



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월11일
(11) 등록번호 10-1021256
(24) 등록일자 2011년03월03일

- (51) Int. Cl.
H02P 27/06 (2006.01) H02P 6/08 (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7031712
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2007년05월23일
심사청구일자 2008년12월29일
- (85) 번역문제출일자 2008년12월29일
- (65) 공개번호 10-2009-0015151
- (43) 공개일자 2009년02월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2007/060944
- (87) 국제공개번호 WO 2007/139126
국제공개일자 2007년12월06일
- (30) 우선권주장
JP-P-2006-150110 2006년05월30일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2005198406 A
JP2006020418 A
JP2005269723 A

- (73) 특허권자
도요타 지도샤 (주)
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지
- (72) 발명자
오카무라 마사키
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1, 도요타 지
도샤 (주) 내
- (74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 12 항

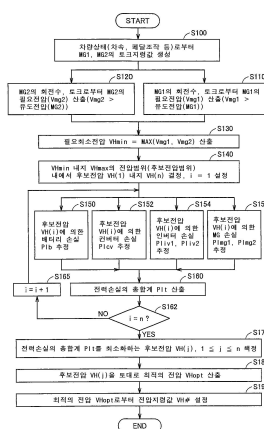
심사관 : 이영노

(54) 전동기구동제어시스템 및 그 제어방법

(57) 요약

컨버터의 전압지령값은 모터제너레이터(MG1, MG2)의 유도전압에 대응하는 필요최소전압(VHmin)과 상기 컨버터의 최대출력전압(VHmax)으로부터의 전압범위 내에서 컨버터출력전압으로서 시스템전압(VH)의 후보전압을 결정하는 단계(S100 내지 S140); 각각 후보전압에서, 배터리, 컨버터, 인버터 및 모터제너레이터에서의 전력 손실을 추정하고, 전체시스템의 추정되는 전력 손실의 총합계를 산출하는 단계(S150 내지 S165); 및 상기 후보전압들 가운데 추정되는 전력 손실들의 총합계를 최소화하는 후보전압을 토대로 전압지령값(VH#)을 설정하는 단계(S170 내지 S190)를 실행하여 설정된다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

전동기구동제어시스템에 있어서,

DC전원;

상기 DC전원의 출력전압을 승압가능하도록 구성되되, 상기 DC전원의 출력전압을 전압지령값에 따라 가변제어하여 DC전원배선으로 출력시키는 컨버터;

상기 전동기가 동작지령에 따라 동작하도록, 복수의 스위칭소자에 의하여 상기 DC전원배선 상의 DC전력과 전동기를 구동하는 AC전력간의 전력변환을 수행하는 인버터; 및

상기 컨버터의 상기 전압지령값을 설정하는 제어장치를 포함하여 이루어지고,

상기 제어장치는,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전원배선 상의 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 DC전원에서의 전력손실을 추정하기 위한 제1손실추정유닛,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 컨버터에서의 전력 손실을 추정하기 위한 제2손실추정유닛,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하기 위한 제3손실추정유닛, 및

상기 전동기의 현재의 동작상태에서, 상기 전동기의 유도전압에 대응하여 필요최소전압을 산출하고, 상기 필요최소전압 이상이면서 상기 컨버터의 출력상한전압 이하의 후보전압범위 내에서, 상기 전동기의 현재의 동작상태를 토대로 상기 제1 내지 제3손실추정유닛들에 의해 추정되는 전력손실들의 합계를 포함하는 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압을 책정하여, 상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정하는 전압지령값발생유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어장치는,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 전동기에서의 전력 손실을 추정하기 위한 제4손실추정유닛을 더 포함하고,

상기 전압지령값발생유닛은, 상기 전동기의 현재의 동작 상태를 토대로 상기 제1 내지 제4손실추정유닛들에 의해 추정되는 상기 전력손실들의 합계를 포함하는 상기 총전력손실을 산출하고, 상기 후보전압범위 내의 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압을 책정하여, 상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 인버터의 스위칭 제어는 복수의 제어방법들 가운데 하나의 제어방법을 선택하여 실행되고,

상기 제3손실추정유닛은, 상기 제어방법들 각각에 대하여 설정된 상기 손실 특성을 토대로, 상기 전동기의 회전속도와 토크에 따라 그리고 상기 선택된 제어방법에 따라 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 제어방법은,

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 펄스폭변조파형전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 정현파펄스폭변조제어,

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 정현파펄스폭변조제어에서보다 상기 인버터의 직류측 전압에 대한 상기 전동기의 선간전압진폭의 비인 변조율이 높아지는 펄스폭변조파형전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 파변조펄스폭변조제어, 및

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 장방형파전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 장방형파전압제어를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 손실 특성은, 상기 전동기의 회전속도와 토크 및 상기 DC전원배선 상의 DC전압 중 하나 이상에 대한 상기 전력 손실의 변동을 나타내는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 6

전동기구동제어시스템의 제어방법에 있어서,

상기 전동기구동제어시스템은,

DC전원;

상기 DC전원의 출력전압을 승압가능하도록 구성되되, 상기 DC전원의 출력전압을 전압지령값에 따라 가변제어하여 DC전원배선으로 출력시키는 컨버터; 및

상기 전동기가 동작지령에 따라 동작하도록, 복수의 스위칭소자에 의하여 상기 DC전원배선 상의 DC전력과 전동기를 구동하는 AC전력간의 전력변환을 수행하는 인버터를 포함하고,

상기 방법은,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전원배선 상의 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 DC전원에서의 전력 손실을 추정하는 단계;

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 컨버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계;

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계;

상기 전동기의 현재의 동작 상태에서, 상기 전동기의 유도전압에 대응하여 필요최소전압을 산출하는 단계;

상기 필요최소전압 이상이면서 상기 컨버터의 출력상한전압 이하의 후보전압범위 내에서, 상기 전동기의 현재의 동작 상태를 토대로 추정되는 상기 DC전원, 상기 컨버터 및 상기 인버터에서의 상기 전력손실들의 합계를 포함하는 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압을 책정하는 단계; 및

상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

사전설정된 손실 특성을 토대로, 상기 DC전압 및 상기 전동기의 동작 상태에 대한 상기 전동기에서의 전력 손실을 추정하는 단계를 더 포함하여 이루어지고,

상기 책정하는 단계에서는, 상기 전동기의 현재의 동작 상태를 토대로 추정되는 상기 DC전원에서의 전력 손실, 상기 컨버터에서의 전력 손실, 상기 인버터에서의 전력 손실 및 상기 전동기에서의 전력 손실의 합계를 포함하는 상기 총전력손실이 산출되고, 상기 후보전압범위 내에서 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압이 책정되는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 인버터의 스위칭 제어는 복수의 제어방법들 가운데 하나의 제어방법을 선택하여 실행되고,

상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계에서, 상기 인버터에서의 전력 손실은 상기 제어방법들 각각에 대하여 설정된 상기 손실 특성을 토대로, 상기 전동기의 회전속도와 토크에 따라, 그리고 상기 선택된 제어방법에 따라 추정되는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 복수의 제어방법은,

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 펄스폭변조파형전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 정현파펄스폭변조제어,

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 정현파펄스폭변조제어에서보다 상기 인버터의 직류측 전압에 대한 상기 전동기의 선간전압진폭의 비인 변조율이 높아지는 펄스폭변조파형전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 파변조펄스폭변조제어, 및

상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 장방형파전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 장방형파전압제어를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 손실 특성은, 상기 전동기의 회전속도와 토크 및 상기 DC전원배선 상의 DC전압 중 하나 이상에 대한 상기 전력 손실의 변동을 나타내는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 전압지령값발생유닛은, 상기 필요최소전압과 상기 출력상한전압이 서로 상이한 경우에 상기 후보전압범위 내에서 복수의 후보전압을 설정하고, 상기 DC전압으로 설정되는 상기 복수의 후보전압 각각에 대하여, 상기 제1 내지 상기 제3손실추정유닛들에 의한 각각의 추정들에 따라 상기 총전력손실을 산출하며, 상기 총전력손실의 산출 결과를 토대로 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압을 책정하는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 책정하는 단계에서, 복수의 후보전압은 상기 필요최소전압과 상기 출력상한전압이 서로 상이한 경우에 상기 후보전압범위 내에서 설정되고, 상기 총전력손실은 상기 DC전압으로 설정되는 상기 복수의 후보전압 각각에 대하여, 상기 DC전원, 상기 컨버터 및 상기 인버터에서의 전력손실들을 토대로 각각 산출되며, 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압은 상기 총전력손실의 산출 결과를 토대로 책정되는 것을 특징으로 하는 전동기구동제어시스템의 제어방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전동기구동제어시스템 및 그 제어방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 DC전압의 가변제어를 가능하게 하는 컨버터로 형성되는 전동기구동제어시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 종래에는, AC전동기를 구동하는 전동기구동제어시스템의 일종으로, 컨버터에 의해 가변제어되는 DC전압이 인버터를 이용하여 AC전동기의 구동을 제어하기 위한 AC전압으로 변환되는 구조가 사용되어 왔다(예컨대, 일본특허공개 제2003-33071호와 제2003-116280호 참조, 이하 각각 특허문헌 1과 특허문헌 2라 함).
- [0003] 일례로서, 특허문헌 1은 PAM 회로로부터의 출력전압을 AC전압으로 변환하기 위하여 PAM(펄스폭변조) 회로로서 컨버터와 PWM(펄스폭변조) 회로로서 인버터를 포함하는 모터제어장치를 개시하고 있다. 특히, 특허문헌 1에 개시된 모터제어장치에서는, 컨버터와 인버터의 스위칭소자들의 내구성을 균등하게 함으로써, 상기 제어장치 전체의 수명이 향상된다.
- [0004] 특허문헌 2에 개시된 구동장치에 있어서, 컨버터 내의 리액터에서 흐르는 전류는 모터에 요구되는 동력을 전력으로 변환시켜 얻어지는 배터리의 요구되는 출력전지전력을 상기 배터리의 단자들간의 전압으로 나누어 연산된다. 상기 연산된 전류에 따라, 컨버터를 형성하는 트랜지스터들의 캐리어주파수는 컨버터 손실이 최소화되도록 설정되어, 상기 구동장치의 에너지효율이 향상될 수 있게 된다.
- [0005] 일본특허공개 제2003-348892호와 제2001-238490호(이하, 각각 특허문헌 3과 특허문헌 4라고 함)는 복수의 모터 구동회로(모터제어기능을 구비한 인버터) 가운데 DC전압제어기능을 구비한 컨버터의 출력을 공유하여 복수의 모터들이 효율적으로 제어되는 모터제어장치들을 개시하고 있다. 특허문헌 3과 특허문헌 4에 개시된 구조들에 있어서, 컨버터에 의해 출력되는 DC전압값은 각 인버터의 도통율(conduction ratio) 또는 모터 부하에 따라 변경된다.
- [0006] 가변제어되는 컨버터출력전압이 AC전동기를 구동하기 위한 인버터에 의해 AC전압으로 변환되는 구조들에 있어서, 상기 시스템의 각 구성요소의 손실은 컨버터의 출력 전압의 전압 레벨, 즉 인버터의 DC-링크측 상의 전압에 따라 변하므로, 상기 시스템 전체의 효율이 변할 수도 있다.
- [0007] 하지만, 특허문헌 1 내지 특허문헌 4에는 상술된 구조들을 갖는 전동기구동제어시스템에 있어서, 상기 시스템 전체의 효율을 고려하여 컨버터에 의해 가변제어되는 DC전압값을 결정하는 것에 대한 어떠한 언급도 개시되거나 제안되어 있지 않다.

