류 입력 전류를 검출하는 구성이면 3상의 입력 전류를 취득할 수 있다.
- [0251] dq변환부(3상 2상 변환)(83)는, 전류 검출부(64)에서 검출한 3상 교류 입력 전류(i_a , i_b , i_c)의 신호를 d축, q축(2상)의 전류 신호(i_d , i_q)로 변환한다.
- [0252] 대칭 좌표성분 산출부(20)는, 정상분 전압 산출부(21), 역상분 전압 산출부(22), ϕ_{1o} 산출부(23), 및 영상분 전압 산출부(24)를 구비하고, dq변환부(3상 2상 변환)(81)에서 변환한 d축, q축(2상)의 전압신호(e_{1d} , e_{1q})를 입력하고, 대칭분 전압인 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp}), 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn}), 영상분 전압(e_{1o})을 산출한다.
- [0253] 상기한 식 (21)에 있어서, 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 dq축 변환하여 얻을 수 있는 d축전압 e_{1d} 및 q축전압 e_{1q} 에 있어서, 직류분($E_{1pm}\cos\alpha$, $E_{1pm}\sin\alpha$)은 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})에 상당하고, 교류분($E_{1nm}\cos(2\omega t + \phi_{1n})$, $-E_{1nm}\sin(2\omega t + \phi_{1n})$)은 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})에 상당하고, 주파수 분리에 의해서 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})과 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})을 추출할 수 있다.
- [0254] 정상분 전압 산출부(21)는, 예를 들면, 밴드패스 필터나 로우패스 필터를 이용하여 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})을 추출할 수 있다. 또한, 역상분 전압 산출부(22)는, dq축 변환한 원래의 신호로부터, 정상분 전압 산출부(21)에서 추출한 정상분 전압 (e_{1dp} , e_{1qp})을 빼는 것에 의해서, 역상분 전압($E_{1nm}\cos(2\omega t + \phi_{1n})$, $-E_{1nm}\sin(2\omega t + \phi_{1n})$)을 추출할 수 있다.
- [0255] 상기한 바와 같이, 영상분 전압 e_{1o} 는 식 (31)로 표시할 수 있고, 이 중, 영상분 전압 e_{1o} 의 위상 ϕ_{1o} 는 식 (29)로 표시되고, 영상분 전압 e_{1o} 의 진폭 E_{1om} 은, 식 (30)으로 표시된다.
- [0256] 따라서, ϕ_{1o} 산출부(23)에 의해서, 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})과 역상분 전압 (e_{1dn} , e_{1qn})을 이용하여 위상 ϕ_{1o} 를 산

출하여 영상분 전압 산출부(24)에 입력하고, 영상분 전압 산출부(24)는, ϕ_{1o} 산출부(23)에서 산출한 위상 ϕ_{1o} 과, 역상분 전압 산출부(22)에서 산출한 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})을 이용하여 영상 전압 e_{1o} 를 산출한다.

[0257] 정상분 전압 산출부(21)에서 산출된 정상분 전압(e_{1dp} , e_{1qp})은, 정전류 제어부(40)에서 정전류 제어되어, dq변환부(84)의 2-3축 변환에 의해서 정상분 전압 (e_{1ap} , e_{1bp} , e_{1cp})에 대응한 정상분 전압(V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp})으로 변환된 후, 덧셈부(30)에 입력된다.

[0258] 또한, 역상분 전압 산출부(22)에서 산출된 역상분 전압(e_{1dn} , e_{1qn})은, dq 변환부(82)에서 2-3축 변환되어, 역상분 전압(e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})으로 변환된 후, 덧셈부 (30)에 입력된다. 또한, 영상분 전압 산출부(24)에서 산출된 영상분 전압 e_{1o} 는, 덧셈부(30)에 입력된다.

[0259] 덧셈부(30)는, 입력한 정상분 전압(V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp})과 역상분 전압(e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})와 영상분 전압 e_{1o} 를 더하여 상 전압(e_d , e_e , e_f)을 출력한다. 이 상 전압(e_d , e_e , e_f)는, 불평형 보상 및 정전류 제어가 이루어진 신호이다. 삼상 PWM 컨버터 (200)의 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)는, 이 상 전압(e_d , e_e , e_f)에 기초하여 삼상 PWM 회로(200a)를 제어하는 제어 펄스 신호를 생성한다.

[0260] 이하, 정전류 제어를 위한 구성에 대해 설명한다.

[0261] 삼상 PWM 컨버터의 정전류 제어를 행하기 위해서, 입력 전력과 입력 전압의 관계식을 알 필요가 있다.

[0262] 정상분 전류 진폭 I_{pm} , 역상분 전류 진폭 I_{nm} 에 의한 a상 전류 i_a 를 공간 벡터 I_a 로 표현하고,

[0263]
$$I_a = I_{pm} e^{j(\omega t + \beta)} + I_{nm} e^{-j(\omega t + \beta)} \dots (35)$$
로 한다.

[0264] 한편, (20)식에 나타내는 a상분 전압 e_{1a} 를 공간 벡터 V_{1a} 로 변환하고, 입력 전력 P_{in} 을 구하면,

[0265] [수식 7]

$$\begin{aligned} P_{in} &= P + jQ = \frac{3}{2} V_{1a} I_a^* \\ &= \frac{3}{2} \left\{ E_{1pm} e^{j(\omega t + \alpha)} + E_{1nm} e^{-j(\omega t + \phi_{1n})} \right\} \left\{ I_{pm} e^{-j(\omega t + \beta)} + I_{nm} e^{j(\omega t + \lambda n)} \right\} \\ &= \frac{3}{2} \left\{ E_{1pm} I_{pm} e^{j(\alpha - \beta)} + E_{1nm} I_{nm} e^{-j(\phi_{1n} - \lambda n)} \right. \\ &\quad \left. + E_{1pm} I_{nm} e^{j(2\omega t + \alpha + \lambda n)} + E_{1nm} I_{pm} e^{-j(2\omega t + \phi_{1n} + \beta)} \right\} \dots (36) \end{aligned}$$

[0266]

[0267] 가 된다.

[0268] 역상분 전류 I_{nm} 은 영(零)전류 제어를 하는 것에 의해, $I_{nm}=0$ 이 된다.

[0269] 이 " $I_{nm}=0$ "의 조건하에서, 식 (36)으로 표시되는 입력 전력 P_{in} 중의 P와 Q는,

[0270] [수식 8]

$$\begin{aligned} P &= \frac{3}{2} \left\{ v_{dp}^{\circ} i_{dp}^{\circ} + v_{qp}^{\circ} i_{qp}^{\circ} + \cos 2\omega t (v_{dn}^{\circ} i_{dp}^{\circ} + v_{qn}^{\circ} i_{qp}^{\circ}) \right. \\ &\quad \left. + \sin 2\omega t (v_{qn}^{\circ} i_{dp}^{\circ} - v_{dn}^{\circ} i_{qp}^{\circ}) \right\} \dots (37) \end{aligned}$$

[0271]

[0272] [수식 9]

$$\begin{aligned} Q &= \frac{3}{2} \left\{ v_{qp}^{\circ} i_{dp}^{\circ} - v_{dp}^{\circ} i_{qp}^{\circ} + \cos 2\omega t (v_{qn}^{\circ} i_{dp}^{\circ} - v_{dn}^{\circ} i_{qp}^{\circ}) \right. \\ &\quad \left. - \sin 2\omega t (v_{dn}^{\circ} i_{dp}^{\circ} + v_{qn}^{\circ} i_{qp}^{\circ}) \right\} \dots (38) \end{aligned}$$

[0273]

[0274] 이다.

[0275] 다만,

[0276] [수식 10]

$$\left. \begin{aligned} v_{dp}^e &= E_{1pm} \cos \alpha, & v_{qp}^e &= E_{1pm} \sin \alpha \\ v_{dn}^e &= E_{1nm} \cos \phi_{1n}, & v_{qn}^e &= -E_{1nm} \sin \phi_{1n} \\ i_{dp}^e &= I_{pm} \cos \beta, & i_{qp}^e &= I_{pm} \sin \beta \end{aligned} \right\} \dots (39)$$

[0277]

[0278] 이다.

[0279] 식 (36)식의 P_{in} 의 평균치 전력 제어와 역상분 전류의 영제어를 행하는 경우는, 식 (37)과 식 (38)의 $2\omega t$ 의 항은 소거할 수 있고, P 및 Q의 평균치 전력을 P_{ave} , Q_{ave} 라고 하면,

[0280] [수식 11]

$$\begin{bmatrix} P_{ave} \\ Q_{ave} \end{bmatrix} = \frac{3}{2} \begin{bmatrix} v_{dp}^e & v_{qp}^e \\ v_{qp}^e & -v_{dp}^e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{dp}^e \\ i_{qp}^e \end{bmatrix} \dots (40)$$

[0281]

[0282] 를 얻을 수 있다.

[0283] 한편, PI 제어에 의한 P_{in} 의 평균치 전력 P_{ave} 는 전압 지령치를 V_{dc}^{*r} 로 하면

[0284] [수식 12]

$$P_{ave} = \left(k_p v + \frac{k_i v}{s} \right) (v_{dc}^{*r} - v_{dc}) + v_{dc} i_{dc} \dots (41)$$

[0285]

[0286] 으로서 주어진다.

[0287] 식 (40)의 Q_{ave} 를 영 제어하는 경우의 전류 지령치는, 식 (40)식의 전류항을 각각 i_{dc}^{*r} , i_{qc}^{*r} 로 치환하고,

[0288] [수식 13]

$$\begin{bmatrix} i_{dp}^{*r} \\ i_{qp}^{*r} \end{bmatrix} = \frac{2}{3(v_{dp}^e + v_{qp}^e)} \begin{bmatrix} v_{dp}^e & v_{qp}^e \\ v_{qp}^e & -v_{dp}^e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{ave} \\ 0 \end{bmatrix} \dots (42)$$

[0289]

[0290] 가 된다.

[0291] 이 식 (42)은 입력 전력과 입력 전압에 의한 전류 지령치를 표시하고 있다. 이 전류 지령치를 이용한 정전류 제어에 의한 출력신호 v_{dp}^{*r} , v_{qp}^{*r} 은,

[0292] [수식 14]

$$v_{dp}^{*r} = - \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{dp}^{*r} - i_d) + \omega L i_q + e_{dp} \dots (43)$$

[0293]

[0294] [수식 15]

$$v_{qp}^{*r} = - \left(k_p + \frac{k_i}{s} \right) (i_{qp}^{*r} - i_q) - \omega L i_d + e_{qp} \dots (44)$$

[0295]