발명의 상세한 설명

- [0008] 본 발명의 목적은 DC전압의 가변제어를 가능하게 하도록 형성된 컨버터와 상기 컨버터의 출력을 AC전압으로 변환하는 인버터를 포함하는 구조를 갖는 전동기구동제어시스템에 있어서, 상기 시스템 전체의 전력 손실이 최소화되도록 컨버터의 출력 전압을 적절하게 설정하여 전반적인 시스템 효율을 향상시키는 것이다.
- [0009] 간단하게 이야기하면, 본 발명은 전동기구동제어시스템이 DC전원, 컨버터, 인버터 및 제어장치를 포함하는 전동기구동제어시스템 및 그 제어방법을 제공한다. 상기 컨버터는 상기 DC전원의 출력전압을 승압가능하도록 그리고 상기 DC전원의 출력전압을 전압지령값에 따라 가변제어하여 DC전원배선으로 출력시키도록 구성된다. 상기 인버터는 상기 전동기가 동작지령에 따라 동작하도록, 복수의 스위칭소자에 의하여 상기 DC전원배선 상의 DC전력과 전동기를 구동하는 AC전력간의 전력변환을 수행한다.
- [0010] 상기 제어장치는 제1 내지 제3손실추정유닛과 전압지령값발생유닛을 포함한다. 상기 제1손실추정유닛은 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 DC전원에서의 전력 손실을 추정한다. 상기 제2손실추정유닛은 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 컨버터에서의 전력 손실을 추정한다. 상기 제3손실추정유닛은 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정한다. 상기 전압지령값발생유닛은 상기 전동기의 동작상태를 토대로, 상기 전동기의 유도전압에 대응하여 필요최소전압을 산출하고, 상기 필요최소전압 이상이면서 상기 컨버터의 출력상한전압 이하의 후보전압범위 내에서, 상기 제1 내지 제3손실추정유닛들에 의해 추정되는 전력손실들의 합계를 포함하는 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전원배선 상의 DC전압을 책정하여, 상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정한다.
- [0011] 대안적으로, 본 발명은 상술된 바와 같이 DC전원, 컨버터 및 인버터를 포함하는 전동기구동제어시스템을 제어하는 방법을 제공하되, 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 DC전원에서의 전력 손실을 추정하는 단계; 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 컨버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계; 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계; 상기 전동기의 동작상태를 토대로, 상기 전동기의 유도전압에 대응하여 필요최소전압을 산출하는 단계; 상기 필요최소전압 이상이면서 상기 컨버터의 출력상한전압 이하의 후보전압범위 내에서, 상기 추정되는 전력손실들의 합계를 포함하는 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전원배선 상의 DC전압을 책정하는 단계; 및 상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로

로 한다.

- [0012] 상기 제어장치는 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 전동기에서의 전력 손실을 추정하기 위한 제4손실추정유닛을 더 포함하는 것이 바람직하다. 상기 전압지령값발생유닛은, 상기 제1 내지 제4손실추정유닛들에 의해 추정되는 상기 전력손실들의 합계를 토대로 상기 총전력손실을 산출하고, 상기 후보전압범위 내의 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압을 책정하여, 상기 책정된 DC전압에 따라 상기 전압지령값을 설정한다.
- [0013] 대안적으로, 상기 제어방법은 사전설정된 손실 특성을 토대로 상기 전동기에서의 전력 손실을 추정하는 단계를 더 포함한다. 상기 책정하는 단계에서, 상기 총전력손실은 상기 DC전원에서의 추정되는 전력 손실, 상기 컨버터에서의 전력 손실, 상기 인버터에서의 전력 손실 및 상기 전동기에서의 전력 손실의 합계를 토대로 산출되고, 상기 후보전압범위 내의 상기 총전력손실을 최소화하는 상기 DC전압이 책정된다.
- [0014] 상술된 전동기구동제어시스템 및 그 제어방법에 따르면, DC전력전압의 승압을 가능하도록 구성된 컨버터와 상기 컨버터의 출력전압을 전동기의 구동을 제어하기 위한 AC전압으로 변환하는 인버터를 포함하는 구조에 있어서, 상기 컨버터의 출력전압지령값은 DC전원, 컨버터(전동기) 및 인버터 각각에서의 추정되는 전력 손실을 토대로, 전반적인 시스템에서의 총전력손실을 최소화하는 최적의 전압에 대응하여 그리고 상기 전동기의 유도전압보다 높은 범위에서 설정될 수 있다. 이에 따라, 상기 시스템의 전체 효율이 컨버터의 출력전압을 적절하게 설정함으로써 개선될 수 있다.
- [0015] 상기 인버터의 스위칭 제어는 복수의 제어방법들 가운데 하나의 제어방법을 선택하여 실행되고, 상기 제3손실추정유닛은 상기 제어방법들 각각에 대하여 설정된 상기 손실 특성을 토대로, 상기 전동기의 회전속도와 토크에 따라 그리고 상기 선택된 제어방법에 따라 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 것이 바람직하다. 대안적으로, 상기 인버터에서의 전력 손실을 추정하는 단계에서는, 상기 제어방법들 각각에 대하여 설정되는 손실 특성을 토대로, 상기 인버터에서의 전력 손실이 전동기의 회전수(즉, 회전속도)와 토크에 따라 그리고 상기 선택된 제어방법에 따라 추정된다.
- [0016] 이에 따라, 인버터의 제어방법이 전동기의 동작상태에 따라 스위칭되는 제어 구조에 있어서는, 상기 시스템 전체의 전력 손실이 더욱 정확하게 추정될 수 있어, 상이한 제어방법들에 따른 인버터의 전력 손실 특성의 차이를 반영하게 된다. 그러므로, 상기 컨버터의 출력 전압이 전반적인 시스템 효율을 향상시키기 위해 더욱 정확하게 설정될 수 있게 된다.
- [0017] 상기 복수의 제어방법은 상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 펄스폭변조파형전압(pulse-width-modulation waveform)이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 정현파펄스폭변조제어(sinusoidal pulse width-modulation control), 상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 정현파펄스폭변조제어에서보다 변조율이 높은(higher modulation factor) 펄스폭변조파형전압이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 과변조펄스폭변조제어(overmodulation pulse width modulation control), 및 상기 전동기에 인가되는 각 상의 전압이 상기 전압지령값에 따라 장방형파전압(voltage with rectangular wave)이 되도록 상기 인버터 상의 스위칭 제어가 실행되는 장방형파전압제어(rectangular wave voltage control)를 포함하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0018] 이에 따라, 인버터의 제어방법이 정현파펄스폭변조, 펄스폭과변조 및 장방형파전압제어 가운데 스위칭되는 제어 구조에 있어서는, 상기 컨버터의 출력 전압을 적절하게 설정함으로써 전반적인 시스템 효율이 개선될 수 있게 된다.
- [0019] 상기 손실 특성은, 상기 전동기의 회전수(즉, 회전속도)와 토크 및 상기 DC전원배선 상의 DC전압 중 하나 이상에 대한 상기 전력 손실의 변동을 나타내는 것이 바람직하다.
- [0020] 이에 따라, 상기 컨버터의 출력 전압에 대한 전력 손실 특성 및 상기 전동기의 회전속도와 토크를 설정함으로써, DC전원, 컨버터, 인버터 및 전동기 각각에 있어서, 상기 컨버터의 출력 전압에 따라 상기 시스템 전체의 총전력손실의 변화가 보다 확실하게 추정될 수 있다. 그러므로, 상기 컨버터의 출력 전압이 더욱 적절하게 설정될 수 있어 전체 시스템 효율을 향상시키게 된다.
- [0021] 그러므로, 본 발명의 주된 장점은 DC전압의 가변제어를 가능하게 하도록 형성되는 컨버터와 상기 컨버터의 출력 전압을 AC전압으로 변환하는 인버터를 포함하는 구조의 전동기구동제어시스템에 있어서, 시스템 전체의 전력 손실이 최소화될 수 있고, 전반적인 효율이 컨버터의 출력 전압을 적절하게 설정함으로써 향상될 수 있다.

실시예

- [0035] 하기에, 본 발명의 실시예들을 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 도면 전반에 걸쳐, 동일하거나 대응하는 부분들은 동일한 참조 부호들로 표시되며, 기본적으로 그 설명은 반복하지 않기로 한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템이 탑재되는 구성의 일례로서 하이브리드자동차(100)의 구성을 도시한 블럭도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 하이브리드자동차(100)는 엔진(110), 동력분할기구(120), 모터제너레이터(MG1, MG2), 리덕션기어(130), 구동축(140) 및 차륜(구동차륜)(150)을 포함한다. 하이브리드자동차(100)는 DC전압발생유닛(10#), 평활캐패시터(C0), 인버터(20, 30) 및 모터제너레이터(MG1, MG2)의 구동을 제어하기 위한 제어장치(50)를 더 포함한다.
- [0038] 엔진(110)은 예컨대 가솔린 엔진 또는 디젤 엔진과 같은 내연기관으로 구현된다. 냉각수의 온도를 검출하는 수온센서(112)가 엔진(110) 상에 제공된다. 온도센서(112)의 출력은 제어장치(50)로 전달된다.
- [0039] 동력분할기구(120)는 엔진(110)에 의해 발생하는 동력을 구동축(140)으로의 경로와 모터제너레이터(MG1)로의 경로로 분할가능하도록 형성된다. 선기어, 유성기어 및 링기어의 세 회전축을 구비한 유성기어기구가 동력분할기구(120)로 사용될 수도 있다. 일례로서, 모터제너레이터(MG1)의 회전자를 중공으로 만들고, 엔진(110)의 크랭크축이 그 중공을 통과하도록 함으로써, 엔진(110)과 모터제너레이터(MG1, MG2)를 동력분할기구(120)에 기계적으로 연결시킬 수 있게 된다. 구체적으로는, 모터제너레이터(MG1)의 회전자가 선기어에 연결되고, 엔진(110)의 출력축이 유성기어에 연결되며, 출력축(125)이 링기어에 연결된다. 모터제너레이터(MG2)의 회전축에도 연결되는 출력축(125)은 리덕션기어(130)를 통한 구동차륜(150)의 구동 회전을 위하여 구동축(140)에 연결된다. 모터제너레이터(MG2)의 회전축에 대응하는 리덕션기어가 추가로 탑재될 수도 있다.
- [0040] 모터제너레이터(MG1)는 모터와 제너레이터의 기능들을 갖도록 형성되어, 엔진(110)에 의해 구동되는 발전기로서 그리고 엔진(110)의 시동을 행할 수 있는 전동기로서 동작하게 된다.
- [0041] 이와 유사하게, 모터제너레이터(MG2)는 차량을 구동하기 위해 동력을 발생시키는 하이브리드자동차(100)에 탑재되고, 그 중 출력이 출력축(125)과 리덕션기어(130)를 통해 구동축(140)으로 전달된다. 또한, 모터제너레이터(MG2)는 모터와 제너레이터의 기능들을 갖도록 형성되어, 차륜(150)의 회전에 대항하는 방향으로 출력 토크를 발생시킴으로써, 전력을 회생시키게 된다.
- [0042] 다음으로, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 구동을 제어하기 위한 구조를 설명하기로 한다.
- [0043] DC전압발생유닛(10#)은 차량을 구동하기 위한 배터리(B)(이하, "메인배터리(B)"라고도 함), 평활캐패시터(C1) 및 승강압컨버터(15)를 포함한다. 메인배터리(B)는 본 발명의 "DC전원"에 대응하고, 승강압컨버터(15)는 본 발명의 "컨버터"에 대응한다.
- [0044] 메인배터리(B)로는 니켈수소 또는 리튬이온 2차전지가 사용될 수도 있다. 아래 실시예에서는, 2차전지에 의해 구현되는 메인배터리(B)가 "DC전원"으로 사용되는 구조를 설명하기로 한다. 하지만, 전기이중층캐패시터와 같은 축전장치가 메인배터리(B) 대신에 사용될 수도 있다는 점에 유의한다.
- [0045] 메인배터리(B)에 의해 출력되는 배터리전압(Vb)은 전압센서(10)에 의해 검출되고, 메인배터리(B)와 입출력되는 배터리전류(Ib)는 전류센서(11)에 의해 검출된다. 온도센서(12)는 메인배터리(B) 상에 제공된다. 하지만, 메인배터리(B)의 온도는 국부적으로 변경될 수도 있다. 그러므로, 온도센서(12)가 메인배터리(B)의 복수의 부분들 상에 제공될 수도 있다. 전압센서(10), 전류센서(11) 및 온도센서(12)에 의해 검출되는 배터리전압(Vb), 배터리전류(Ib) 및 배터리온도(Tb)는 제어장치(50)로 출력된다.
- [0046] 평활캐패시터(C1)는 접지선(5)과 전원선(6) 사이에 연결된다. 메인배터리(B)의 양극 단자와 전원선(6) 사이에, 그리고 메인배터리(B)의 음극 단자와 접지선(5) 사이에는, 차량의 진행 중에는 턴 온되고 차량이 동작이 정지될 때에는 턴 오프되는 릴레이(도시안됨)들이 제공된다.
- [0047] 승강압컨버터(15)(이하, 간단히 컨버터라고도 함)는 리액터(L1) 및 파워반도체스위칭소자(Q1, Q2)(이하, "스위칭소자"라고 함)를 포함하고, 그들 간의 스위칭이 제어된다. 리액터(L1)는 스위칭소자(Q1, Q2)의 연결노드와 전원선(6) 사이에 연결된다. 평활캐패시터(C0)는 전원선(7)과 접지선(5) 사이에 연결된다.
- [0048] 스위칭소자(Q1, Q2)는 전원선(7)과 접지선(5)간에 직렬로 연결된다. 스위칭소자(Q1, Q2)의 온/오프는 제어장치(50)로부터의 제어신호(S1, S2)를 스위칭함으로써 제어된다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 있어서는, 스위칭소자로서, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), 파워MOS(Metal

Oxide Semiconductor) 트랜지스터 또는 파워바이폴라트랜지스터가 사용될 수도 있다. 역병렬 다이오드(D1, D2)가 스위칭소자(Q1, Q2)에 대하여 배치된다.