- [0296] 로 주어진다.
- [0297] 정전류 제어부(40)는, 평균전력 연산부(50)에서 구한 평균 전력에 기초하여 전류 지령치를 구하여, 이 전류 지령치와 전류 검출부(64)에서 검출한 입력측 전류를 비교하는 것에 의해서, 정상분 전압 산출부(21)로부터 얻어진 정상분 전압을 정전류 제어하여, 얻어진 제어치(V_{dp}^{*r} , V_{qp}^{*r})를 dq변환부(84)에서 3축의 정상신호 (V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp})로 변환한 후, 덧셈부(30)에 입력한다.
- [0298] 전류 검출부(66)는, 센서(65)에 의해 검출된 직류 출력 전류의 검출신호를 취득하고 직류출력 전류신호 i_{dc} 를 생성한다. 전압 검출부(68)는, 접점(67)에서의 직류출력 전압을 검출하고 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 생성한다.
- [0299] 평균전력 연산부(50)는, 곱셈부(51), 뺄셈부(52), 직류 전압 제어부(53), 덧셈부(54)를 구비한다.
- [0300] 뺄셈부(52)는, 전압 지령치로서 설정된 어느 일정한 전압치를 나타내는 직류전압 지령치 신호 v_{dc}^{*r} 로부터, 전압 검출수단(68)에 의해 검출된 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 빼서 그 편차신호를 출력한다. 곱셈부(51)는, 전류 검출부(66)에 의해 검출된 직류출력 전류신호 i_{dc} 와, 전압 검출부(68)에 의해 검출된 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 서로 곱하여 순시 전력신호 P_{dc} 를 산출한다.
- [0301] 직류 전압 제어부(53)는, 뺄셈부(52)에 의해 산출된 편차신호로부터, 직류출력 전압신호 V_{dc} 를 일정 전압치로 제어하기 위한 PI(Proportional Integral) 제어 결과로서의 직류전압 제어신호를 생성한다. 덧셈부(54)는, 곱셈부(51)에 의해 산출된 순시 전력신호 P_{dc} 와, 직류전압 제어부(53)에 의해 생성된 직류 전압 제어신호를 더하여 평균 전력신호 P 를 생성한다.
- [0302] 정전류 제어부(40)는, 전류 지령치를 생성하는 정전류 지령치 생성부(41), 전류 지령치에 기초하여 정전류 제어한 출력신호를 생성하는 정전류 제어 출력부(42a, 42b)를 구비한다. 정전류 제어 출력부(42a)는 d축의 출력신호 v_{dp}^{*r} 을 생성하고, 정전류 제어 출력부(42b)는 q축의 출력신호 v_{qp}^{*r} 을 생성한다.
- [0303] 정전류 지령치 생성부(41)는, 덧셈부(54)에서 산출된 평균 전력신호 P_{ave} 와, 정상분 전압 산출부(21)에 의해 분리된 d축, q축의 전압신호의 정상분(e_{1dp} , e_{1qp})에 기초하여 연산에 의해 전류 지령치의 신호(i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r})를 생성한다.
- [0304] 정전류 제어 출력부(42a)는, dq변환부(83)로부터의 i_d 와 전류 지령치의 신호 i_{dp}^{*r} 에 기초하여 정전류 제어를 행하여 d축의 출력신호 v_{dp}^{*r} 을 생성한다. 정전류 제어 출력부(42b)는, dq변환부(83)로부터의 i_q 와 전류 지령치의 신호 i_{qp}^{*r} 에 기초하여 정전류 제어를 행하여 q축의 출력신호 v_{qp}^{*r} 을 생성한다. 정전류 제어는, 입력 전류를 일정 전류치로 제어하기 위한 PI 제어에 의해 행한다.
- [0305] 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)는, 덧셈부(30)의 덧셈부(31b)에 의해 산출된 신호(V_d , V_e , V_f)를 게이트 제어신호로 하고, 캐리어 주파수 발생부(도시하고 있지 않음)에 의해 발생된 삼각파 신호와 비교하여, PWM 신호로서의 게이트 펄스신호를 생성하고, 삼상 PWM 회로(200a)의 반도체 스위칭 소자의 각 게이트에 출력한다.
- [0306] [불평형 전압 보상장치의 동작예]
- [0307] 다음에, 불평형 전압 보상장치(1)의 동작예를 설명한다.
- [0308] 중심 벡터 연산부(10)는, 선간전압(e_{ab} , e_{bc} , e_{ca})으로부터 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 산출하고, dq축 변환부(81)는 산출한 중심 벡터 전압(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})을 식 (21)로 나타나는 d축의 전압신호 e_{1d} 와 q축의 전압신호 e_{1q} 로 변환한다.
- [0309] 식 (21)의 우변 제 1 항은, d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 를 나타내고, 우변 제 2 항은 d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 의 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 을 나타내고 있으므로, d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 는, 필터 등에 의한 주파수 분리에 의해서 d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 와, 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 에 정상 역상 분리할 수

있다. 정상 역상 분리는, 정상분 전압 산출부(21) 및 역상분 전압 산출부 (22)에 의해서 행할 수 있다. dq축 변환부(82)는, 정상 역상 분리한 d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 의 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 을, 3상의 역상분의 상 전압신호 (e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})로 변환한다.

[0310] 한편, 영상분 전압 산출부(24)는, 산출한 정상분 전압 및 역상분 전압의 신호치를 이용하여 영상분 전압 e_{1o} 를 산출한다.

[0311] 또한, 입력 전력에 대해서, 유효 전력신호 P_{ave} 및 무효 전력신호 Q_{ave} 는, d축, q축의 전압신호 v_d , v_q 의 정상분 v_{dp}^e , v_{qp}^e 와 입력지령 전류 신호 i_{dp}^e , i_{qp}^e 에 의해 식 (40)으로 표시된다.

[0312] 전류 검출부(66)는, 센서(65)를 통하여 직류출력 전류신호 i_{dc} 를 검출한다. 전압 검출부(68)는, 점점(67)을 거쳐 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 검출한다. 곱셈부 (51)는, 직류출력 전류신호 i_{dc} 와 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 곱하고, 직류출력 전력신호 P_{dc} 를 출력한다. 뺄셈부(52)는, 직류전압 지령치 신호 v_{dc}^{*r} 로부터 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 빼서 편차신호를 생성하고, 직류 전압 제어부(53)는, 직류전압 지령치 신호 v_{dc}^{*r} 과 직류출력 전압신호 v_{dc} 와의 편차신호에 대해서, 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 일정 전압치로 제어하기 위한 PI 제어를 행하여 직류전압 제어신호를 생성한다.

[0313] 덧셈부(54)는, 직류 전압 제어부(53)로부터 출력되는 직류 전압 제어신호와 직류출력 전력신호 P_{dc} 를 더하여 평균 전력신호 P_{ave} 로서 출력된다. 평균 전력신호 P_{ave} 는, 식 (41)에 도시하는 바와 같이, 직류전압 지령치 신호 v_{dc}^{*r} 과 직류출력 전압신호 v_{dc} 와의 편차신호를 PI 제어하여 얻을 수 있는 직류전압 제어신호와 직류출력 전력신호 $P_{dc}(=v_{dc} \cdot i_{dc})$ 를 더한 것이 된다.

[0314] 식 (40)의 무효 전력 Q 는, 입력 역률이 1이 되도록 제어되기 때문에 영이 된다. 이것에 의해, 식 (40)은, 식 (42)에 도시하는 입력지령 전류 신호 i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r} 의 식으로 변형된다.

[0315] 정전류 지령치 생성부(41)는, 평균 전력신호 P_{ave} 와, 정상분 전압 산출부(21)에서 산출된 d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 에 기초하여 입력지령 전류신호 i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r} 를 생성하여 출력한다.

[0316] 정전류 제어의 입력 전류측에 있어서, 전류 검출부(64)는 센서(63)를 통하여 3상 교류 전원(100)으로부터 출력되는 3상 교류 전력의 3상 교류 입력 전류 신호 i_a , i_b , i_c 를 검출한다.

[0317] dq축 변환부(83)(3상 2상 변환)는, 검출한 3상 교류 입력 전류 신호 i_a , i_b , i_c 를, d축, q축의 전류 신호 i_d , i_q 로 변환한다.

[0318] d축, q축의 정전류 제어 출력부(42a,42b)는, d축, q축의 전류 신호 i_d , i_q 를 입력 전류의 피드백치로서 입력한다. 또한, 정전류 제어 출력부(42a,42b)는, 정전류 지령치 생성부(41)로부터 d축, q축의 정상분의 전류 지령치의 신호 i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r} 을 입력하고, d축, q축의 전류 신호 i_d , i_q 와 전류 지령치의 신호 i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r} 의 편차신호에 기초하여, 소정의 연산에 의해 입력 전류를 일정 전류치로 제어하기 위한 제어신호 V_{dp}^{*r} , V_{qp}^{*r} 을 생성하여 출력한다.

[0319] 한편, 정전류 제어 출력부(42a)가 행하는 d축 제어는 식 (43)으로 표시되고, 정전류 제어 출력부(42b)가 행하는 q축 제어는 식 (44)로 표시된다.

[0320] dq 변환부(84)는, 제어치 V_{dp}^{*r} , V_{qp}^{*r} 을 3축의 정상신호(V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp})로 변환한 후, 덧셈부(30)에 입력한다.

[0321] 덧셈부(30)에 있어서, 덧셈부(31a)는, dq축 변환부(82)에서 변환하여 얻어진 역상분의 상 전압신호(e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})에, 영상분 전압 산출부(24)에서 산출한 영상분 전압 e_{1o} 를 더한다. 덧셈부(31b)는, 덧셈부(31a)에서 덧셈한

상 전압신호(e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn})와 영상분 전압 e_{1o} 와의 덧셈 신호에, dq축 변환부(84)에서 변환하여 얻어진 정상분의 상 전압신호(V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp})를 더하고, 3상의 전압신호(V_d , V_e , V_f)를 생성하고, 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)에 출력한다.

[0322] 삼상 PWM 제어 펄스 생성부(200b)는, 3상의 전압신호(V_d , V_e , V_f)에 기초하여, 삼상 PWM 회로(200a)를 제어하는 게이트 제어신호를 생성하고, 캐리어 주파수 발생부(도시하지 않음)로부터 발생된 삼각파 신호를 비교하여, PWM(Pulse Width Modulation) 변환에 의해서 게이트 펄스 신호를 생성하고 삼상 PWM 회로(200a)의 반도체 스위칭 소자의 각 게이트에 출력하고, 각 게이트를 온/오프 제어한다.

[0323] 다음에, 불평형 전압 보상장치(1)의 평형상태시 및 불평형 상태시의 동작을 설명한다. 한편, 불평형 상태는, 단시간의 기간 전압이 저하하는 전압 상태(순시전압저하) 외, 장기간에 걸쳐 삼상의 전압 사이에 불평형 상태가 생기는 경우를 포함하는 것이다. 한편, 직류 부하(300)의 부하량은 일정한 것으로 가정한다.

[0324] [평형상태의 동작]

[0325] 순시전압저하가 발생하기 전의 상태에서는, 3상 교류 전원(100)의 3상 교류 입력 전압은, 평형상태에 있다. 이 평형상태에서는, 도 17에 도시하는 바와 같이, 3상 전압신호 e_r , e_s , e_t 는 정상 전압 e_{1p} 만으로 이루어지고, 이 때, 식 (21)에 도시하는 d축 전압신호 e_{1d} 는 E_{1pm} , q축 전압신호 e_{1q} 는 0이 된다. 여기서, Z_{12} , Z_{23} , Z_{31} 은 개방되어 있기 때문에, Z_{12} 에 의한 위상 지연은 무시할 수 있어, 식 (1), (2), (3), 식 (17)은 일치한다고 할 수 있어, $\alpha=0$ 으로 할 수 있다.

[0326] 이 때, 전류 지령치의 신호 i_{dp}^{*r} , i_{qp}^{*r} 은, 식 (42)로부터

[0327]
$$i_{dp}^{*r} = (2/3) \cdot (P_{ave}/E_{1pm})$$

[0328]
$$i_{qp}^{*r} = 0 \quad \dots (45)$$

[0329] 로 표시된다.

[0330] 지령치 전류 신호 i_{qp}^{*r} 가 0인 것으로부터, 정전류 지령치 생성부(41)로부터 입력 역률이 1이 되도록 전류 제어가 행하여진다. 또한, 직류 전압 제어부(53)에 의해, 직류 출력전압이 일정치로 제어되기 때문에, 직류 부하(300)측에는 항상 일정한 직류 전력이 송출된다.

[0331] [불평형 상태의 동작]

[0332] 다음에, 3상 교류 전원(100)의 3상 교류 입력 전압의 적어도 1상의 교류 입력 전압이 순시전압저하가 되고, 교류 입력 전압이 불평형이 된 불평형 상태의 경우에 대해 설명한다.

[0333] 교류 입력 전압이 순시전압저하가 되면, 대칭 좌표성분 산출부(20)의 정상분 전압 산출부(21)는 d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 를 출력하고, 역상분 전압 산출부(22)는 d축, q축의 전압신호의 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 을 출력하고, 영상분 전압 산출부(24)는 영상분 e_{1o} 를 출력한다.

[0334] d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 는, 정전류 제어 출력부(42a, 42b)에 의해 전류 지령치 신호와 더해지고, 또한, d축, q축의 전압신호의 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 은, 덧셈부(31a, 31b)를 통하여 더해져 출력신호(V_d , V_e , V_f)가 생성되어, 정전류 지령치 생성부(41)로부터 입력 역률이 1이 되도록 전류 제어가 행하여진다. 또한, 직류 전압 제어부(53)에 의해, 직류 출력전압이 일정치로 제어되기 때문에, 직류 부하(300)측에는 항상 일정한 직류 전력이 송출된다.

[0335] 또한, 출력신호(V_d , V_e , V_f)에 대해서, 역상분 및, 정상분에 영상분 e_{1o} 를 더하는 것에 의해서 전원 전압의 영상분을 중첩시켜, 이 영상분을 중첩시킨 출력신호에 기초하여 삼상 PWM 컨버터의 제어신호를 생성하는 것에 의해서, 3상 교류 입력 전압이 순시 전압의 저하를 보상할 수 있다.

[0336] 본 발명은, 상기한 바와 같이 삼상의 상 전압을, 1축정시점에서 취득한 선간전압에 대해서 벡터 연산을 실시하는 것에 의해서 취득하고, 이 상 전압의 정상 전압 및 역상 전압에 기초하여 PFC 제어에 의해서 정전류 제어를

행하고, 또한, 상 전압으로부터 영상 전압을 산출하고, 이 영상 전압을 정상 전압 및 역상 전압에 중첩시킴으로써 불평형을 보상한다.