- [0050] 인버터(20, 30)들의 DC전압측은 공통접지선(5)과 전원선(7)을 통해 컨버터(15)에 연결된다. 구체적으로는, 전원선(7)이 본 발명의 "DC전원배선"에 대응한다. 또한, 모터제너레이터(MG1, MG2)는 본 발명의 "전동기"에 대응하고, 인버터(20, 30)는 본 발명의 "인버터"에 대응한다.
- [0051] 인버터(20)는 전원선(7)과 접지선(5) 사이에 병렬로 제공되는 U상아암(22), V상아암(24) 및 W상아암(26)으로 형성된다. 각 상의 아암은 전원선(7)과 접지선(5) 사이에 직렬로 연결된 스위칭소자들에 의해 구현된다. 예를 들어, U상아암(22)은 스위칭소자(Q11, Q12)를 포함하고, V상아암(24)은 스위칭소자(Q13, Q14)를 포함하며, W상아암(26)은 스위칭소자(Q15, Q16)를 포함한다. 또한, 역병렬 다이오드(D11 내지 D16)는 각각 스위칭소자(Q11 내지 Q16)에 연결된다. 스위칭소자(Q11 내지 Q16)의 온/오프는 각각 제어장치(50)로부터의 제어신호(S11 내지 S16)를 스위칭하여 제어된다.
- [0052] 모터제너레이터(MG1)는 도시되지 않은 고정자 및 회전자 상에 제공된 U상코일(U1), V상코일(V1) 및 W상코일(W1)을 포함한다. U상코일(U1), V상코일(V1) 및 W상코일(W1)은 그 일 단부가 중성점(N1)에서 서로 연결되고, 타 단부는 인버터(20)의 U상아암(22), V상아암(24) 및 W상아암(26)에 각각 연결된다. 인버터(20)는 제어장치(50)로부터의 스위칭제어신호(S11 내지 S16)에 응답하여 스위칭소자(Q11 내지 Q16)의 온/오프 제어(스위칭 제어)를 통해, DC전압발생유닛(10#)과 모터제너레이터(MG1)간의 양방향 전력 변환을 수행한다.
- [0053] 구체적으로는, 제어장치(50)에 의한 스위칭 제어에 따르면, 인버터(20)는 전원선(7)으로부터 받는 DC전압을 3상AC전압으로 변환하고, 상기 변환된 3상AC전압을 모터제너레이터(MG1)로 출력할 수도 있다. 결과적으로, 모터제너레이터(MG1)가 지정된 토크를 발생시키도록 구동된다. 또한, 제어장치(50)에 의한 스위칭 제어에 따르면, 인버터(20)는 엔진(110)의 출력을 받는 모터제너레이터(MG1)에 의해 생성되는 3상AC전압을 DC전압으로 변환하여, 상기 변환된 DC전압을 전원선(7)으로 출력할 수도 있다.
- [0054] 인버터(30)는 인버터(20)와 유사한 구조를 가지며, 그 온/오프가 스위칭제어신호(S21 내지 S26)들에 의해 제어되는 스위칭소자(Q21 내지 Q26) 및 역병렬 다이오드(D21 내지 D26)를 포함한다.
- [0055] 모터제너레이터(MG2)는 모터제너레이터(MG1)와 유사한 구조를 가지며, 도시되지 않은 고정자 및 회전자 상에 제공된 U상코일(U2), V상코일(V2) 및 W상코일(W2)을 포함한다. 모터제너레이터(MG1)와 유사하게, U상코일(U2), V상코일(V2) 및 W상코일(W2)은 그 일 단부가 중성점(N2)에서 서로 연결되고, 타 단부는 인버터(30)의 U상아암(32), V상아암(34) 및 W상아암(36)에 각각 연결된다.
- [0056] 인버터(30)는 제어장치(50)로부터의 스위칭제어신호(S21 내지 S26)에 응답하여 스위칭소자(Q21 내지 Q26)의 온/오프 제어(스위칭 제어)를 통해, DC전압발생유닛(10#)과 모터제너레이터(MG2)간의 양방향 전력 변환을 수행한다.
- [0057] 구체적으로는, 제어장치(50)에 의한 스위칭 제어에 따르면, 인버터(30)는 전원선(7)으로부터 받는 DC전압을 3상AC전압으로 변환하고, 상기 변환된 3상AC전압을 모터제너레이터(MG2)로 출력할 수도 있다. 결과적으로, 모터제너레이터(MG2)가 지정된 토크를 발생시키도록 구동된다. 또한, 제어장치(50)에 의한 스위칭 제어에 따르면, 인버터(30)는 차량의 회생제동 시에 차륜(150)의 회전력을 받는 모터제너레이터(MG2)에 의해 생성되는 3상AC전압을 DC전압으로 변환하여, 상기 변환된 DC전압을 전원선(7)으로 출력할 수도 있다.
- [0058] 여기서의 상기 회생제동은 하이브리드자동차의 운전자에 의한 풋브레이크조작을 통한 회생제동 또는 상기 풋브레이크를 조작하지 않으면서 주행 시에 액셀러레이터페달을 해제시킴으로써 회생발전 시의 차량의 감속(또는 가속 정지)을 말한다.
- [0059] 모터제너레이터(MG1, MG2) 각각에는 전류센서(27)와 회전각센서(리졸버)(28)가 제공된다. 3상전류(iu, iv, iw)의 순시값들의 합계가 제로이므로, 도 1에 도시된 바와 같이, 두 상의 모터전류(예컨대, V상전류(iv) 및 W상전류(iw))만을 검출하도록 전류센서(27)를 배치하는 것으로 족하다. 회전각센서(28)는 도시되지 않은 모터제너레이터(MG1, MG2)의 회전자 회전각(θ)을 검출하고, 상기 검출된 회전각(θ)을 제어장치(50)로 전달한다. 상기 회전각(θ)을 토대로, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 회전수(Nmt)(각속도 ω)가 제어장치(50)에 의해 산출될 수도 있다. 본 실시예에 있어서, "회전수"라는 용어는 구체적으로 언급되지 않았다면 단위시간당 회전수(통상적으로, 1분당), 즉 회전속도를 말한다.
- [0060] 이들 센서들에 의해 검출되는 모터제너레이터(MG1)의 모터전류 MCRT(1) 및 회전자회전각 θ (1) 뿐만 아니라 모

터제너레이터(MG2)의 모터전류 MCRT(2) 및 회전자회전각 θ (2)가 제어장치(50)로 입력된다. 또한, 제어장치(50)는 입력으로서 모터제너레이터(MG1)의 회생동작을 나타내는 토크지령값 Tqcom(1) 및 제어신호 REG(1) 뿐만 아니라 모터지령으로서 모터제너레이터(MG2)의 회생동작을 나타내는 토크지령값 Tqcom(2) 및 제어신호 REG(2)를 수신한다.

- [0061] 전자제어유닛(ECU)에 의해 구현되는 제어장치(50)는 마이크로컴퓨터(도시안됨), RAM(Random Access Memory; 51) 및 ROM(Read Only Memory; 52)을 포함하고, 규정된 프로프램처리에 따르면, 컨버터(15)와 인버터(20, 30)의 스위칭 제어를 위한 스위칭제어신호 S1 및 S2(컨버터(15)), S11 내지 S16(인버터(20)) 및 S21 내지 S26(인버터(30))을 생성하여, 모터제너레이터(MG1, MG2)가 상위의 전자제어유닛(ECU)로부터 입력되는 모터지령에 따라 동작한다.
- [0062] 또한, 메인배터리(B)와 관련되어, SOC(충전상태) 및 충방전제한을 나타내는 허용전력량(Win, Wout)과 같은 정보가 제어장치(50)로 입력된다. 구체적으로는, 제어장치(50)가 모터제너레이터(MG1, MG2)의 소비전력과 발전전력(회생전력)을 필요에 따라 제한하는 기능을 가져, DC전원(B)의 과도한 충전이나 과도한 방전이 회피될 수 있도록 한다.
- [0063] 본 실시예에서는 단일 제어장치(ECU)에 의한 인버터 제어를 통해 스위칭주파수를 절환하는 기구가 기술되었지만, 복수의 제어장치(ECUs)의 협조동작에 의해 유사한 제어 구조가 구현될 수도 있다.
- [0064] 다음으로, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 구동을 제어하기 위한 컨버터(15) 및 인버터(20, 30)의 동작들을 설명하기로 한다.
- [0065] 컨버터(15)의 전압상승(승압) 시, 제어장치(50)는 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태를 토대로 DC전압(VH)(인버터(20, 30)의 DC측 전압에 대응하는 DC전압, 이하 "시스템전압(VH)"이라고도 함)의 전압지령값(VH#)(이하, "시스템전압지령값(VH#)"이라고도 함)을 설정하고, 상기 시스템전압지령값(VH#) 및 전압센서(13)의 검출값을 토대로, 컨버터(15)의 출력전압이 시스템전압지령값(VH#)과 같게 되도록 스위칭제어신호(S1, S2)를 생성한다.
- [0066] 승압동작 시, 컨버터(15)는 메인배터리(B)로부터 인버터(20, 30)로 공급되는 DC전압(배터리전압)(Vb)을 승압시켜 취득되는 시스템전압(VH)을 공통으로 공급한다. 보다 구체적으로는, 제어장치(50)로부터의 스위칭제어신호(S1, S2)에 있어서, 스위칭소자(Q1, Q2)의 듀티비(온 기간 비율)가 설정되고, 승압비가 상기 듀티비에 대응하게 된다.
- [0067] 강압동작 시, 컨버터(15)는 평활캐패시터(C0)를 통해 인버터(20, 30)로부터 공급되는 DC전압(시스템전압)을 낮추어 메인배터리(B)를 충전한다. 구체적으로는, 제어장치(50)로부터의 제어신호(S1, S2)에 응답하여, 상기 스위칭소자(Q1)만이 온되는 기간과 스위칭소자(Q1, Q2) 양자 모두가 오프되는 기간이 교대로 제공되고, 강압비는 상술된 온-기간의 듀티비에 대응하게 된다.
- [0068] 평활캐패시터(C0)는 컨버터(15)로부터의 DC전압(시스템전압)을 평활화하고, 상기 평활화된 DC전압을 인버터(20, 30)에 공급한다. 전압센서(13)는 평활캐패시터(C0)의 대향하는 단부들에서의 전압, 즉 시스템전압(VH)을 검출하고, 상기 검출된 값을 제어장치(50)로 출력한다.
- [0069] 인버터(30)는 제어장치(50)로부터의 스위칭제어신호(S21 내지 S26)에 응답하여 스위칭소자(Q21 내지 Q26)의 온/오프 동작(스위칭 동작)들을 통해 토크지령값 Tqcom(2)에 따른 토크가 출력되도록 모터제너레이터(MG2)를 구동시킨다. 상기 토크지령값 Tqcom(2)은 운전 상황에 따라 모터제너레이터(MG2)에 대한 출력(토크 × 회전수) 요구에 따라 적절하게 양의 값(Tqcom(2) > 0), 제로(Tqcom(2) = 0) 또는 음의 값(Tqcom(2) < 0)으로 설정된다.
- [0070] 특히, 하이브리드자동차의 회생제동 시, 모터제너레이터(MG2)의 토크지령값은 음의 값(Tqcom(2) < 0)으로 설정된다. 이 경우, 인버터(30)는 모터제너레이터(MG2)에 의해 생성되는 AC전압을 스위칭제어신호(S21 내지 S26)에 응답하여 스위칭 동작에 의해 DC전압으로 변환하고, 상기 변환된 DC전압(시스템전압)을 평활캐패시터(C0)를 통해 컨버터(15)에 공급한다.
- [0071] 또한, 인버터(30)의 동작과 유사하게, 인버터(20)는 제어장치(50)로부터의 스위칭제어신호(S11 내지 S16)에 따라 스위칭소자(Q11 내지 Q16)의 온/오프 제어에 의하여, 모터제너레이터(MG1)가 지령값에 따라 동작하도록 전력을 변환한다.
- [0072] 제어장치(50)에 의한 토크지령값(Tqcom(1), Tqcom(2))에 따른 모터제너레이터(MG1, MG2)의 구동 제어에 의하면, 하이브리드자동차(100)에서는, 모터제너레이터(MG2)에 의한 소비전력을 통해 차량을 구동하기 위한 전력의 발생, 모터제너레이터(MG1)에 의한 전력의 발생을 통한 메인배터리(B)의 전력의 발생 또는 모터제너레이터(MG

2)에 의해 소비될 전력의 발생 및 모터제너레이터(MG2)에 의한 회생제동동작(발전)을 통한 메인배터리(B)의 전력의 발생이 차량의 운전 상황에 따라 적절하게 실행될 수도 있다.

- [0073] 다음으로, 제어장치(50)에 의한 인버터(20, 30)의 전력변환제어를 상세히 설명하기로 한다. 하기에 기술되는 인버터 제어는 인버터(20, 30)에 공통이다.
- [0074] 도 2는 도 1에 도시된 전동기구동제어시스템에 사용되는 인버터제어방법을 예시하고 있다.
- [0075] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템에서는, 3가지 제어방법들이 인버터(20, 30)에 의한 전동기구동제어를 위하여 서로 전환되어 사용된다.
- [0076] 정현파PWM(펄스폭변조)제어는, 각 상의 아암에서의 스위칭소자의 온/오프가 정현파전압지령값과 반송파(통상적으로, 삼각파)간의 전압의 비교에 따라 제어되는 일반적인 PWM제어로서 사용된다. 그 결과, 상부아암소자의 온 기간에 대응하는 고레벨 기간과 하부아암소자의 온 기간에 대응하는 저레벨 기간의 세트에 관해서는, 그 기본과 성분이 규정된 기간 내에 정현파가 되도록 듀티비가 제어된다. 공지된 바와 같이, 정현파PWM제어에서는, 기본과 성분의 진폭이 인버터의 DC측 전압(즉, 시스템전압(VH))의 0.61배까지만 증가될 수 있다.
- [0077] 장방형파전압제어에 있어서는, 1:1의 저레벨 기간에 대한 고레벨 기간의 비를 갖는 장방형파의 일 펄스가 상술된 규정된 기간 내에 모터제너레이터(MG)에 인가된다. 따라서, 변조율이 0.78로 증가될 수 있다.
- [0078] 과변조PWM제어에서는, 정현파PWM제어와 유사한 PWM제어가 보다 작은 진폭을 갖도록 왜곡된 반송파로 수행된다. 그 결과, 기본과 성분이 왜곡될 수 있고, 변조율이 0.61 내지 0.78의 범위로 개선될 수 있게 된다.
- [0079] 모터제너레이터(MG)(MG1과 MG2를 총괄적으로 표기함, 이하 동일)에서는, 회전수 및/또는 토크가 증가하는 경우, 역기전력이 증가하고 유도전압이 더욱 높아져, 필요전압이 증가하게 된다. 이에 따라, 컨버터(15)의 출력전압(시스템전압(VH))을 필요전압보다 높게 설정할 필요가 있게 된다. 다른 한편으로, 컨버터(15)의 승압이 제한되고, 그 출력전압의 상한(즉, 최대시스템전압)이 있게 된다.
- [0080] 그러므로, 필요전압(유도전압)이 최대시스템전압보다 낮은 범위에서는, 정현파PWM제어 또는 과변조PWM제어를 통한 최대토크제어가 적용되고, 출력 토크는 벡터 제어에 따른 모터전류제어에 의하여 토크지령값(Tqcom)으로 조정된다.
- [0081] 다른 한편으로, 모터의 필요전압(유도전압)이 최대시스템전압에 이르는 경우, 시스템전압(VH)이 유지되면서 약 계자제어(field weakening control)에 대응하는 장방형파전압제어가 적용된다. 장방형파전압제어방법에 있어서는, 기본과 성분의 진폭이 고정되므로, 장방형파펄스의 전압상제어를 통해 토크 제어가 실행되게 된다.
- [0082] 시스템전압(VH)이 동일한 동안 동일한 모터전류가 공급되는 경우, 즉 인버터(20 또는 30)에 의해 절환되는 DC전류가 동일한 경우, 인버터에서의 스위칭 손실은 단위시간당 스위칭 회수에 의존한다. 그러므로, 이러한 동일한 조건 하에, 스위칭 손실은 정현파PWM제어에서 최대이고, 장방형파전압제어에서 최소이며, 과변조PWM제어에서 중간이다.
- [0083] 도 3은 정현파PWM제어방법과 과변조PWM제어방법에 따른 제어블럭을 보여준다. 도 3의 블럭도에 따른 전동기 제어는 규정된 기간에 제어장치(50)에 사전에 미리 저장된 프로그램을 실행하여 구현된다.
- [0084] 도 3을 참조하면, PWM제어블럭(200)은 전류지령생성유닛(210), 좌표변환유닛(220, 250), 회전수연산유닛(230), PI연산유닛(240) 및 PWM신호생성유닛(260)을 포함한다.
- [0085] 전류지령생성유닛(210)은 이전에 형성된 맵 등을 참조하여, 토크지령값 Tqcom(Tqcom(1)과 Tqcom(2))를 총괄적으로 표기함, 이하 동일)에 따라 d축전류지령값(Idcom) 및 q축전류지령값(Iqcom)을 생성한다.
- [0086] 좌표변환유닛(220)은 회전각센서(28)에 의해 검출되는 모터제너레이터(MG)의 회전각(θ)을 이용하는 좌표변환(3상→2상)에 의하여, 전류센서(27)에 의해 검출되는 V상 전류(i_v) 및 W상 전류(i_w)를 토대로 d축전류(i_d) 및 q축전류(i_q)를 연산한다. 회전각센서(28)로부터의 출력을 토대로, 회전수연산유닛(230)은 모터제너레이터(MG)의 회전수(Nmt)(또는 회전각속도 ω)를 연산한다.
- [0087] PI연산유닛(240)에는, d축전류의 지령값에 대한 편차 $\Delta Id(\Delta Id = Idcom - id)$ 및 q축전류의 지령값에 대한 편차 $\Delta Iq(\Delta Iq = Iqcom - iq)$ 가 입력된다. PI연산유닛(240)은 각각의 d축전류편차 ΔId 및 q축전류편차 ΔIq 상에서, 규정된 계인을 갖는 PI 연산에 의해 제어 편차를 연산하고, 상기 제어 편차에 따라 d축전압지령값(Vd#) 및 q축전압지령값(Vq#)을 생성한다.

[0088] 지령변환유닛(250)은 d축전압지령값(Vd#) 및 q축전압지령값(Vq#)을 모터제너레이터(MG)의 회전각(θ)을 이용하여, 전압변환(2상→3상)을 통해, U상, V상 및 W상의 각각의 것들의 전압지령값(Vu, Vv 및 Vw)으로 변환시킨다. 시스템전압(VH)은 또한 d축 및 q축전압지령값(Vd# 및 Vq#)으로부터 각 상의 전압지령값(Vu, Vv 및 Vw)으로의 변환에도 반영된다.

[0089] PWM신호생성유닛(260)은 각 상의 전압지령값(Vu, Vv 및 Vw)과 규정된 반송파간의 비교를 토대로, 도 1에 도시된 스위칭제어신호 S11 내지 S16(S21 내지 S26)를 생성한다.

[0090] 인버터 20(30)의 스위칭이 PWM제어블럭(200)에 의해 생성되는 스위칭제어신호 S11 내지 S16(S21 내지 S26)에 따라 제어되므로, 토크지령값(Tqcom)에 따른 토크를 출력하기 위한 AC전압이 모터제너레이터(MG)에 인가된다. 상술된 바와 같이, 과변조PWM제어방법이 적용되는 경우에는, PWM신호생성유닛(260)에서의 PWM 시에 사용되는 반송파가 정현파PWM제어방법이 인가될 때 사용되는 일반적인 것으로부터 스위칭된다.

[0091] 상술된 바와 같이, 정현파PWM제어방법, 과변조PWM제어방법 및 장방형과제어방법 가운데 선택 시에는, 변조율이 고려된다. 그러므로, 본 발명의 실시예에 따른 진동기구동제어시스템에서는, 전압지령값발생유닛(300), 전압지령진폭산출유닛(320), 변조율연산유닛(330) 및 제어방법선택유닛(340)이 추가로 제공되어, 필요한 변조율에 따라 제어방법을 선택하게 된다.

[0092] 전압지령값발생유닛(300)은 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태(토크, 회전수)에 따라 시스템전압(VH)의 전압지령값(VH#)을 설정한다. 상기 전압지령값(VH#)을 상세히 후술하기로 한다.

[0093] 전압지령진폭산출유닛(320)은 PI연산유닛(240)에 의해 생성되는 d축전압지령값(Vd#)과 q축전압지령값(Vq#) 및 전압위상(ϕ)(d축을 기준으로 하는 전압위상)을 이용하여, 하기 수학식 1 및 수학식 2에 따라 선간전압진폭(line voltage amplitude; Vamp)을 산출한다.

수학식 1

[0094]
$$V_{amp} = |V_{d\#}| \cdot \cos \phi + |V_{q\#}| \cdot \sin \phi$$

수학식 2

[0095]
$$\tan \phi = V_{q\#}/V_{d\#}$$

[0096] 변조율연산유닛(330)은 전압지령진폭산출유닛(320)에 의해 산출되는 선간전압진폭(Vamp)으로부터 그리고 시스템전압의 전압지령값(VH#)으로부터, 하기 수학식 3에 따라 실제 변조율을 산출한다.

수학식 3

[0097]
$$K_{md} = V_{amp}/V_{H\#}$$

[0098] 제어방법선택유닛(340)은 정현파PWM제어, 과변조PWM제어 및 장방형과전압제어 가운데 변조율연산유닛(330)에 의해 연산되는 변조율(Kmd)을 얻을 수 있는 제어방법을 선택한다.

[0099] 상기 배터리전압(Vb)의 검출값과 전압센서(10, 13)에 의해 검출되는 시스템전압(VH)을 토대로, PWM신호생성유닛(350)은 컨버터(15)의 출력 전압이 전압지령값(VH#)과 같게 되도록 규정된 PWM제어방법에 따라 스위칭제어신호(S1, S2)를 생성한다.

[0100] 도 4는 장방형과전압제어에 대한 제어블럭도이다. 상술된 바와 같이, 상기 장방형과전압제어는 상기 변조율연산유닛(330)에 의해 연산되는 변조율(Kmd)이 과변조PWM제어에 의해 실현될 수 없을 때 선택된다. 도 4의 블럭도에 따른 장방형과전압제어는 또한 규정된 기간에 제어장치(50)에 사전에 미리 저장된 프로그램을 실행하여 구현되기도 한다.

[0101] 도 4를 참조하면, 장방형과전압제어블럭(400)은 전력연산유닛(410), 토크연산유닛(410), 토크연산유닛(420), PI연산유닛(430), 장방형과발생기(440) 및 신호발생유닛(450)을 포함한다.

[0102] 전력연산유닛(410)은 전류센서(27)의 V상전류(iv)와 W상전류(iw)에 의해 얻어지는 각 상들의 전류로부터 그리고 각 상(U상, V상, W상)들의 전압(Vu, Vv, Vw)으로부터, 수학식 4에 따라 모터공급전력(Pmt)을 산출한다.