- [0337] 본 발명의 불평형 전압 보상에서는, 영상 전압을 산출하는 원래 신호로서, 1측정시점에서 취득하는 선간전압을 이용하고 있다. 이것에 의해서, 1측정시점에서 취득한 측정치로부터 불평형을 보상하는 제어신호를 취득할 수 있다.
- [0338] 통상, 상 전압의 전압 변동의 검출에는, 적어도 절반 사이클의 시간 간격을 필요로 하고, 1측정시점의 측정치에서는, 불평형 상태를 검출 및 보상을 행할 수 없어, 복수의 측정시점에서 구한 측정치가 필요하다. 이에 대해서, 본 발명에서는, 1측정시점에서 취득한 선간전압에 대해서 벡터 연산을 실시하는 것에 의해서 상 전압의 정상 전압 및 역상 전압을 구하여, 이 정상 전압 및 역상 전압으로부터 영상 전압을 산출함으로써, 1측정시점에서 취득한 값만으로부터 불평형을 보상하는 신호를 생성할 수 있다.
- [0339] 또한, 선간전압의 취득과, 취득한 선간전압에 기초하는 불평형 전압 보상은, 1측정시점에 한정하지 않고, 선간전압의 취득과 불평형 보상을 순서대로 반복하는 것에 의해서, 순시의 전압저하를 보상하는 것에 한정하지 않고, 장기간에 걸친 전압의 불평형 상태를 보상할 수 있다.
- [0340] 다음에, 본 발명의 불평형 전압 보상에 대해서, 불평형 전압 보상 동작을 소프트웨어에 의한 CPU의 연산 처리로 행하는 구성예에 대해 도 8, 9를 이용하여 설명한다.
- [0341] 본 발명의 불평형 전압 보상장치(1)는, 회로 구성에 의해 순시전압저하 보상 및 전력 변환의 기능을 실현하는 것 외, 프로그램에 의해서 CPU를 실행시켜 순시전압저하 보상 및 전력 변환의 기능을 실현할 수도 있다.
- [0342] 도 8은 본 발명의 불평형 전압 보상장치를 CPU 및 소프트웨어에 의해서 실현되는 경우의 구성예를 도시하고 있다. 이하에서는, CPU 및 소프트웨어에 의한 구성의 불평형 전압 보상장치에 대해 부호 2를 붙여 설명한다.
- [0343] 도 8에 도시하는 바와 같이, 삼상 교류 전원(100)으로부터 공급되는 삼상 교류 전력에 있어서, 삼상 컨버터(200)에 의해서 삼상 교류 전압을 PWM 변환하여 직류 전압을 직류 부하(300)에 출력한다. 컴퓨터 제어부(2)는 불평형 전압 보상의 기능을 갖고, 삼상 컨버터(200)를 제어하고, 전력 변환 및 불평형 전압 보상을 행한다.
- [0344] 컴퓨터 제어부(2)는, CPU(Central Processing Unit)(2a)와, RAM(Random Access Memory)(2b)와, ROM(Read Only Memory)(2c)과, I/O부(2d)를 구비하고, 각 부는 버스(2e)에 의해서 접속되어 있다.
- [0345] CPU(2a)는, 컴퓨터 제어부(2)의 각 부를 중앙 제어한다. CPU(2a)는, ROM(2c)에 저장되어 있는 시스템 프로그램 및 각종 응용 프로그램중에서 지정된 프로그램을 RAM(2b)에 전개하고, RAM(2b)에 전개된 프로그램과의 협동으로, 각종 처리를 실행한다.
- [0346] CPU(2a)는, 전력 변환 제어 프로그램과의 협동에 의해, 삼상 컨버터(200)가 구비하는 삼상 PWM 펄스 생성부를 제어하고, 3상 교류 전원(100)으로부터 입력되는 3상 교류 입력 전력을 직류 출력 전력으로 변환시키는 동시에, 교류 입력 전압의 불평형 전압 보상을 행한다.
- [0347] RAM(2b)은, 각종 정보를 기억하는 휘발성의 메모리이며, 각종 데이터 및 프로그램을 전개하는 워크 에어리어를 갖는다. ROM(2c)은, 각종 정보를 읽어내기 가능하게 기억하는 메모리이며, 삼상 컨버터를 제어하는 전력 변환 제어 프로그램을 기억한다.
- [0348] I/O부(2d)는, 삼상 컨버터(200)와의 각종 신호의 입출력을 다룬다. I/O부(2d)는, 3상 교류 입력측의 선간전압 및 a상, c상의 교류 입력 전류와 직류 출력측의 직류 출력 전류 및 직류 출력전압을 입력한다. 또한, I/O부(2d)는, 삼상 컨버터(200)의 삼상 브릿지 회로의 반도체 스위칭 소자를 제어하는 게이트 펄스 신호를 출력한다.
- [0349] 다음에, 도 9를 참조하고, 컴퓨터 제어부(2)의 프로그램 제어에 의한 동작을 설명한다.
- [0350] 컴퓨터 제어부(2)에 있어서, 예를 들면, 3상 교류 전원(100)으로부터 3상 교류 전력을 출력하는 것을 트리거로 하여, ROM(2c)으로부터 전력 변환 제어 프로그램 읽어내어 RAM(2b)으로 전개하며, CPU(2a)와 협동하여 전력 변환 제어, 및 불평형 전압 보상 처리를 실행한다.
- [0351] 도 9에 도시하는 플로우차트에 있어서, 먼저, 전압검출처리를 행한다(S101). S101의 공정에서는, I/O부(2d)를 거쳐 3상 교류 전압을 취득하고, 취득한 3상 교류 전압의 선간전압신호 e_{ab} , e_{bc} , e_{ca} 를 검출하고, 중심 벡터 연산에 의해서 상 전압의 신호 e_{2a} , e_{2b} , e_{2c} 를 산출한다. 중심 벡터 연산은, 예를 들면, 도 7의 구성예에서는 중심 벡터 연산부(10)에서 행한다.

- [0352] 산출한 3상의 상 전압신호 e_{2a} , e_{2b} , e_{2c} 를 2상의 d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 로 변환한다. 변환한 d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 로부터 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 와 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 을 분리하여 구하여, d축, q축의 전압신호 e_{1d} , e_{1q} 의 역상분 e_{1dn} , e_{1qn} 을 3상의 상 전압신호 e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn} 으로 변환한다. S101의 공정은, 선간전압 검출부(62), 중심 벡터 연산부(10), dq축 변환부(81), 정상분 전압 산출부(21), 역상분 전압 산출부(22), 영상의 위상 ϕ_0 를 산출하는 위상 ϕ_0 산출부(23), 영상분 전압 산출부(24)에서 행하는 처리에 대응한다.
- [0353] 한편, S101의 공정내의 각 처리는, 적절히 병행하여 행하여진다. 이 공정내의 처리의 병행은, 이하의 S102~S106의 공정에서도 마찬가지이다.
- [0354] S102의 공정에 있어서 동기 계산처리를 행한다. 3상의 상 전압신호 e_{2a} , e_{2b} , e_{2c} 로부터 동기신호 s 를 생성한다. 동기신호 s 는, 예를 들면 상 전압신호 e_{2a} , e_{2b} , e_{2c} 의 중 어느 하나의 상 전압의 영(零) 크로스점(zero cross point)으로부터 구할 수 있고, 상 전압과 영전압을 비교하여, 상 전압이 영전압이 된 시점에서 동기신호 s 를 출력함으로써 생성할 수 있다. 도 7의 구성예에서는, 동기신호 생성부(70)는, 중심 벡터 연산부(10)의 출력신호(e_{2a} , e_{2b} , e_{2c})를 이용하여 실시할 수 있고, 예를 들면, 출력신호 e_{2a} 와 영전압을 비교하는 비교 회로로 구성할 수 있다. 또한, 임의의 시점에서 동기신호를 생성하고, 이 동기신호를 초기치의 동기신호 s 라고 해도 좋다.
- [0355] 동기신호 s 는, S101, S103, S106의 각 공정의 2상-3상 변환 및 3상-2상 변환을 포함한 dq축 변환의 동기(同期)에 이용된다. 그 때, 직전에 실행된 S102의 공정에서 구한 동기신호 s , 또는 초기치의 동기신호 s 를 이용하여 행한다. 따라서, S102의 공정은, 동기신호 생성부(70)에서 행하는 처리에 대응한다.
- [0356] 다음에, S103의 공정에서 전류 검출 처리를 행한다. S103의 공정에서는, I/O부(2d)를 거쳐 입력한 3상의 교류 입력 전류 신호 i_a , i_b , i_c 를 검출하고, d축, q축의 전류 신호 i_d , i_q 로 변환한다. S103의 공정은, 전류 검출부(66) 및 dq축 변환부(83)에서 행하는 처리에 대응한다.
- [0357] 다음에, S104의 공정에서 전압 제어 처리를 행한다. S104의 공정에서는, I/O부(2d)를 거쳐 직류출력 전류신호 i_{dc} 및 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 검출한다. 검출한 직류출력 전류신호 i_{dc} 및 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 곱하여 직류출력 전력신호 P_{dc} 를 산출한다. 또한, 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 직류전압 지령치 신호 V_{dc}^{*r} 로부터 빼서 편차신호를 산출하고, 산출한 편차신호로부터, 직류출력 전압신호 v_{dc} 를 일정 전압치로 제어하기 위한 직류전압 제어신호가 생성된다. 그리고, 직류 전압 제어신호 및 직류출력 전력신호 P_{dc} 를 더하여 평균 전력신호 P_{ave} 를 생성한다. S104의 공정은, 전류 검출부(66), 전압 검출부(68), 뿔셈부(52), 곱셈부(51), 직류 전압 제어부(53) 및 덧셈부(54)에서 행하는 처리에 대응한다.
- [0358] 다음에, S105의 공정에서 전류 제어처리를 행한다. S105의 공정에서는, S104의 공정에서 생성한 평균 전력신호 P_{ave} 와, S101의 공정에서 정상 역상 분리한 d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{dp} , e_{qp} 에 기초하여 전류 지령치 신호 i_{1dp}^{*r} , i_{1qp}^{*r} 을 생성하고, 전류 지령치 신호 i_{1dp}^{*r} , i_{1qp}^{*r} 과 dq변환부에서 변환한 구한 d축, q축의 전류 신호 i_d , i_q 를 이용하여 전류 제어신호를 생성한다. S105의 공정은, 정전류 지령치 생성부(41), 정전류 제어 출력부(42)가 행하는 처리에 대응한다.
- [0359] 다음에, S106의 공정에서 제어 보정처리를 행한다. S106의 공정에서는, S105의 공정에서 생성한 입력 전류 제어신호와, S101의 공정에서 정상 역상 분리한 d축, q축의 전압신호의 정상분 e_{1dp} , e_{1qp} 를 더하고, 식(42), 식(43)에 나타내는 출력신호 v_{dp}^{*r} , v_{qp}^{*r} 을 생성하고, 2상의 출력신호 v_{dp}^{*r} , v_{qp}^{*r} 을 3상의 제어신호 V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp} 로 변환한다. S101의 공정에서 취득한 상 전압신호 e_{1an} , e_{1bn} , e_{1cn} 와 영상 전압신호 e_{1o} 를 더하고, 제어신호 V_{1ap} , V_{1bp} , V_{1cp} 에 더하여, 게이트 제어신호를 생성한다.
- [0360] 그리고, 삼각파 신호를 생성하고, 삼각파 신호와 게이트 제어신호를 비교하는 것에 의해서 게이트 펄스 신호를 생성한다. 그리고, 게이트 펄스 신호를 I/O부(2d)를 거쳐 삼상 컨버터(200)의 삼상 PWM 회로(200a)의 반도체 스위칭 소자의 각 게이트에 출력한다.
- [0361] S106의 공정은, 덧셈부(30), dq축 변환부(83), 정전류 제어 출력부(42a, 42b), dq축 변환부(84), 삼상 PWM 제

어 펄스 신호 생성부(200b)에서 행하여지는 처리에 대응한다.