수학식 4

- [0103] $P_{mt} = i_u \cdot V_u + i_v \cdot V_v + i_w \cdot V_w$
- [0104] 토크연산유닛(420)은 회전각센서(28)에 의해 검출되는 모터제너레이터(MG)의 회전각(θ)으로부터 연산되는 각속도(ω) 및 전력연산유닛(410)에 의해 얻어지는 모터전력(P_{mt})으로부터, 하기 수학적 식 5에 따라 토크추정값(T_q)을 연산한다.
- 수학적 식 5**
- [0105] $T_q = P_{mt} / \omega$
- [0106] PI연산유닛(430)에는, 토크지령값(T_{qcom})에 대한 토크 편차 $\Delta T_q(\Delta T_q = T_{qcom} - T_q)$ 가 입력된다. PI연산유닛(430)은 토크 편차 ΔT_q 에 대하여 규정된 계인으로 PI 연산을 수행하여 제어 편차를 구하고, 취득한 제어 편차에 따라, 장방형과전압의 위상(ϕ_v)을 설정한다. 구체적으로는, 양의 토크 생성에 있어서($T_{qcom} > 0$), 전압위상(ϕ_v)은 토크가 불충분할 때 전압위상이 전진되도록 그리고 토크가 과도할 때 전압위상이 후진되도록 제어된다. 음의 토크 생성에 대해서는($T_{qcom} < 0$), 토크가 불충분할 때 전압위상이 후진되도록 그리고 토크가 과도할 때 전압위상이 전진되도록 전압위상(ϕ_v)이 제어된다.
- [0107] 장방형과발전기(440)는 PI연산유닛(430)에 의해 설정되는 전압위상(ϕ_v)에 따라 각 상들의 전압지령값(장방형과 펄스)(V_u, V_v, V_w)을 발생시킨다. 신호발생유닛(450)은 각 상들의 전압지령값(V_u, V_v, V_w)에 따라 스위칭제어신호 S11 내지 S16(S21 내지 S26)를 생성한다. 인버터 20(30)가 스위칭제어신호 S11 내지 S16(S21 내지 S26)에 따라 스위칭 동작을 수행하므로, 전압위상(ϕ_v)에 따른 장방형과펄스들은 모터의 각 상들의 전압들로서 인가된다.
- [0108] 상술된 바와 같이, 장방형과제어방법이 채택되는 경우에는, 모터제너레이터(MG)의 토크 제어가 토크(전력)의 피드백 제어에 의해 실현된다. 하지만, 장방형과제어방법에서는, 모터로 인가되는 전압의 위상만이 조작가능하므로, 이에 따라 모터로 인가되는 전압의 위상과 진폭 양자 모두가 조작가능한 PWM제어방법보다 제어 응답성이 낮게 된다는 점에 유의한다.
- [0109] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 전동기구동제어시스템의 특징점으로서 시스템전압지령값($V_{H\#}$)의 설정을 상세히 설명하기로 한다.
- [0110] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템전압지령값의 설정을 나타내는 흐름도이다.
- [0111] 도 5를 참조하면, 단계 S100에서, 제어장치(50)는 차량 상태(차속, 페달조작 등)에 따라 모터제너레이터(MG1, MG2)에 대한 출력요구(회전수 \times 토크)에 따라 토크지령값($T_{qcom}(1), T_{qcom}(2)$)을 설정한다.
- [0112] 또한, 단계 S110에서, 제어장치(50)는 모터제너레이터(MG1)의 회전수 및 토크지령값($T_{qcom}(1)$)에 따라 모터제너레이터(MG1)의 유도전압에 대응하는 필요전압(V_{mg1})을 산출한다. 이와 유사하게, 단계 S120에서, 제어장치(50)는 모터제너레이터(MG2)의 회전수 및 토크지령값($T_{qcom}(2)$)에 따라 모터제너레이터(MG2)의 유도전압에 대응하는 필요전압(V_{mg2})을 산출한다.
- [0113] 여기서, 모터제너레이터(MG)에서는, 회전수 및/또는 토크가 증가하는 경우, 역기전력이 증가하고, 유도전압이 증가한다. 그러므로, 단계 S110 및 S120에서는, 필요전압(V_{mg1}, V_{mg2})이 각각 모터제너레이터(MG1, MG2)의 유도전압들보다 낮지 않게 설정된다.
- [0114] 구체적으로는, 도 6에 도시된 바와 같이, 모터제너레이터(MG)의 회전수와 토크에 따르면, 즉 조작용이 고속 및 고토크범위로 진행됨에 따라, 상기 필요전압(V_{mg1}, V_{mg2})이 상대적으로 더욱 높게 설정된다. 일례로서, 단계 S110 및 S120에서의 필요전압(V_{mg1}, V_{mg2})의 산출은 인수로서 회전수(N_{mt})와 토크지령값(T_{qcom})을 이용하여, 모터제너레이터(MG1, MG2) 각각에 대하여 도 6에 도시된 특징을 반영하는 맵을 참조하도록 함으로써 실행될 수도 있다.
- [0115] 다시 도 5를 참조하면, 단계 S130에서, 제어장치(50)는 단계 S110 및 S120에서 각각 산출되는 MG1에 대한 필요전압(V_{mg1}) 및 MG2에 대한 필요전압(V_{mg2})의 최대값으로서 필요최소전압(V_{Hmin})을 산출한다. 구체적으로는, 필요최소전압(V_{Hmin})이 모터제너레이터(MG1, MG2)의 유도전압들보다 높게 설정된다.
- [0116] 단계 S140에서, 제어장치(50)는 단계 S130에서 구한 필요최소전압(V_{Hmin})으로부터 컨버터(15)의 최대출력전압(V_{Hmax})(이하, 전압범위를 "후보전압범위"라고도 함)까지의 전압범위에서 복수의 후보전압 $V_H(1)$ 내지 $V_H(n)$ 을 설정한다. 여기서, n 은 2보다 작지 않은 정수이다. 초기값으로서, 변수 i 는 $i = 1$ 로 설정된다. 여기서, 상기 후

보전압 $VH(1)$ 내지 $VH(n)$ 의 개수 및/또는 전압 간격은 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태들에 따라 고정되거나 또는 가변적으로 설정될 수도 있다. 또한, 상기 후보전압 $VH(1)$ 내지 $VH(n)$ 의 전압 간격은 반드시 등간격으로 제한될 필요는 없다.

- [0117] 또한, 단계 S150에서, 제어장치(50)는 후보전압 $VH(i)$ 을 이용하여 메인배터리(B)에서의 전력손실(배터리손실)(P1b)을 추정한다. 이와 유사하게, 단계 S152에서는, 제어장치(50)가 후보전압 $VH(i)$ 을 이용하여 전력손실(컨버터손실)(P1cv)을 추정한다. 또한, 단계 S154에서, 제어장치(50)는 후보전압 $VH(i)$ 을 이용하여 인버터(20, 30)에서의 전력손실(인버터손실)(P1iv1, P1iv2)을 추정한다. 또한, 단계 S156에서는, 제어장치(50)가 후보전압 $VH(i)$ 을 이용하여 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 전력손실(MG손실)(P1mg1, P1mg2)을 추정한다.
- [0118] 제어장치(50)는 단계 S150, S152, S154, S156에서 각각 추정되는 배터리손실(P1b), 컨버터손실(P1cv), 인버터손실(P1iv1, P1iv2) 및 MG손실(P1mg1, P1mg2)의 총합계로서 총전력손실(P1t)을 산출한다(S160). 그 후, 제어장치(50)는 단계 S162 및 S165의 반복처리에 의하여, 각각의 후보전압 $VH(1)$ 내지 $VH(n)$ 에 대한 전체 시스템에서의 전력손실의 총합계 P1t를 산출한다.
- [0119] 단계 S170에서, 제어장치(50)는 전력손실(P1t)의 총합계가 최소가 되는 후보전압 $VH(j)$ 을 후보전압 $VH(1)$ 내지 $VH(n)$ 으로부터 책정한다. 단계 S180에서, 제어장치(50)는 후보전압 $VH(j)$ 을 토대로 최적의 전압($VHopt$)을 산출한다. 여기서, 후보전압 $VH(j)$ 은 최적의 전압($VHopt$)으로 직접 사용될 수도 있고, 또는 상기 최적의 전압($VHopt$)은 후보전압 $VH(j)$ 과 이웃하는 후보전압 $VH(j-1)$ 또는 $VH(j+1)$ 의 보간에 의하여 산출될 수도 있다.
- [0120] 그 후, 단계 S180에서 구한 최적의 전압($VHopt$)에 따르면, 제어장치(50)는 전압지령값($VH\#$)을 설정한다(단계 S190). 기본적으로, $VH\# = VHopt$ 으로 설정된다. 따라서, 시스템전압지령값($VH\#$)은 전동기제어시스템 전체의 총전력손실을 최소화하는 시스템전압(VH)에 이르도록 설정된다.
- [0121] 도 5의 흐름도에는 도시되어 있지 않지만, 단계 S130에서 산출된 필요최소전압($VHmin$)이 컨버터(15)의 최대출력 전압($VHmax$)과 동일한 경우에는, 시스템전압(VH)에서의 자유도가 없으므로, 단계 S140 내지 S190의 처리가 생략되고, 전압지령값 $VH\#$ 이 $VH\# = VHmax(=VHmin)$ 으로 설정된다.
- [0122] 다음으로, 전동기제어시스템의 각종 구성요소들에서의 전력손실추정의 상세를 설명하기로 한다.
- [0123] 배터리손실(P1b)은 주로 내부저항에 의해 야기되는 Joule손실로부터 오고, 내부저항값(r)과 배터리전류(Ib)를 이용하여 $Ib \cdot r^2$ 로 표현된다.
- [0124] 도 7에 도시된 바와 같이, 배터리전류(Ib)는 리플전류(ripple current)(AC성분) ΔIbr 이 그 위에 중첩되는 평균전류(DC성분) $Ibave$ 이다. 상기 리플전류 ΔIbr 는 시스템전압(VH)과 배터리전압(Vb)간의 전압차 $|VH - Vb|$ 에 따라 증가한다.
- [0125] 도 8에 도시된 바와 같이, 배터리손실(P1b)은 평균전류(DC) $Ibave$ 의 제공에 비례하는 전력손실(P1b1)과 AC전력 성분 ΔIbr 의 제공에 비례하는 전력손실(P1b2)의 합계로 표현된다. 여기서, 리플전류로부터 도출되는 전력손실(P1b2)은 전압차 $|VH - Vb|$ 가 증가함에 따라 증가한다.
- [0126] 그러므로, 배터리손실(P1b)은 평균배터리전류(DC) $Ibave$ 를 토대로, 즉 MG1, MG2의 동작 상태(토크 \times 회전수)를 토대로 추정될 수 있다.
- [0127] 여기서, 평균전류($Ibave$)와 배터리전압(Vb)간의 곱으로 표현되는 배터리와의 입출력 전력은 각각의 모터제너레이터(MG)에 의해 소비되거나 생성되는 전력의 총합계에 대응하고, 시스템전압(VH)에 따라 변하지 않는다. 그러므로, 전압지령값($VH\#$)의 최적값의 책정 시에 평가될 배터리손실(P1b)로는, P1b2가 주로 고려되어야 한다.
- [0128] 이에 따라, 전압차 $|VH - Vb|$ 가 배터리손실(P1b)에 대한 인수(argument)인 도 8에 도시된 특징을 반영하는 맵을 사전에 미리 형성함으로써, 후보전압 $VH(i)$ 에 대한 배터리손실(P1b)의 변화가 추정될 수도 있다.
- [0129] 컨버터(15)에서의 손실은 주로 스위칭소자(Q1, Q2)에서의 손실과 리액터(L1)에서의 손실의 합계이고, 그 각각은 컨버터를 통과하는 전류(즉, 배터리전류(Ib))가 작아지고 상기 시스템전압(VH)이 낮아질 때, 보다 작아진다. 리플전류 ΔIbr 이 증가하면, 전류의 제공에 의존하는 손실이 증가하며, 이에 따라 전압차 $|VH - Vb|$ 는 컨버터손실(P1cv)을 결정하는 한 가지 요인이다.
- [0130] 도 9를 참조하면, 컨버터손실(P1cv)은 기본적으로 배터리전류(Ib)의 제공에 따른다. 그러므로, 도 9에 도시된 바와 같이, 컨버터손실(P1cv)은 기본적으로 배터리전류(Ib)의 평균전류($Ibave$)의 제공에 비례하고, 이는 전압차

$|V_H - V_b|$ 가 증가함에 따라 증가한다.