- [0362] S107의 공정에서, 전력 변환 제어 처리 및 불평형 전압 보상 처리를 종료하는지 아닌지를 판별하여, 처리를 종료하지 않는 경우에는 S101의 공정으로 복귀하여 수행하고, 처리를 종료하는 경우에는 전력변환 제어처리 및 불평형 전압 보상처리를 종료한다.
- [0363] 프로그램에 의해서 CPU를 실행시키는 구성에 있어서도, 회로 구성에 의한 경우와 같이, 불평형 전압 보상 및 전력 변환의 기능을 실현할 수 있다.
- [0364] 이어서, 도 10 내지 도 15를 참조하여, 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 실험예를 설명한다. 도 10 내지 도 15는, 도 7에 도시하는 구성예에 기초하여, 불평형 전압 보상장치에 의해서 삼상 컨버터를 제어한 측정 데이터를 도시하고 있다.
- [0365] 측정은, 삼상 정격 선간전압을 200V, 삼상정격선전류를 17.5A, 캐리어 주파수를 18.5kHz, 직류 링크 전압(출력 전압)을 380V, 직류 링크 용량을 1200 μ F, 전송선의 인덕턴스를 300 μ H, 부하 저항을 25 Ω 의 조건으로 하여, 삼상 정격 선간전압 200V, 삼상 정격 선전류 17.5A의 상태에서부터 불평형 전압으로 급함몰 후에 회복시켜, 순저 등에서 발생하는 삼상 불평형 전압에 의해서 출력전압 V_{dc} 와 입력전류 i_a , i_b , i_c 가 변동하는 영향도를 불평형 전압 보상의 유무로 비교하고 있다. 이 실험 결과에 의하면, 불평형 전압 보상 제어의 유효성을 확인할 수 있다.
- [0366] 도 10은 입력상 전압 e_{1a} 를 50%로 급함몰시킨 후, 100%로 회복시킨 경우의 특성이며, 도 10(a)는 불평형 전압 보상을 행하지 않는 경우를 도시하고, 도 10(b)는 본 발명에 의한 불평형 전압 보상을 행한 경우를 도시하고 있다. 불평형 전압 보상을 행한 경우에는, 출력전압 V_{dc} 는 정전압의 유지가 되고 있어, 양호한 성능을 도시하고 있다.
- [0367] 도 11, 도 12는 도 10의 확대도이고, 도 11은 입력상 전압 e_{1a} 가 100%에서 50%로 급격하게 저하한 경우를 도시하고, 도 12는 입력상 전압 e_{1a} 가 50%에서 100%로 회복한 경우를 도시하고 있다. 도 11(a), 도 12(a)는 불평형 전압 보상을 행하지 않는 경우를 도시하고, 도 11(b), 도 12(b)는 본 발명의 불평형 전압 보상을 행한 경우를 도시하고 있다. 도면으로부터, 입력 전류 i_a , i_b , i_c 는 급변점으로부터 고속 응답하고 있는 것을 읽어낼 수 있다.
- [0368] 도 13은, 도 7의 삼상 교류 전원(100)의 입력상 전압 e_a 를 50% 전압 저하시킨 특성의 비교도이다. 도 13(a)의 입력 전압을 도시하고, 도 13(b)는 불평형 전압 보상을 행하지 않는 경우를 도시하고, 도 13(c)는 본 발명의 불평형 전압 보상을 행한 경우를 도시하고 있다.
- [0369] 도 13(b)에 도시하는 바와 같이, 불평형 전압 보상을 행하지 않는 경우에는, 입력 전류의 진폭 언밸런스와 위상각 편차가 큰 것이 확인된다. 한편, 도 13(c)에 도시하는 바와 같이, 본 발명의 불평형 전압 보상을 행하는 것에 의한 보상 제어의 효과에 의해서, 입력 전류의 진폭과 위상각이 모두 양호한 밸런스를 도시하고 있는 것이 확인된다.
- [0370] 또한, 도 14는, 도 7의 삼상 교류 전원(100)의 입력상 전압 e_a 가 100% 전압 함몰하여 영전압에 이른 경우를 도시하고 있다. 도 14(a)는 입력 전압을 도시하고, 도 14(b)는 불평형 전압 보상을 행하지 않는 경우를 도시하고, 도 14(c)는 본 발명에 의한 불평형 전압 보상을 행한 경우를 도시하고 있다.
- [0371] 도 14(c)의 결과는, 본 발명의 불평형 전압 보상에 의하면, 지락(地絡;earth fault)에 의한 순저가 발생한 경우, 즉 도 7의 삼상 교류 전원(100)의 입력상 전압 e_a 가 100% 전압 함몰하여 영전압에 이른 경우이더라도, 입력 전류 i_a , i_b , i_c 는 진폭과 위상각은 모두 삼상 평형 전류를 거의 유지할 수 있는 것을 도시하고 있다.
- [0372] 또한, 도 15는 입력상 전압 함몰율과 입력 전류 평형율을 도시하고 있다. 도 15에 의하면, 불평형 전압 보상이 없는 경우(도면 중의 삼각형 표시)에는, 입력상 전압 함몰율이 20%의 경우에는, 입력 전류 평형율은 67.9%이다. 한편, 본 발명의 불평형 전압 보상이 있는 경우에는, 입력상 전압 함몰율이 20%의 경우에 입력상 전압 함몰율은 94.5%이며, 또한, 입력상 전압 함몰율 0~100%의 전역에 걸쳐서 입력상 전압 함몰율은 97.9%~83.3%의 범위를 유지할 수 있어, 양호한 특성을 도시하고 있다.
- [0373] 상기 실험은, 반도체 제조장치나 액정 제조장치 등에 사용되는 대표적인 5kW RF(Radio Frequency) 제너레이터에 본 발명의 불평형 전압 보상을 적용하고 실험을 행한 결과이며, 반도체 제조장치 등에서 요구되는 순저규격

(SEMI F47-0200) (1)을 만족하는 성능을 얻을 수 있는 것이다.

- [0374] 예를 들면, 순저규격(SEMI F47-0200) (1)의 Percent of Nominal Voltage와 Duration of Voltage Sag in seconds가 규격하는 순저시의 최대 저하 전압과 시간은 50%, 0.2초이지만, 이 규격에 대응한 도 10의 실험 결과가 나타내는 바와 같이, 순저시의 최대 저하 전압과 시간을 각각 50%, 1초에 실험을 행한 경우에는, 순저시간을 규격치의 5배(=1초/0.2초)로 연장한 측정 데이터인 것에도 불구하고, 본 발명의 불평형 전압 보상에 의한 순저 보상을 실시하는 것에 의해서, 전압저하를 큰 폭으로 개선할 수 있다.
- [0375] 이상, 본 발명의 불평형 전압 보상에 의하면, 순시전압저하 보상을 행할 수 있어, 입력 전압의 순시전압저하시에도, 직류 부하로 안정되게 전력 공급할 수 있다. 이 때문에, 콘덴서나 축전지 등의 축전 디바이스를 이용하는 순시전압저하 보상의 구성에 비해, 순시전압저하 보상을 행하는 구성을 소형화, 장기 수명화 및 저비용화 할 수 있다. 또한, 콘덴서나 축전지의 축전 디바이스 방식을 이용하지 않기 때문에, 순시전압저하 보상을 행하는 구성의 메인터넌스를 용이하게 할 수 있다. 또한, 역률을 개선할 수 있어, 역률 개선에 의해 고조파를 억제할 수 있다.
- [0376] 본 발명의 불평형 전압 보상에 의하면, 특히 PFC 제어를 이용하고 있는 경우, 새로운 설비 투자는 거의 필요로 하지 않고, 축전 디바이스 장치의 삭감에 의해 큰 폭으로 소형화되어, 정기적인 콘덴서 유닛의 메인터넌스도 생략할 수 있는 등의 이점이 있다.
- [0377] 또한, 본 발명의 불평형 전압 보상에 의하면, 순저의 극단적인 경우, 즉 지락에 가까운 사태가 발생하더라도, 활상(活相:active phase)이 에너지 소스로서 잔존하고 있으면, 불평형 보상 제어가 가능하다.
- [0378] 또한, 정전류 지령치 생성부가, 교류 입력 전압에 기초하는 d축, q축의 전압신호의 정상분과, 직류 출력전압에 기초하는 직류 전압 제어신호로부터, 전류 지령치의 신호를 생성하는 것에 의해, 입력전류 지령신호의 교류 입력전압의 변동에 대한 응답을 빠르게 할 수 있어, 직류 출력전압의 과도변동을 억제할 수 있다.
- [0379] 또한, 출력측에 있어서, 평균 전력 연산부는, 전류 검출부, 전압 검출부 및 덧셈부가 직류출력 전력신호를 검출하고, 덧셈부가 직류출력 전력신호를 직류전압 제어신호에 더하는 것에 의해서, 직류출력 전력을 출력하는 직류 부하의 부하량 변동에 대한 응답을 빠르게 할 수 있어, 직류 출력전압의 과도 변동을 억제할 수 있다.
- [0380] 또한, 동기신호 생성부에 의해서 동기신호를 생성하고, 각 dq축 변환부를 동기신호 s에 기초하여 3상-2상 변환 및 2상-3상 변환을 행하는 것에 의해서, 교류 입력 전압의 평형, 불평형에 관계없이, 항상 역률을 1로 유지할 수 있다.
- [0381] 또한, 본 발명의 중심 벡터 연산부는, 교류 입력 전압의 선간 전압신호를 검출하여 상 전압으로 변환하기 때문에, 3상 교류 전원의 교류 계통이 3상 3선식, 혹은 3상 4선식에 관계없이 순시전압저하를, 각 측정시점마다 보상할 수 있다.
- [0382] 한편, 상기 실시형태 및 변형예에서의 기술은, 본 발명에 관한 순시전압저하장치, 순시전압저하 보상방법 및 순시전압저하 보상 프로그램의 일례이며, 본 발명은 각 실시형태에 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 취지에 기초하여 여러 가지 변형하는 것이 가능하고, 이들을 본 발명의 범위로부터 배제하는 것은 아니다.

산업상 이용가능성

- [0383] 본 발명은, 특히 반도체 제조장치 등, 부하측에 있어서 전압 변동이 작고 안정된 전력 공급이 요구되는 시설에 적용할 수 있다.

부호의 설명

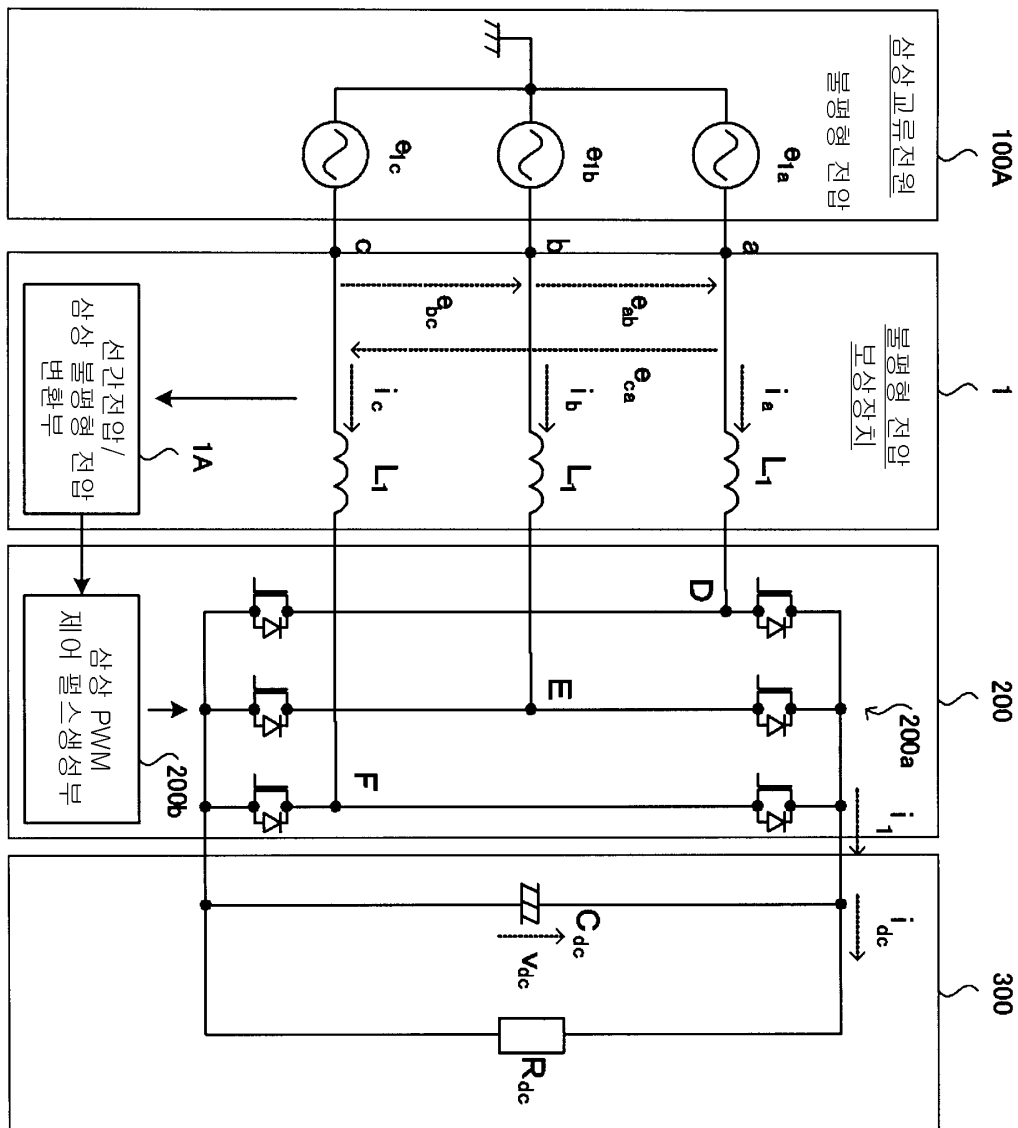
- [0384] 1 : 불평형 전압 보상장치
- 2 : 컴퓨터 제어부
- 2a : CPU
- 2b : RAM
- 2c : ROM
- 2d : I/O부

- 2e : 버스
- 10 : 중심 벡터 연산부
- 20 : 대칭 좌표 성분 산출부
- 21 : 정상분 전압 산출부
- 22 : 역상분 전압 산출부
- 23 : ϕ_{1o} 산출부
- 24 : 영상분 전압 산출부
- 30 : 덧셈부
- 31a, 31b : 덧셈부
- 40 : 정전류 제어부
- 41 : 정전류 지령치 생성부
- 42 : 정전류 제어 출력부
- 42a, 42b : 정전류 제어 출력부
- 50 : 평균 전력 연산부
- 51 : 곱셈부
- 52 : 뺄셈부
- 53 : 직류 전압 제어부
- 54 : 덧셈부
- 60 : 교류 리액터
- 61 : 접점
- 62 : 선간전압 검출부
- 63 : 센서
- 64 : 전류 검출부
- 65 : 센서
- 66 : 전류 검출부
- 67 : 접점
- 68 : 전압 검출부
- 69 : 콘덴서
- 70 : 동기신호 생성부
- 81~84 : dq축 변환부
- 100 : 삼상 교류 전원
- 100A, 100B : 삼상 교류 전원
- 101 : 삼상 교류 전원
- 101a, 101b, 101c : 각 상 교류 전원
- 102 : 전압변동 보상장치

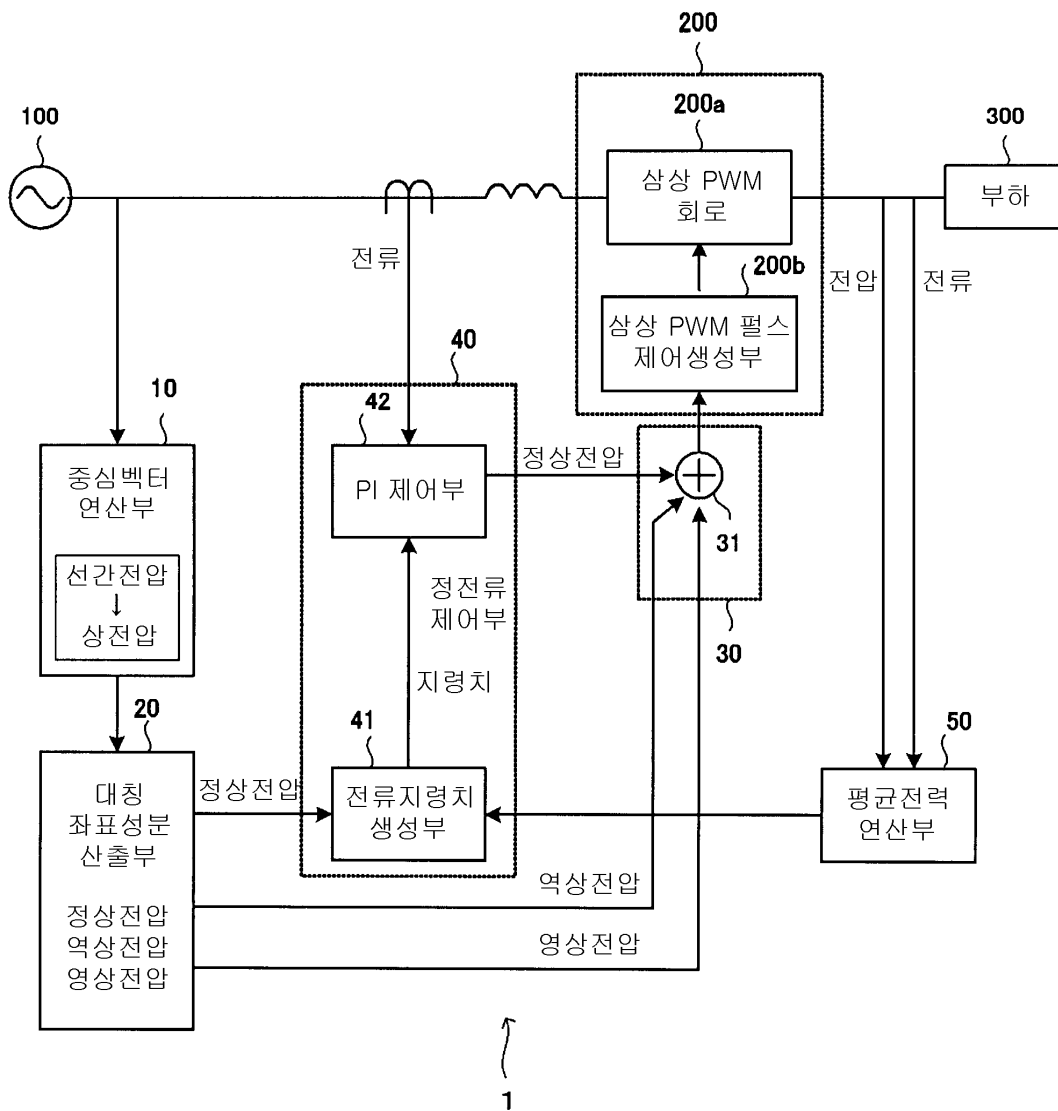
- 103 : 제어회로
- 104a, 104b, 104c : 각 상 전압 보상회로
- 105a, 105b, 105c : 콘덴서
- 200 : 삼상 컨버터
- 200a : 삼상 PWM 회로
- 200b : 삼상 PWM 제어 펄스 생성부
- 300 : 직류 부하
- 400 : 불평형 전압 보상장치