- [0131] 그러므로, 컨버터손실(P_{Icv}) 또한 평균배터리전류(I_{bave})를 토대로, 즉 MG1, MG2의 동작 상태(토크 × 회전수)와 전압차 $|V_H - V_b|$ 를 토대로 추정될 수도 있다. 상술된 바와 같이, 평균배터리전류(I_{bave})는 시스템전압(V_H)에 따라 변하지 않는다. 그러므로, 전압지령값($V_H\#$)의 최적값을 책정하도록 평가될 컨버터손실(P_{Icv})에 관해서는, 전압차 $|V_H - V_b|$ 가 인수인 도 9에 도시된 특징을 반영하는 맵을 사전에 미리 형성함으로써, 후보전압 $V_H(i)$ 에 대한 컨버터손실(P_{Icv})의 변화가 추정될 수도 있다.
- [0132] 인버터(20, 30)에서의 인버터손실은 주로 스위칭소자들의 스위칭손실과 온-손실로부터 오고, 스위칭소자들을 통과하는 전류가 작고 시스템전압이 낮아짐에 따라, 작아지게 된다.
- [0133] 도 10에 도시된 바와 같이, 인버터(20, 30)에 의한 전동기의 제어방법은 저회전수 범위(500)에서는 정현파PWM제어가 선택되고, 회전수가 증가되어 보다 큰 변조율이 요구되는 범위(510)에서는 과변조PWM제어가 선택되며, 보다 높은 회전수의 범위(520)에서는 장방형과제어가 실행되도록 되어 있다. 일례로서, 일정한 토크(T_1)가 출력되고 있는 동안, 제어방법은 MG의 회전수가 증가하여 N1에 근접하게 됨에 따라, 정현파PWM제어로부터 과변조PWM제어로 스위칭되고, MG의 회전수가 더욱 증가하여 N2에 근접하게 됨에 따라, 과변조PWM제어로부터 장방형과전압제어로 스위칭된다.
- [0134] 이 때, 시스템전압(V_H)이 상술된 필요최소전압(V_{min})에 대응하여 결정되는 경우, 회전수가 증가함에 따라, 배터리전압(V_b)으로부터 컨버터(15)의 최대출력전압(V_{Hmax})까지 상기 시스템전압(V_H)이 증가한다. MG회전수 $\geq N_2$ 인 범위에서, 필요최소전압(V_{Hmin})은 최대출력전압(V_{Hmax})에 이르므로, 시스템전압(V_H)의 설정 시 자유도가 손실된다.
- [0135] 여기서, 인버터전력손실 P_{Iiv1} (또는 P_{Iiv2})에 관해서는, MG의 회전수가 N0에서 N1로 되는 범위에서, 즉 정현파PWM제어가 인가되는 경우, 동일한 토크(T_1)가 출력되는 한 각각의 스위칭소자의 스위칭전압은 시스템전압(V_H)이 증가함에 따라 증가하므로, 스위칭손실이 증가하게 된다. 이에 따라, 인버터손실 P_{Iiv1} (또는 P_{Iiv2})이 증가한다.
- [0136] 하지만, 회전수가 N1을 초과하는 경우, 제어방법은 정현파PWM제어로부터 단위시간당 스위칭동작의 회수가 상대적으로 적은 과변조PWM제어로 스위칭되어, MG의 회전수가 증가함에 따라 시스템전압(V_H)이 더욱 증가하더라도, 인버터손실 P_{Iiv1} (또는 P_{Iiv2})이 감소하게 된다.
- [0137] 회전수가 더욱 증가하는 경우, 인버터손실 P_{Iiv1} (또는 P_{Iiv2})은 각각의 스위칭소자에서의 스위칭손실이 시스템전압(V_H)의 증가에 따라 증가하므로 점진적으로 증가한다. 또한, 시스템전압이 컨버터의 최대출력전압(V_{Hmax})에 이르고 장방형과전압제어가 인가되는 범위에서는, 모터제너레이터(MG)에서의 유도전압을 억제하도록 억제제어를 통하여 인버터의 효율을 낮출 필요가 있게 된다. 그러므로, 단위시간당 스위칭동작들의 회수가 감소하더라도, 인버터손실 P_{Iiv1} (또는 P_{Iiv2})이 점진적으로 증가하게 된다.
- [0138] 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 MG 손실은 각 상들의 코일들을 통과하는 전류에 기인하는 구리 손실과 철심부에서의 자속 변화에 의해 생성되는 철 손실의 합계이다. 그러므로, MG 손실은 각 상들의 코일들을 통과하는 전류가 보다 작아짐에 따라 더욱 작아진다.
- [0139] 그러므로, 일반적으로 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 MG 손실이 모터의 동작 상태(회전수와 토크)를 토대로 추정될 수도 있다.
- [0140] 일례로서, 도 11은 소정의 일정한 회전수를 가지면서, 시스템전압과 토크 및 인버터(20)와 모터제너레이터(MG1)의 전력손실들의 합계 $P_{Iiv1} + P_{Img1}$ (그리고 인버터(30)와 모터제너레이터(MG2)의 전력손실들의 합계 $P_{Iiv2} + P_{Img2}$)간의 관계를 보여준다. 도 11은 상술된 인가된 제어방법들 각각들간의 차이를 고려하여, 모터제너레이터(MG)의 회전수와 토크(토크지령값) 및 시스템전압을 토대로, 인버터손실과 MG 손실을 추정하기 위한 맵이 사전에 미리 설정될 수 있다는 것을 보여준다. 여기서, 인버터손실은 모터제너레이터(MG)의 동작 상태(즉, 회전수와 토크지령값)에 대응하여 선택될 제어방법을 사전에 미리 설정하여 추정될 수 있다.
- [0141] 그 결과, 도 12에 도시된 바와 같이, 모터제너레이터(MG1)의 회전수/토크(토크지령값 $T_{qcom}(1)$), 모터제너레이터(MG2)의 회전수/토크(토크지령값 $T_{qcom}(2)$) 및 시스템전압(V_H) 중 하나 이상을 인수로서 주로 이용하여, 배터리손실(P_{Ib})을 추정하는 배터리손실추정유닛(550), 컨버터손실(P_{Icv})을 추정하기 위한 컨버터손실추정유닛(560), 인버터손실(P_{inv1} , P_{inv2})을 추정하는 인버터손실추정유닛(570) 및 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 MG 손실(P_{img1} , P_{img2})을 추정하는 MG손실추정유닛(580)을 제공할 수 있게 된다.

- [0142] 예컨대, 도 8에 도시된 특성에 기초한 맵(555)은 배터리손실추정유닛(550)에 사전에 미리 형성될 수도 있고, 상기 맵(555)을 참조하여, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태 뿐만 아니라 시스템전압(VH)의 후보전압 $VH(i)$ 을 토대로, 이 때의 배터리손실($P1b$)이 추정될 수 있다.
- [0143] 이와 유사하게, 도 9에 도시된 특성에 기초한 맵(565)은 컨버터손실추정유닛(560)에 사전에 미리 형성될 수도 있고, 상기 맵(565)을 참조하여, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태 뿐만 아니라 시스템전압(VH)의 후보전압 $VH(i)$ 을 토대로, 이 때의 컨버터손실($P1cv$)이 추정될 수 있다.
- [0144] 상술된 배터리손실($P1b$)을 추정하기 위한 맵(555) 및 컨버터손실($P1cv$)을 추정하기 위한 맵(565)으로는, 인수로서 전압차 $|VH - Vb|$ 또는 시스템전압 VH (후보전압 $VH(i)$)을 이용하는 맵들이 형성될 수도 있다.
- [0145] 또한, 도 11에 도시된 특성을 반영하는 맵(575)을 형성함으로써, 인버터손실추정유닛(570) 및 MG손실추정유닛(580)은 인수로서 모터제너레이터(MG1, MG2)의 동작 상태 뿐만 아니라 후보전압 $VH(i)$ 을 이용하여, 인버터손실과 MG손실의 합계 $P1mg1 + P1iv1$ (또는 $P1mg2 + P1iv2$)를 추정하기 위하여 일체형으로 형성될 수 있다.
- [0146] 대안적으로는, 인버터손실추정유닛(570)이 상술된 제어방법들을 추가로 반영하는 인버터손실 $P1iv1$ ($P1iv2$)을 추정하도록 형성될 수도 있다.
- [0147] 도 13을 참조하면, 인버터손실추정유닛(570#)이 MG손실추정유닛(580)과는 독립적으로 제공된다. 상술된 바와 같이, MG손실추정유닛(580)은 인수로서 모터제너레이터 MG1(MG2)의 동작 상태(회전수/토크)를 이용하여, 구리 손실과 철 손실의 추정에 기초한 맵(585)을 채택하여 형성된다. 맵(585)을 참조하면, MG손실추정유닛(580)은 모터제너레이터 MG1(MG2)의 동작 상태(회전수/토크)를 토대로 MG손실($P1mg1, P1mg2$)을 추정한다.
- [0148] 인버터손실추정유닛(570#)은 각각의 제어방법들에 대응하여 제공되는 맵(575a, 575b, 575c) 뿐만 아니라 출력스위칭유닛(576)을 포함한다.
- [0149] 맵(575a)은 정현파PWM제어 하에 인수로서 시스템전압(후보 전압 $VH(i)$) 및 대응하는 모터제너레이터 MG1(MG2)의 동작 상태(회전수/토크)를 이용하여, 스위칭소자들에서의 스위칭손실을 주로 반영하는 인버터손실 $P1iv1$ ($P1iv2$)의 추정을 가능하도록 형성된다.
- [0150] 이와 유사하게, 맵(57b)은 과변조PWM제어 하에 인수로서 시스템전압(후보 전압 $VH(i)$) 및 대응하는 모터제너레이터 MG1(MG2)의 동작 상태(회전수/토크)를 이용하여, 스위칭소자들에서의 스위칭손실을 주로 반영하는 인버터손실 $P1iv1$ ($P1iv2$)의 추정을 가능하도록 형성된다.
- [0151] 이와 유사하게, 맵(575c)은 장방형과전압제어 하에 인수로서 시스템전압(후보 전압 $VH(i)$) 및 대응하는 모터제너레이터 MG1(MG2)의 동작 상태(회전수/토크)를 이용하여, 스위칭소자들에서의 스위칭손실을 주로 반영하는 인버터손실 $P1iv1$ ($P1iv2$)의 추정을 가능하도록 형성된다.
- [0152] 출력스위칭유닛(576)은 제어방법선택유닛(340)의 출력에 따라, 현재 선택된 제어방법에 따른 맵(575a, 575b, 575c) 가운데 하나의 맵을 선택한다. 이에 따라, 상기 출력스위칭유닛(576)에 의해 선택된 맵의 참조결과를 토대로, 인버터손실 $P1iv1$ ($P1iv2$)이 추정될 수 있다.
- [0153] 도 13에 도시된 구조에 있어서, 실제 제어 동작 시의 제어방법을 스위칭하는 점(회전수/토크)이 모터제너레이터(MG1, MG2)의 특성의 변동(대표적으로는, 회전자 상에 장착된 영구자석의 자성의 변동)으로 인해 설계된 점과 상이하게 되는 경우에도, 인버터손실이 더욱 정확하게 추정될 수 있다.
- [0154] 상술된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 전동기구동제어시스템에서는, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 필요최소전압이 보장되는 전압범위에서, DC전원(배터리), 컨버터, 인버터 및 모터제너레이터(MG) 각각의 전력손실추정을 토대로, 시스템전압(VH)이 시스템 전체의 전력손실의 총합계를 최소화하는 최적의 전압으로 설정될 수 있다. 그 결과, 전동기구동제어시스템을 탑재하는 하이브리드자동차의 연비가 향상될 수 있다.
- [0155] 특히, 제어방법이 인버터손실의 추정에 반영됨에 따라, 시스템전압(VH)의 변동에 대하여 전동기구동제어시스템 전체의 손실이 보다 정확하게 추정될 수 있다. 그 결과, 시스템전압(VH)의 설정이 더욱 최적화될 수 있고, 전동기구동제어시스템의 전반적인 효율이 더욱 확실하게 개선될 수 있다.
- [0156] 본 실시예에 있어서, 도 5의 단계 S150 또는 도 12의 배터리손실추정유닛(550)은 본 발명의 "제1손실추정유닛"에 대응하고, 도 5의 단계 S152 또는 도 12의 컨버터손실추정유닛(560)은 본 발명의 "제2손실추정유닛"에 대응한다. 또한, 도 5의 단계 S154 또는 도 12의 인버터손실추정유닛(570)은 본 발명의 "제3손실추정유닛"에 대응하고, 도 5의 단계 S156 또는 도 12의 MG손실추정유닛(580)은 본 발명의 "제4손실추정유닛"에 대응한다. 또한, 도

5의 단계 S130 및 S160 내지 S180 또는 도 3의 전압지령값발생유닛(300)은 본 발명의 "전압지령값발생유닛"에 대응한다.