도면

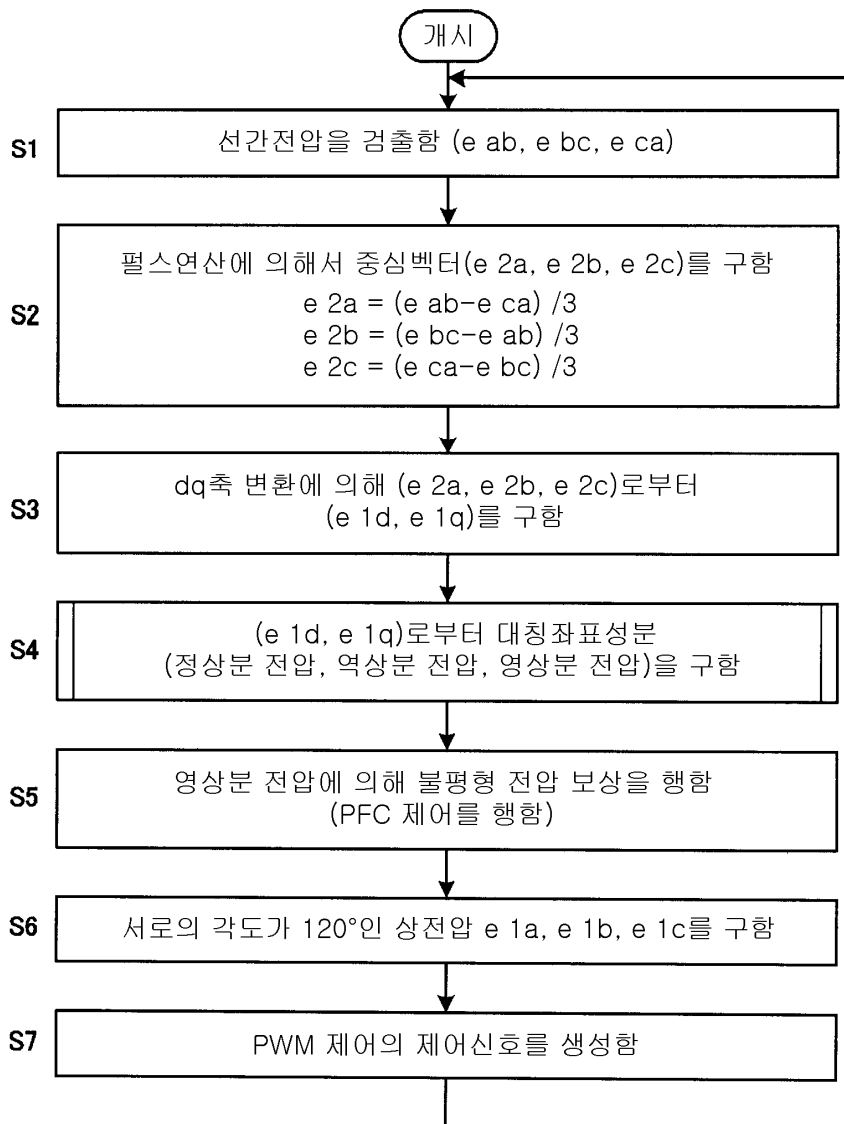
도면1



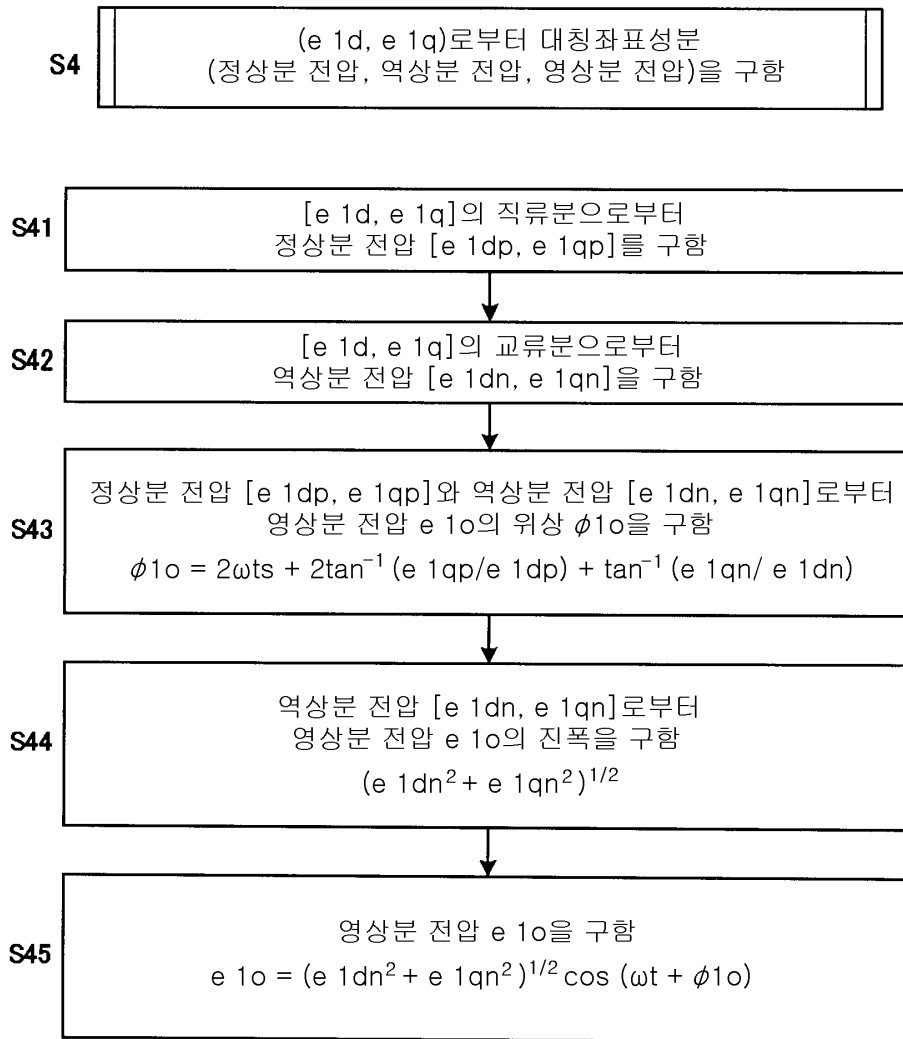
도면2



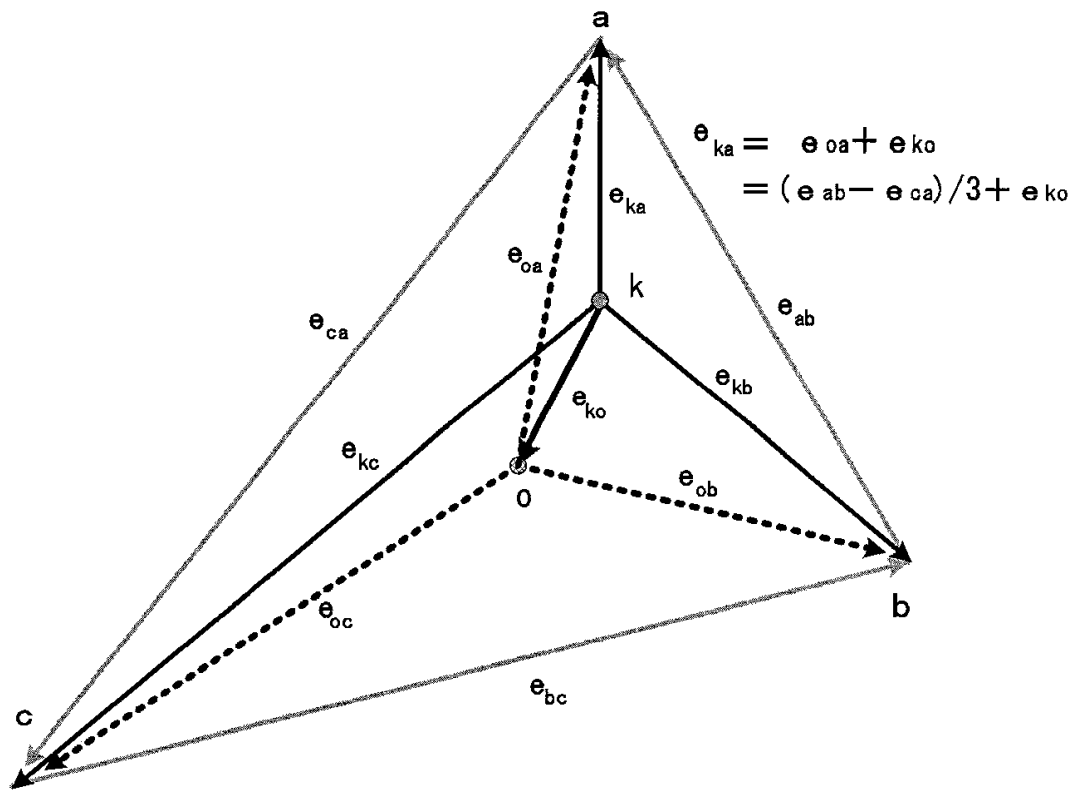
도면3



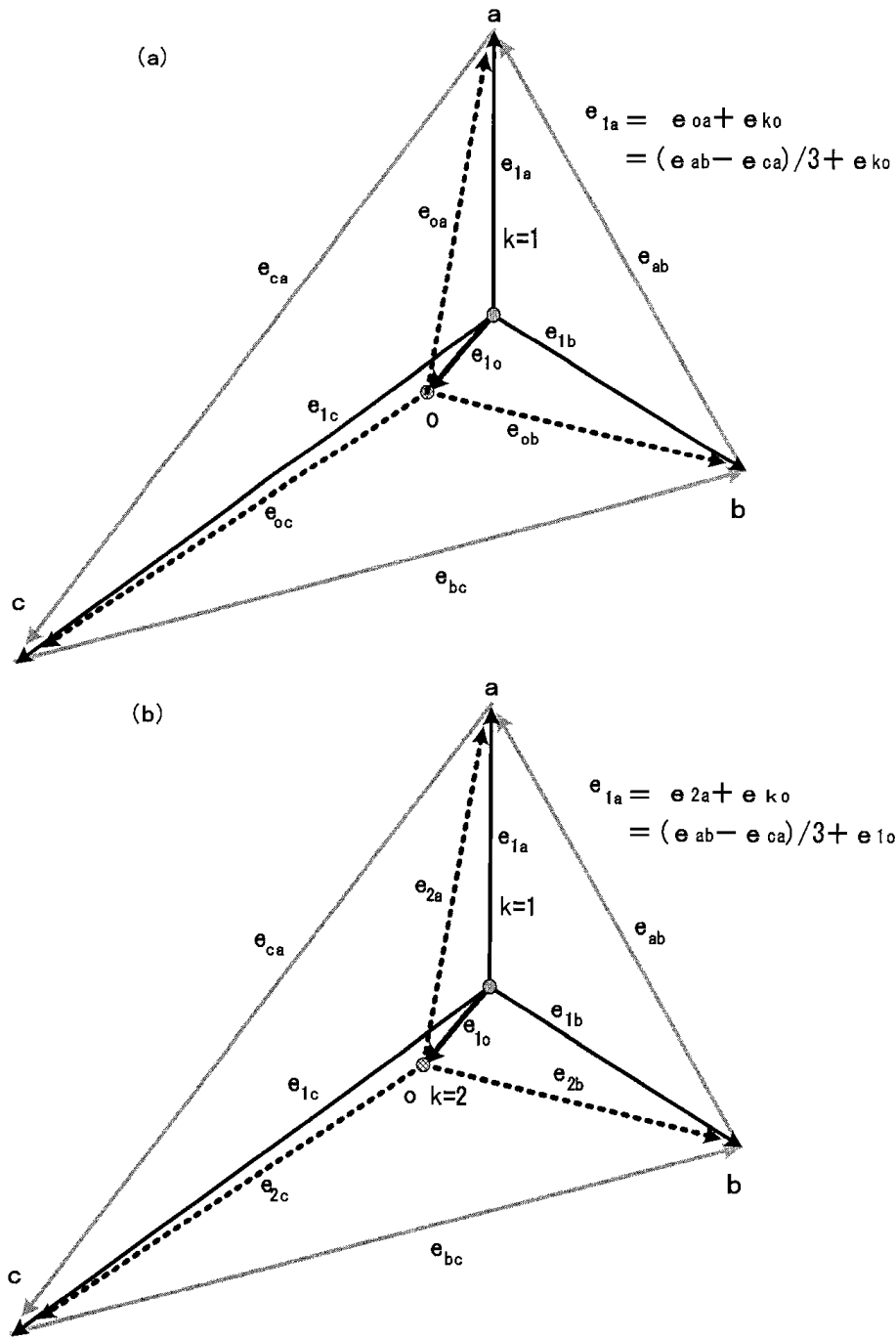
도면4



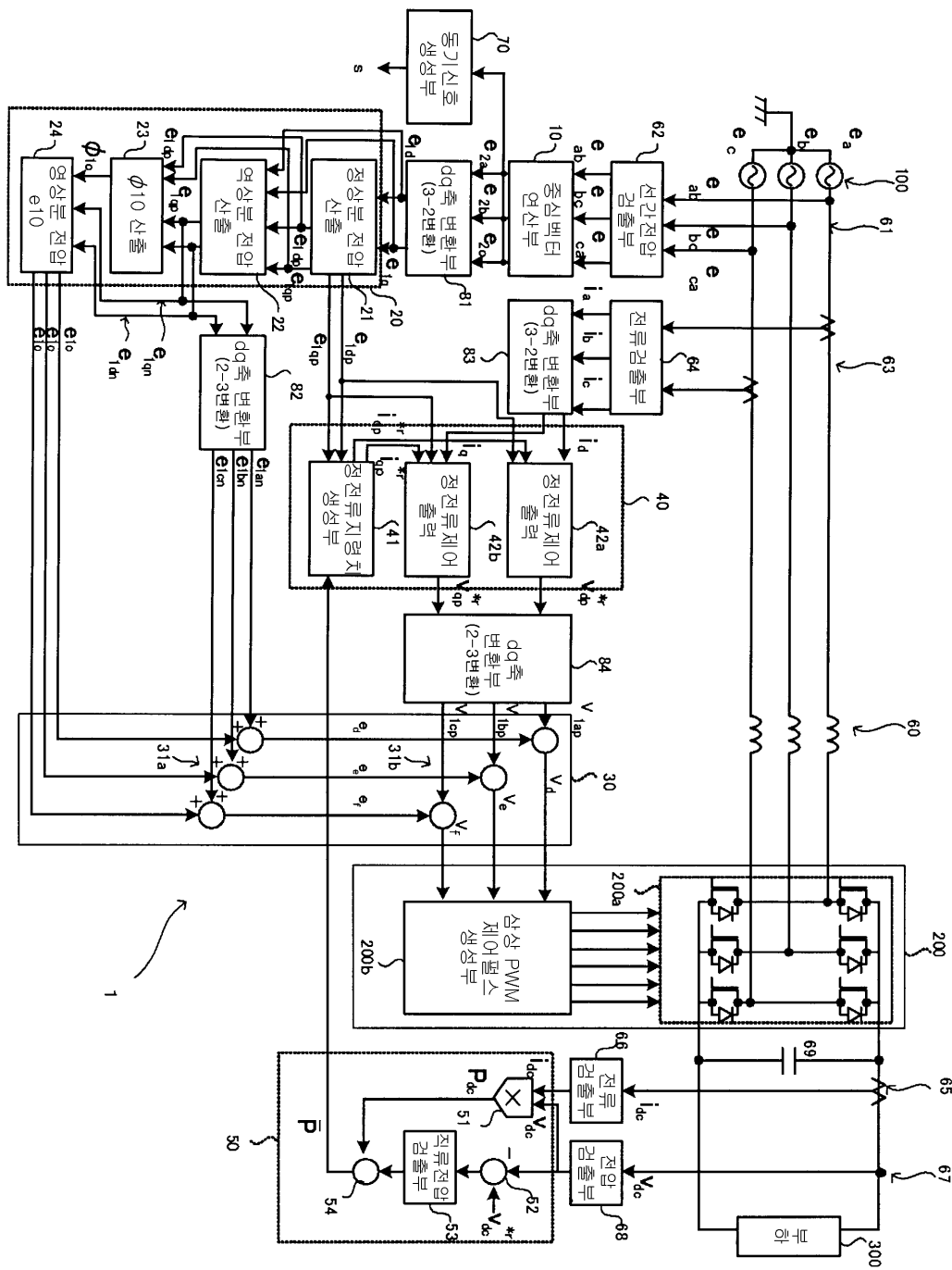
도면5



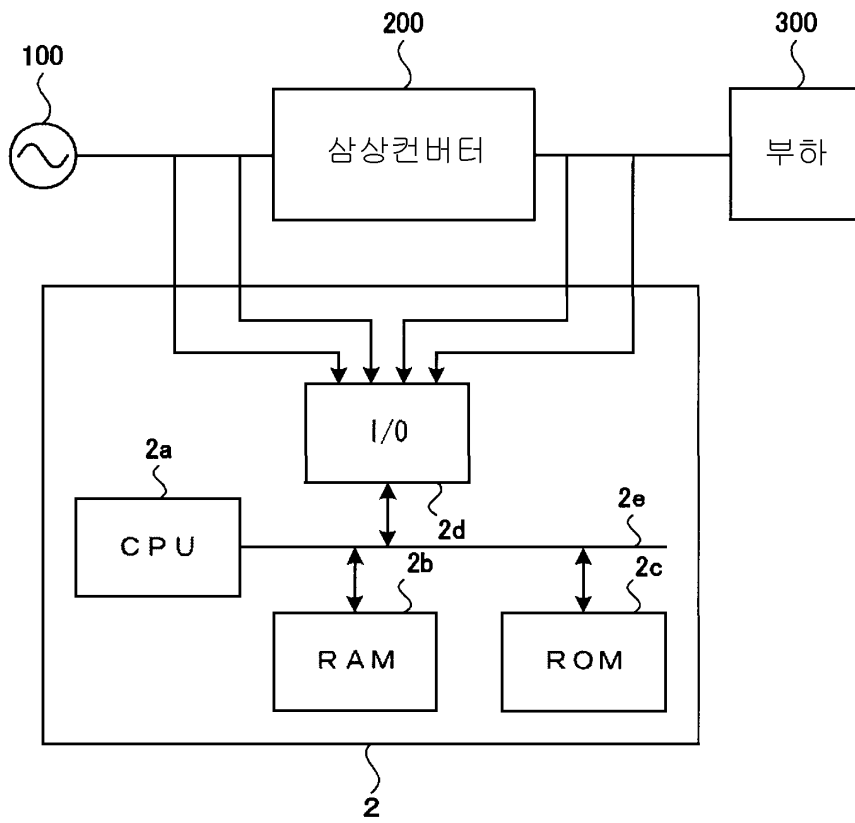
도면6



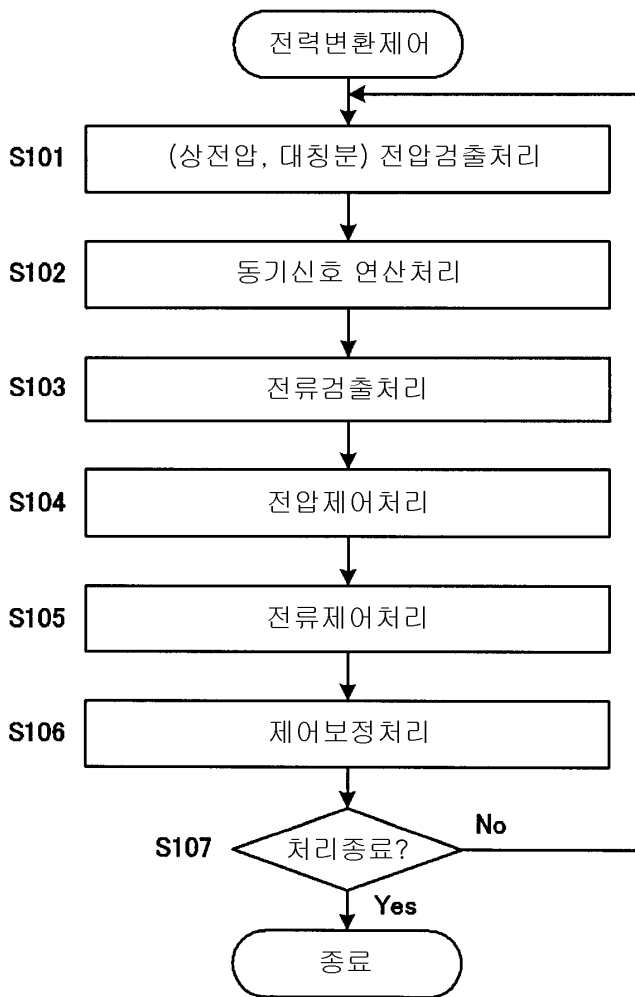
도면7



도면8

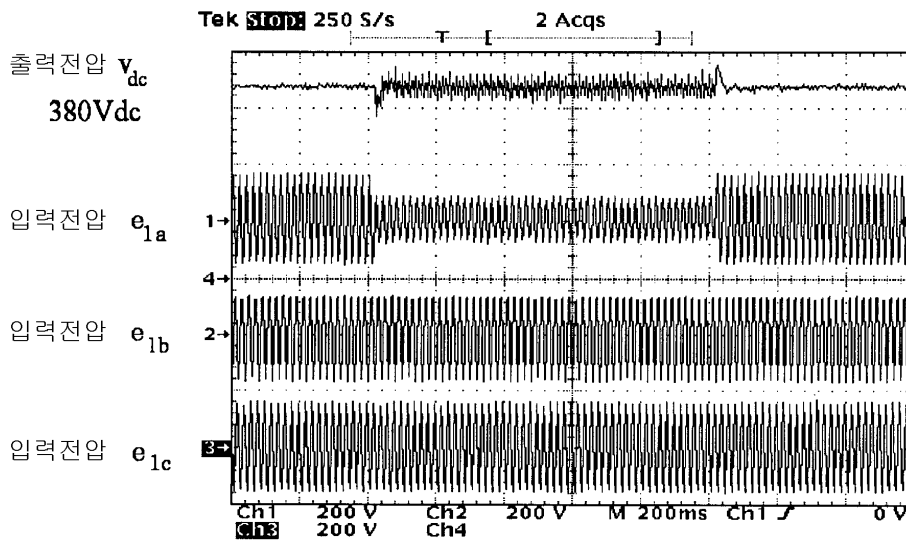


도면9