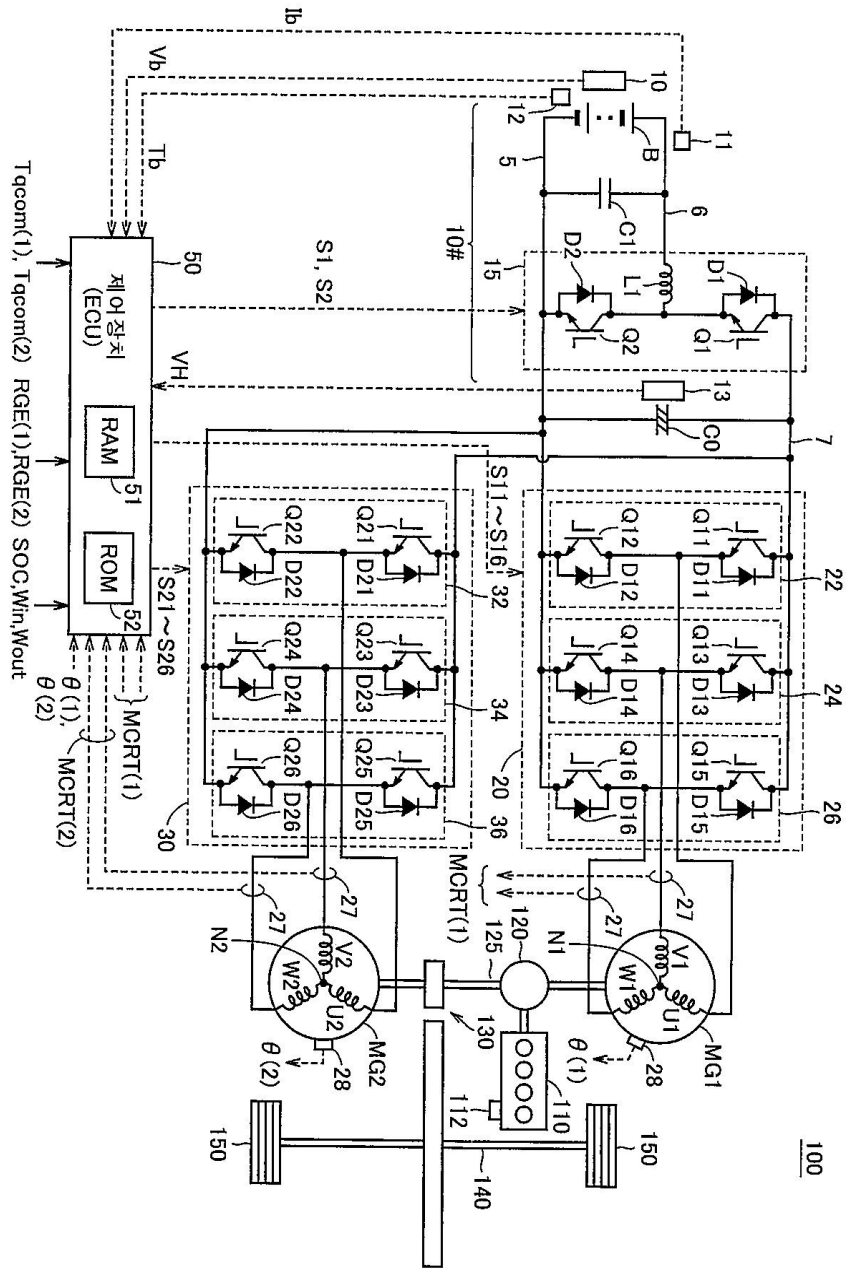
- [0157] 본 실시예에 있어서, 배터리손실, 컨버터손실, 인버터손실 및 MG손실의 산출예들은 단지 대표적인 예시들로서, 이들 손실들은 여타의 방법이나 여타의 변수를 토대로 추정될 수도 있다. 이 경우에도, 각종 구성요소들의 추정된 손실들을 합산하여 전체 시스템의 전력손실을 최소화하는 시스템전압(VH)을 책정함으로써, 최적의 전압(VHopt)을 산출할 수 있고 대응하는 전압지령값(VH#)을 설정할 수 있게 된다.
- [0158] 또한, 배터리손실, 컨버터손실, 인버터손실 및 MG손실 가운데, 시스템전압(VH)의 변동에 따라 현저하게 변하는 전력손실 또는 전력손실들만이 책정될 수도 있고, 그 총합계가 연산될 수도 있는 제어 구조가 채택될 수도 있다. 이러한 구조에서는, 연산의 부담을 경감시키면서도 시스템전압(VH)의 설정이 최적으로 설정될 수 있다.
- [0159] 본 실시예에서는, 하이브리드자동차 상에 탑재된 전동기구동제어시스템을 대표예로 설명하였다. 하지만, 본 발명의 적용이 이것으로 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, 본 발명에 따른 모터구동시스템은 전기자동차로 대표되는 하이브리드자동차 이외의 차량 상에 탑재되는 전동기구동제어시스템에 적용될 수도 있다. 또한, 본 발명은 모터제너레이터(전동기)에 의해 구동되는 부하 또는 그 구동이 제어되는 모터제너레이터(또는 전동기/발전기)의 종류나 개수에 대한 어떠한 제한도 없이, DC전압을 가변적으로 제어할 수 있는 컨버터를 포함하는 여하한 전동기구동제어시스템에도 적용가능하다.
- [0160] 지금까지 본 발명을 상세히 기술 및 예시하였지만, 본 발명은 단지 예시적인 것으로 제한하려는 의도가 전혀 없으며, 본 발명의 기술적 사상과 범위는 첨부된 청구범위의 항목들에 의해서만 제한된다는 점은 자명하다.

도면의 간단한 설명



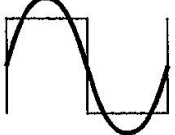
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템이 탑재되는 구성의 일례로서 하이브리드자동차의 구성을 도시한 블록도;
- [0023] 도 2는 도 1의 전동기구동제어시스템에 사용되는 인버터를 제어하는 방법들을 도시한 도면;
- [0024] 도 3은 정현파PWM제어와 과변조PWM제어의 제어블럭도;
- [0025] 도 4는 장방형파제어의 제어블럭도;
- [0026] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템의 시스템전압지령값의 설정을 나타내는 흐름도;
- [0027] 도 6은 모터제너레이터의 토크와 회전속도 및 필요전압(유도전압)간의 관계를 도시한 개념도;
- [0028] 도 7은 배터리전류의 형태를 도시한 개략적인 파형도;
- [0029] 도 8은 배터리손실변동특성을 예시하는 개략도;
- [0030] 도 9는 컨버터손실변동특성을 예시하는 개략도;
- [0031] 도 10은 인버터손실변동특성을 예시하는 개략도;
- [0032] 도 11은 인버터 손실과 MG 손실의 합계의 예시적인 변동특성을 예시한 개략도;
- [0033] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템의 각 구성요소의 전력손실추정예를 나타내는 블록도; 및
- [0034] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기구동제어시스템의 각 구성요소의 전력손실추정의 또다른 예시를 나타내는 블록도이다.

도면

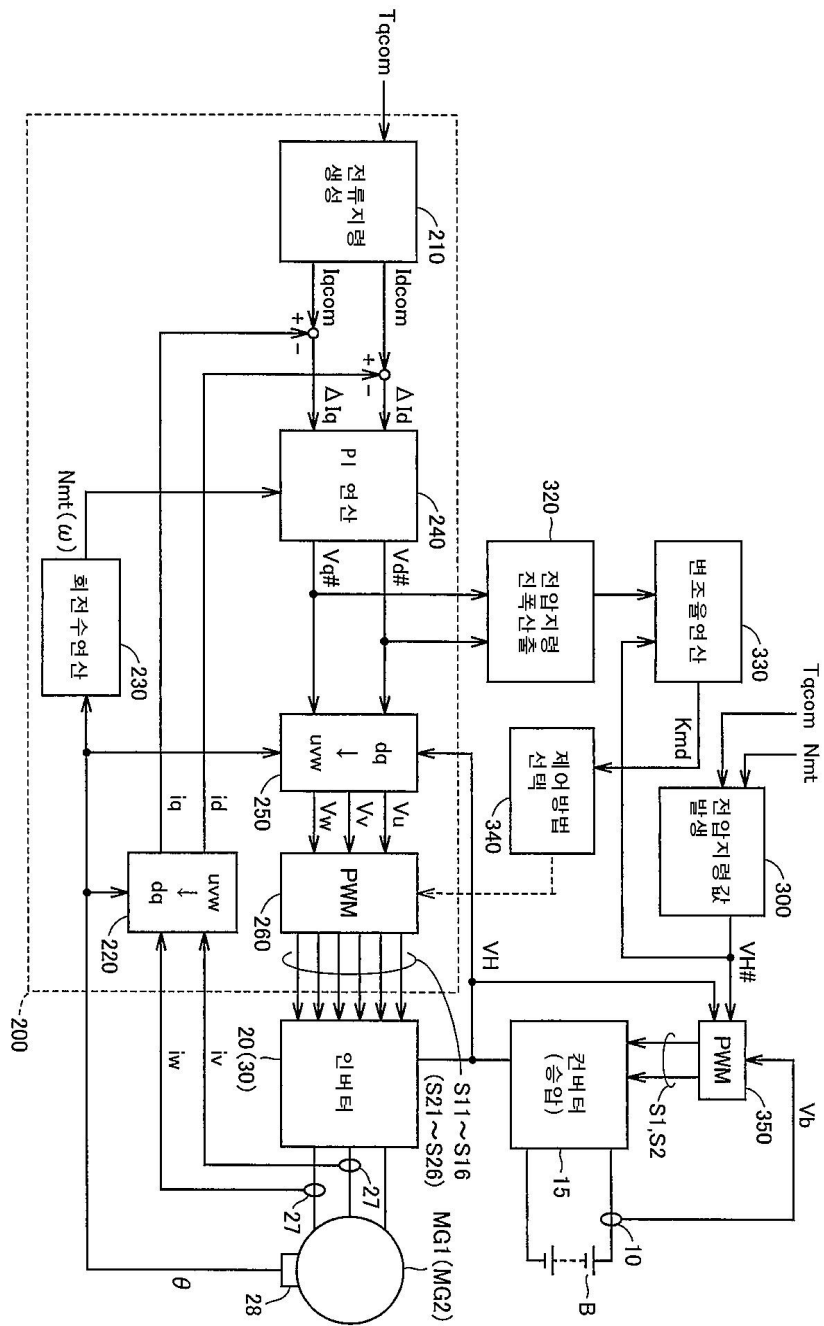
도면1



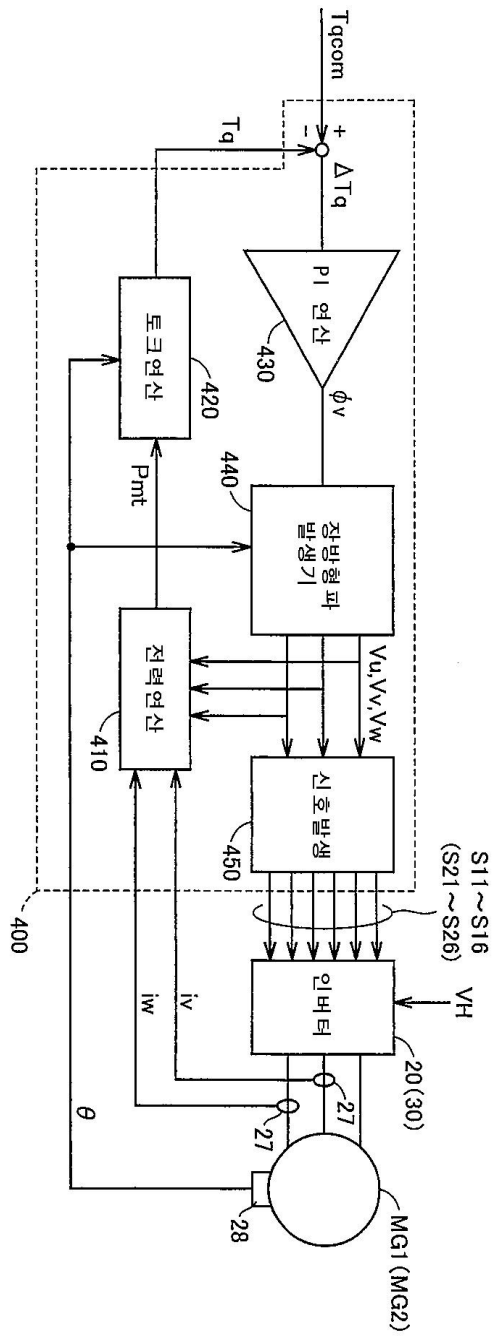
도면2

제어방법	최대 토크제어		약계자제어
	정현파 PWM	과변조 PWM	장방형파(1펄스)
인버터 출력 전압파형	기본파성분 	기본파성분 	기본파성분 
변조율	0~0.61	0.61~0.78	0.78
특징	토크변동 小	중속범위의 출력 향상	고속범위의 출력 향상
동일전압/전류에 의한 스위칭 손실	대	중	소