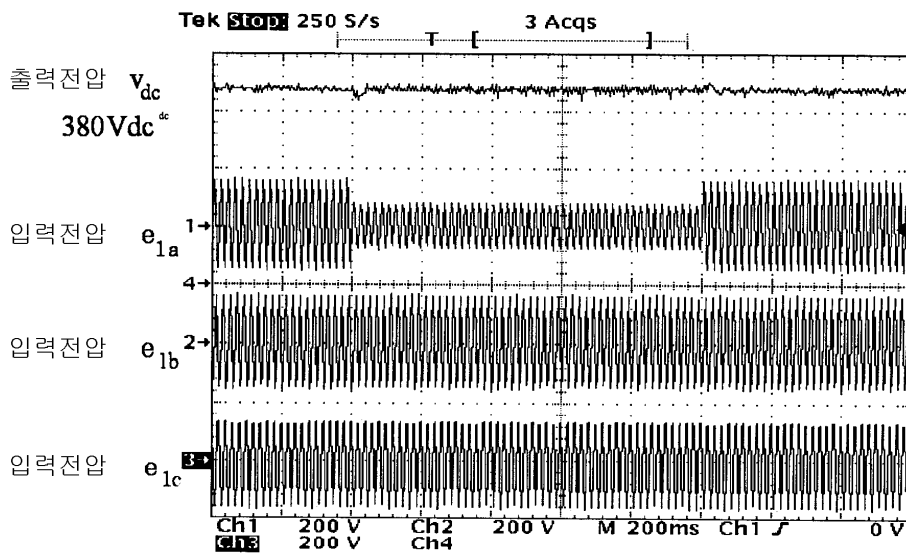


도면10

(a) 순저 보상없음



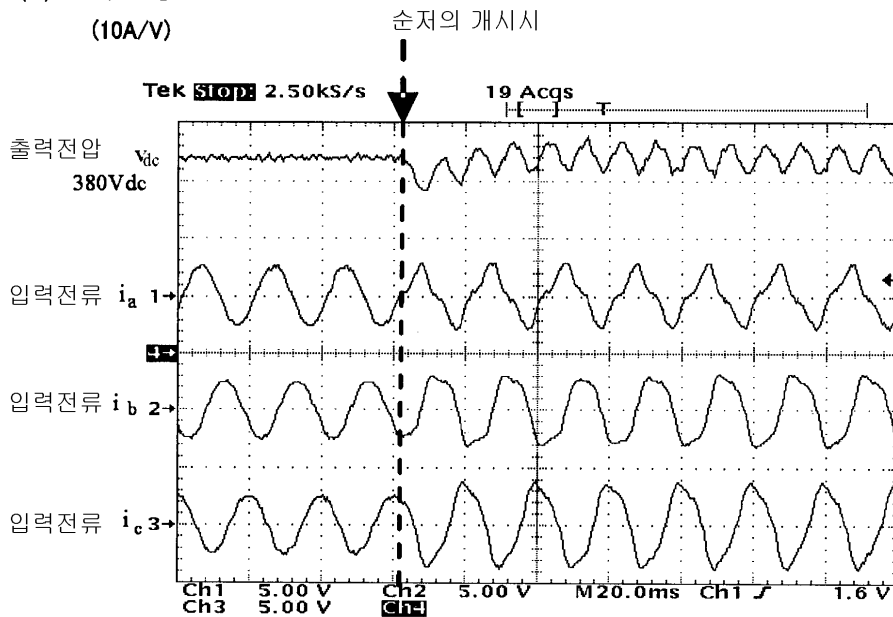
(b) 순저 보상있음



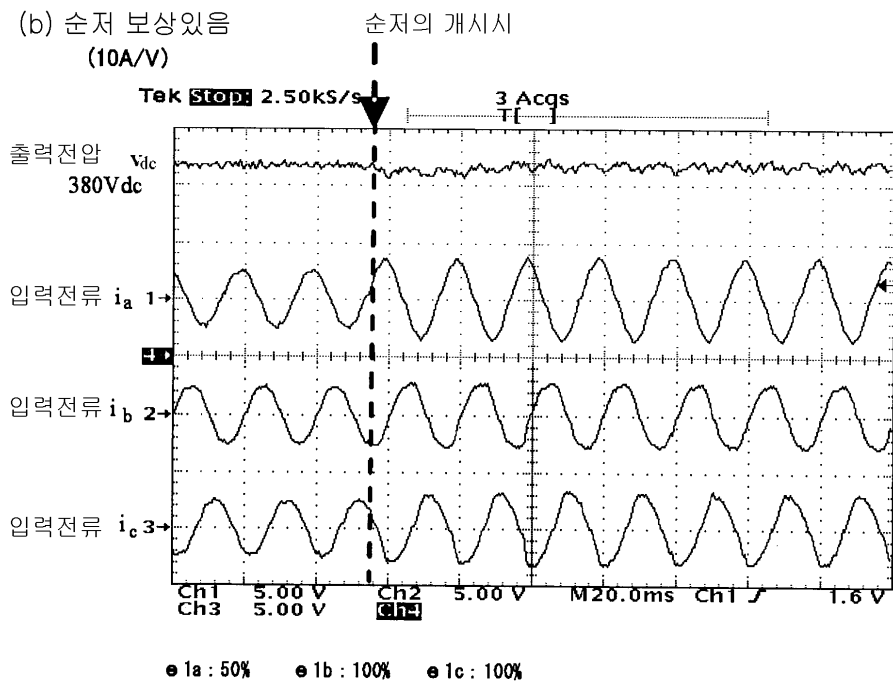
e_{1a} : 100% → 50% → 100%

도면11

(a) 순저 보상없음
(10A/V)

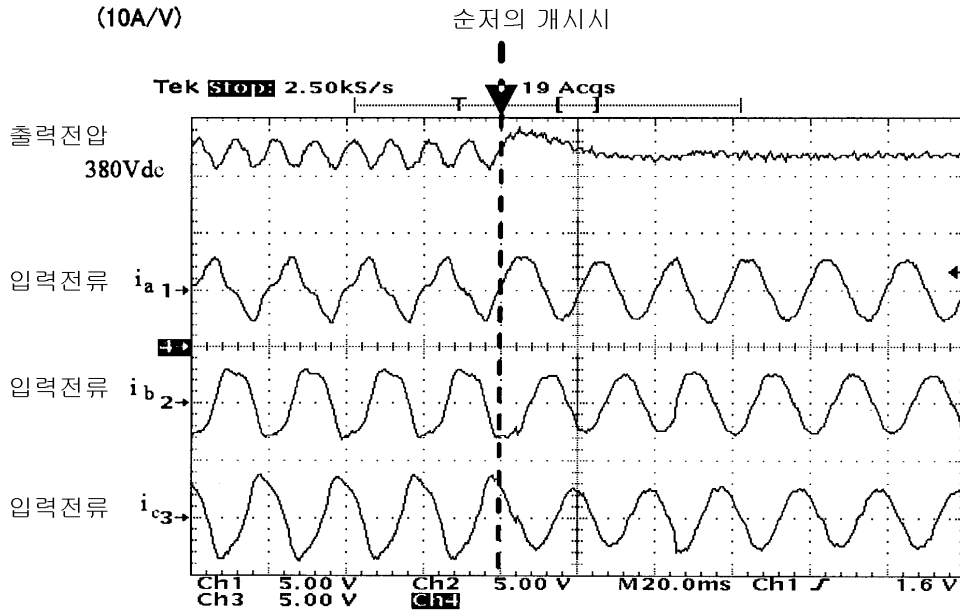


(b) 순저 보상있음
(10A/V)

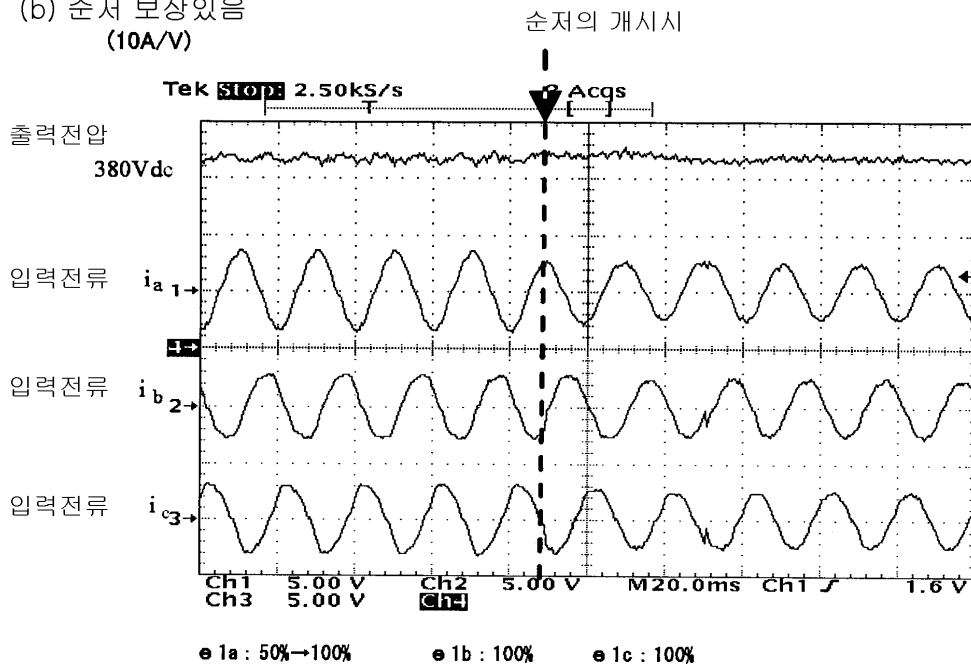


도면12

(a) 순저 보상없음
(10A/V)

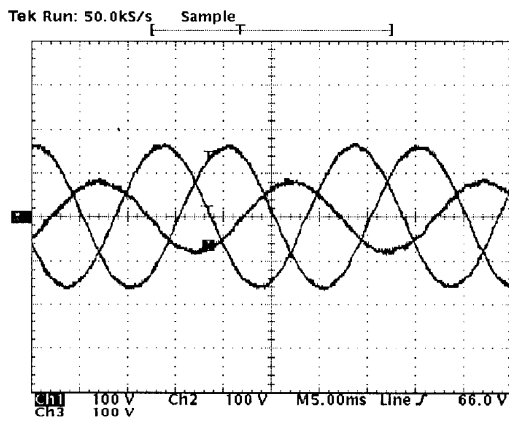


(b) 순저 보상있음
(10A/V)

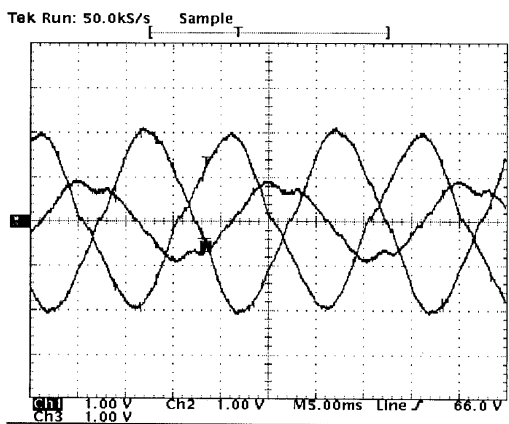


도면13

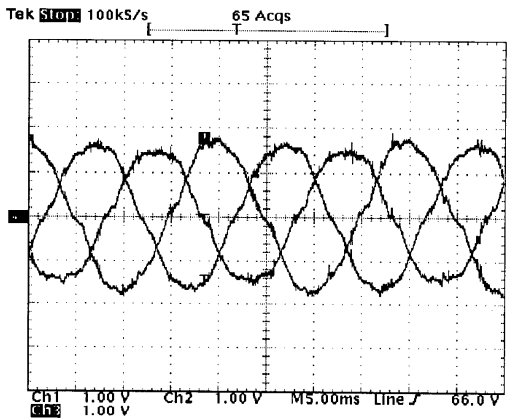
(a)
입력전압



(b)
입력전류
순저 보상없음
(20A/V)



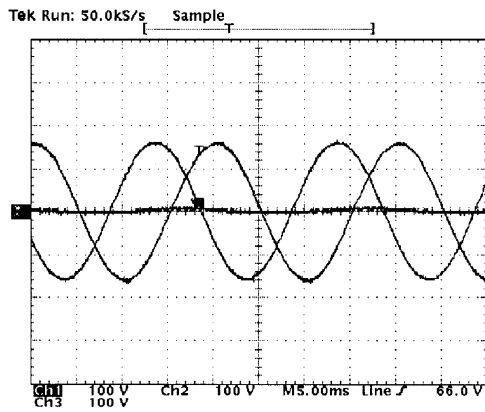
(c)
입력전류
순저 보상있음
(20A/V)



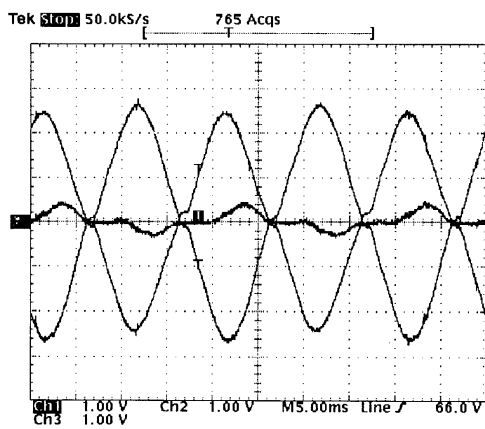
e 1a : 50% e 1b : 100% e 1c : 100%

도면14

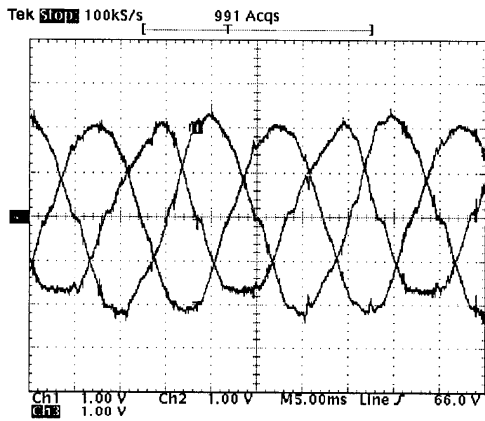
(a)
입력전압



(b)
입력전류
순저 보상없음
(20A/V)

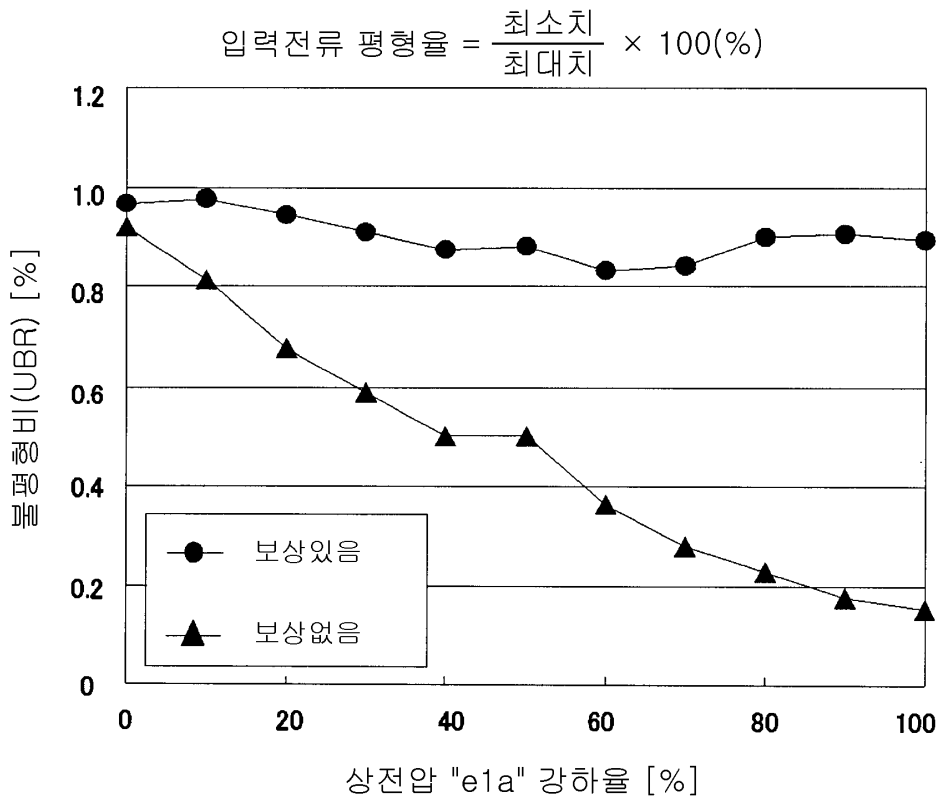


(c)
입력전류
순저 보상있음
(20A/V)

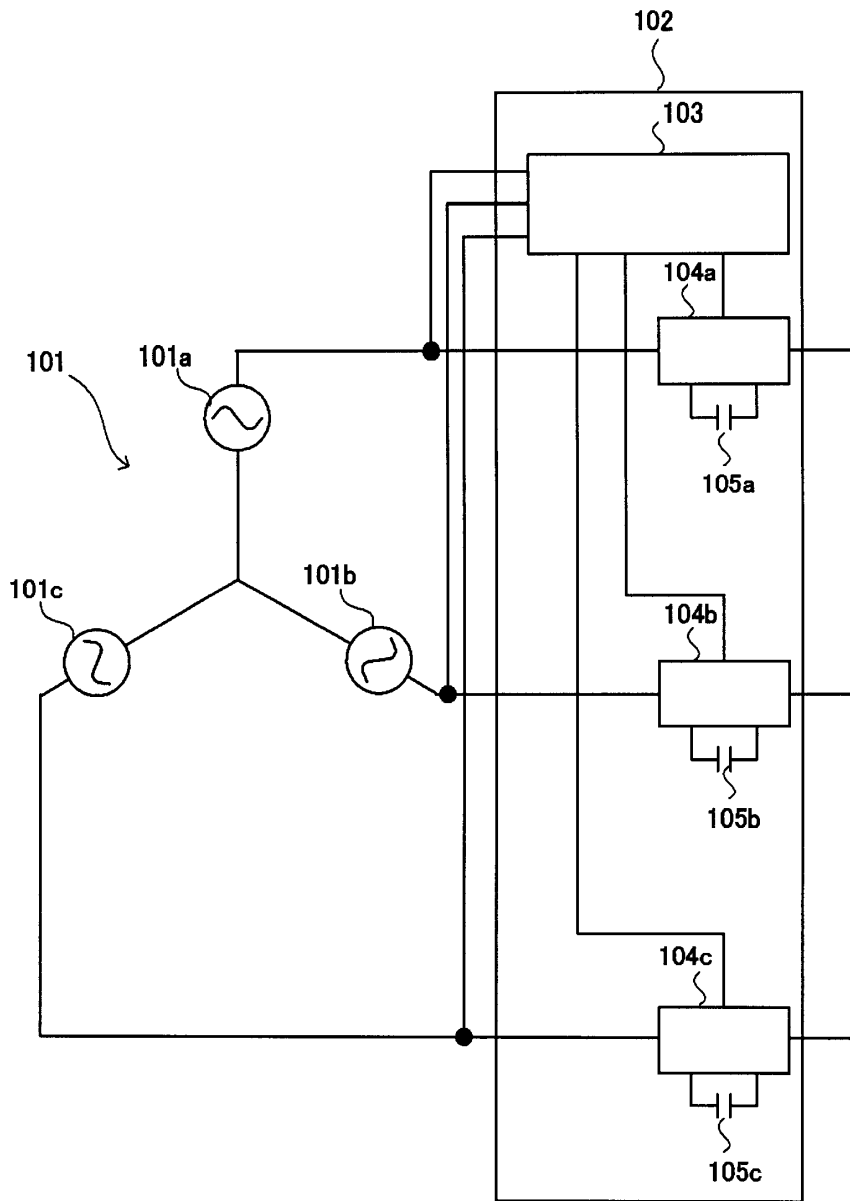


e 1a: 0% e 1b: 100% e 1c: 100%

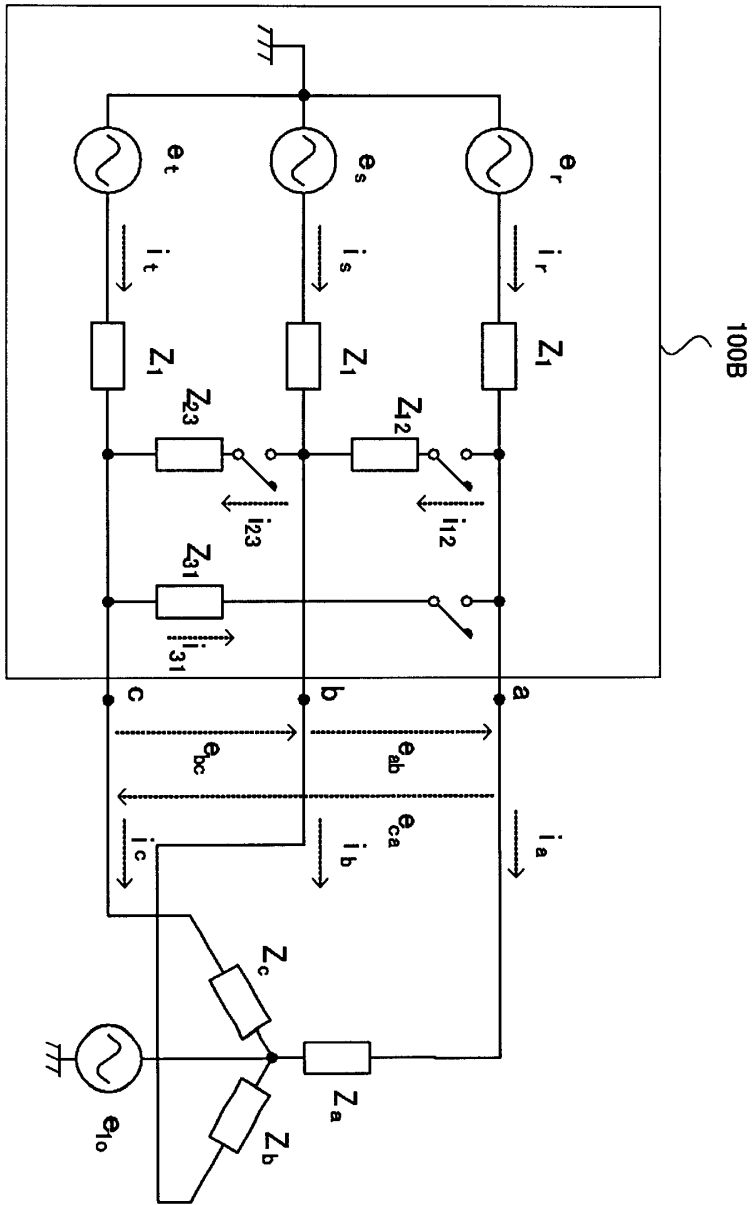
도면15



도면16



도면17



도면18