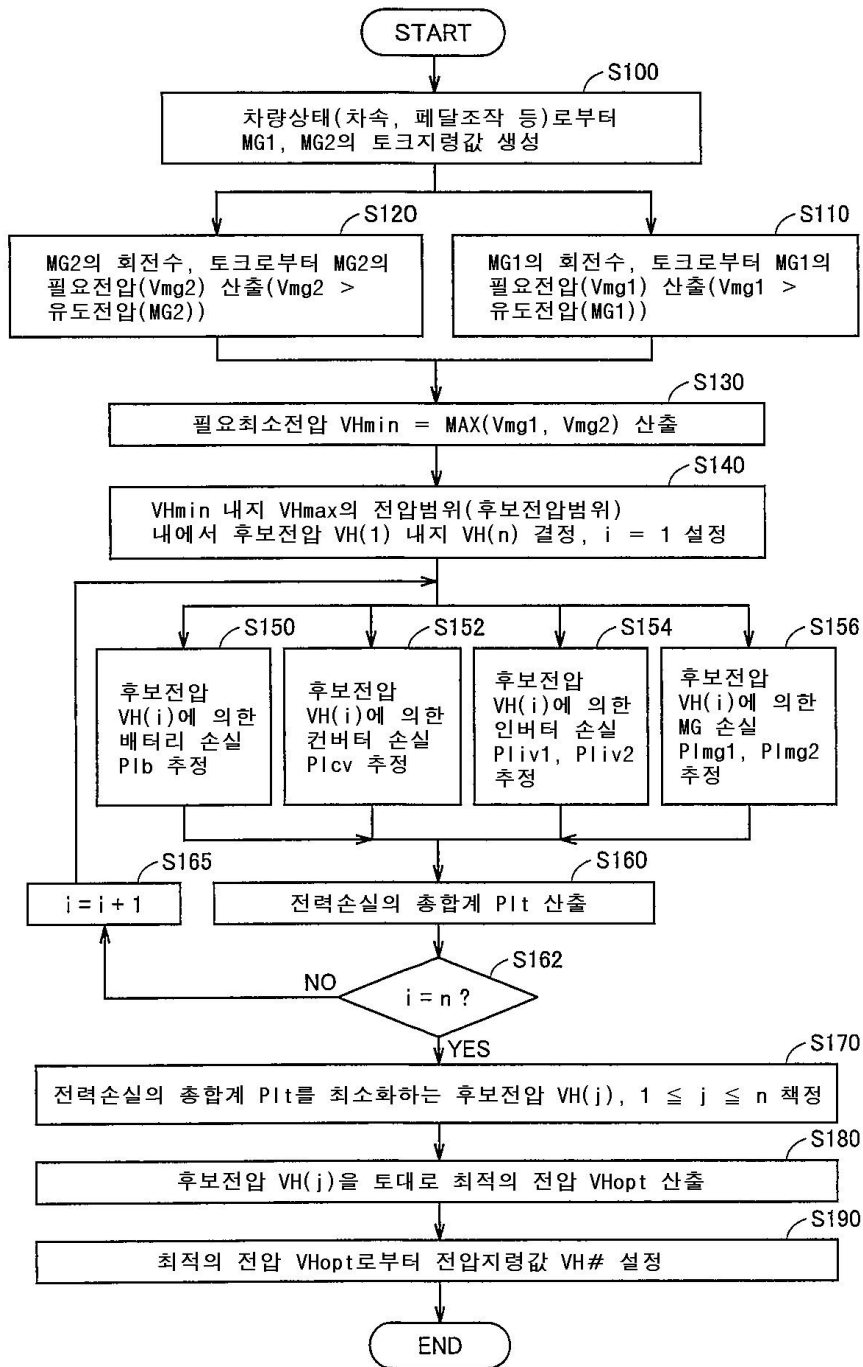
도면3



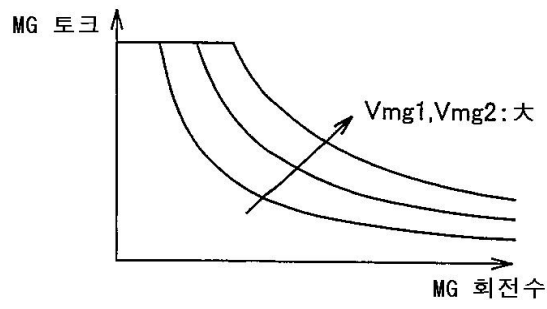
도면4



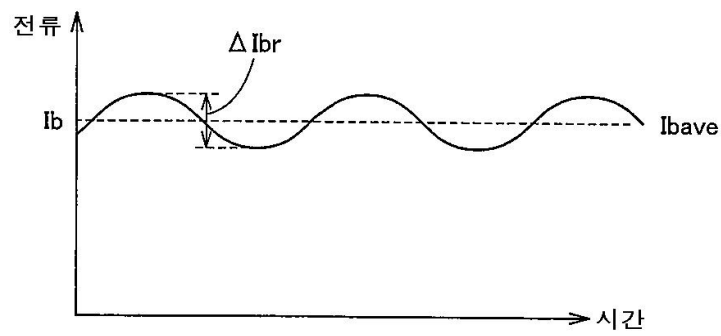
도면5



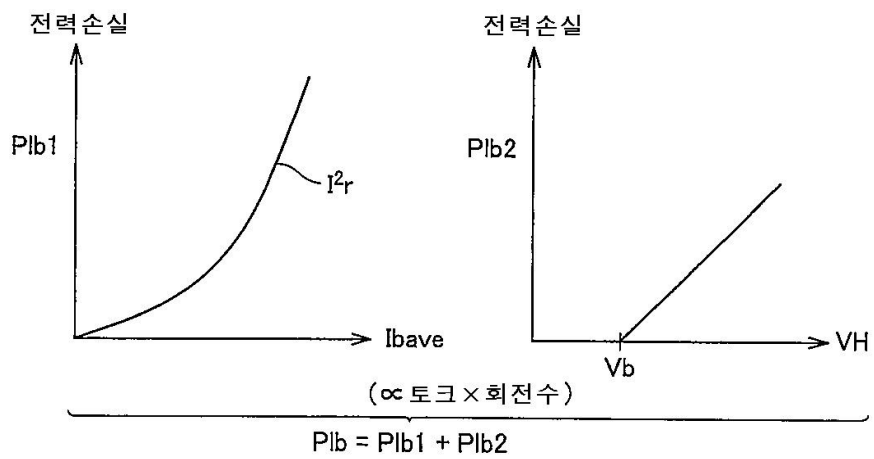
도면6



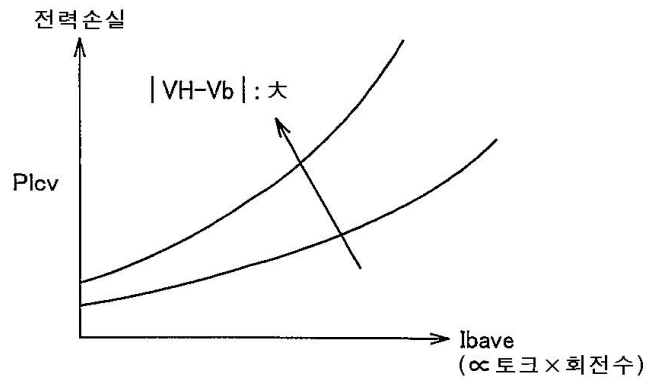
도면7



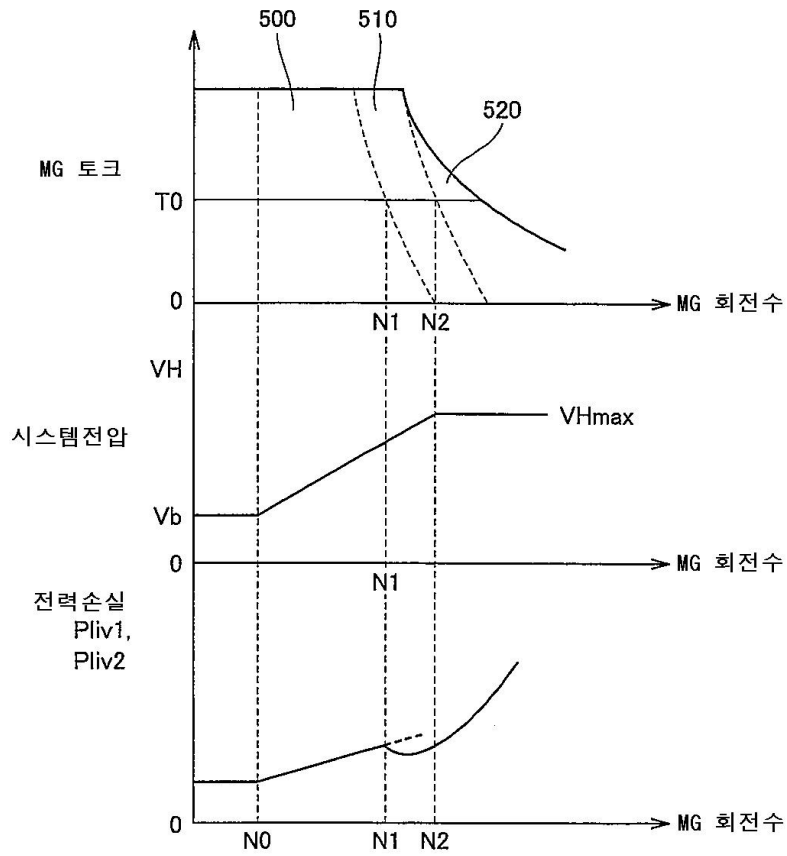
도면8



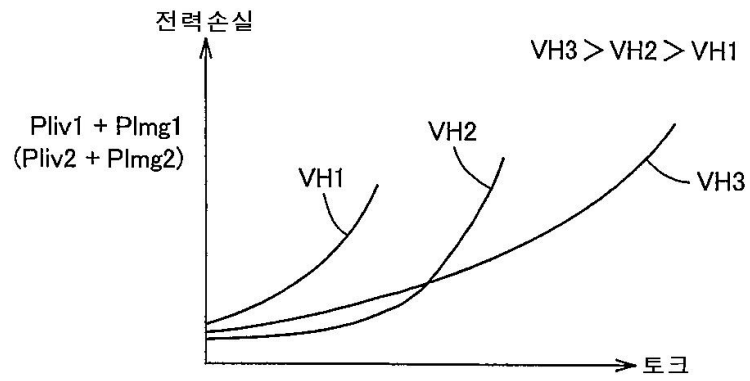
도면9



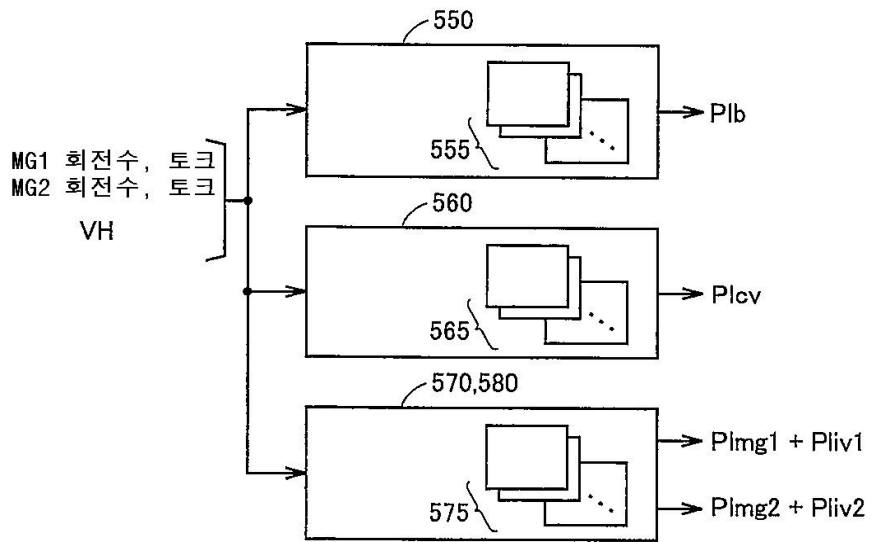
도면10



도면11



도면12



도면13

