(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월16일
(11) 등록번호 10-0982798
(24) 등록일자 2010년09월10일

(51) Int. Cl.
H02P 27/04 (2006.01) *H02P 21/00* (2006.01)
H02P 3/14 (2006.01) *H02P 3/18* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7012526
(22) 출원일자(국제출원일자) 2006년10월26일
심사청구일자 2008년05월26일
(85) 번역문제출일자 2008년05월26일
(65) 공개번호 10-2008-0060290
(43) 공개일자 2008년07월01일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/321936
(87) 국제공개번호 WO 2007/049810
국제공개일자 2007년05월03일
(30) 우선권주장
JP-P-2005-00312663 2005년10월27일 일본(JP)
JP-P-2005-00343991 2005년11월29일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP05137377 A*
JP15134602 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도요타 지도샤 (주)
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지
(72) 발명자
수하마 마사요시
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1, 도요다 지도샤가부시끼가이샤 내
오카무라 마사키
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1, 도요다 지도샤가부시끼가이샤 내
사토 에이지
일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1, 도요다 지도샤가부시끼가이샤 내
(74) 대리인
특허법인화우

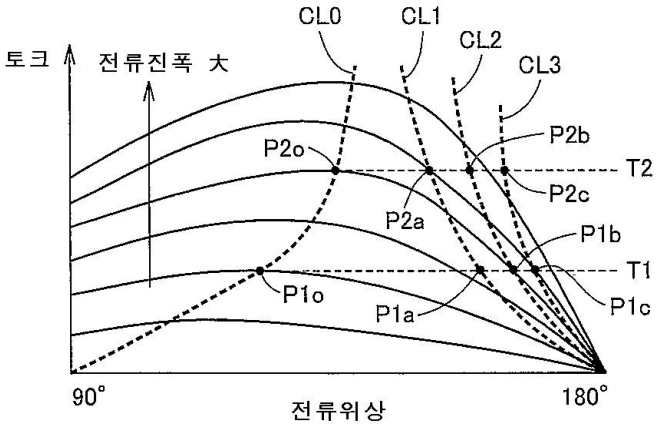
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 이영노

(54) 모터구동시스템

(57) 요 약

모터 전류가 피드백-제어되는 AC 모터를 구동하기 위한 시스템에 있어서, 정상적으로 모터전류지령은 동일한 모터 전류 진폭에 대항하여 최대 출력 토크를 얻도록 최적의 전류 위상을 선택하기 위하여 최적의 효율특성라인(CL0) 상의 토크지령값에 따라 발생된다. 다른 한편으로, AC 모터로부터의 회생 전력을 초과하는 과도한 발생 전력이 AC 모터에 발생되는 경우, AC 모터에서의 전력 손실을 의도적으로 증가시키도록 소비 동작이 수행된다. 소비 동작 시, 모터전류지령은 최적값으로부터 전류 위상을 변경하기 위하여 손실증가특성라인(CL1 내지 CL3) 상의 토크지령값에 따라 발생된다. 따라서, 모터 제어의 불안정성을 야기하지 않으면서 AC 모터의 전력 손실을 증가시켜 잉여 전력을 소비할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

AC 모터를 구동하기 위한 모터구동시스템에 있어서,

상기 AC 모터와 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있고, 상기 AC 모터에 구동 전력을 공급하는 모터구동회로; 및

상기 AC 모터에 의하여 상기 모터구동시스템의 상태에 따라 결정된 잉여 전력을 소비하는 소비 동작을 행하고, 상기 소비 동작 시에 상기 AC 모터에 대한 토크지령값이 변화할 때 상기 소비 동작을 유지하면서, 상기 토크지령값의 변화에 따라 출력 토크를 야기하는 추종 동작을 행하도록 상기 모터구동회로의 동작을 제어하기 위한 모터제어수단을 포함하여 이루어지고,

상기 모터제어수단은,

상기 AC 모터의 출력 토크를 상기 토크지령값과 합치시키고 상기 잉여 전력을 상기 AC 모터에 의해 소비시키는, 모터 전류의 진폭과 위상에 대응하는 d축 전류지령값과 q축 전류지령값의 세트를 전류지령으로서 생성하기 위한 전류지령생성수단, 및

상기 전류지령생성수단에 의해 생성된 상기 전류지령에 따라 상기 모터 전류를 발생시키도록 상기 모터구동회로의 동작을 제어하기 위한 전류제어수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전류지령생성수단은, 상기 소비 동작에서의 결정된 잉여 전력의 증가에 따라 상기 AC 모터의 구동 효율을 상대적으로 저하시키는 전류 위상으로 상기 AC 모터를 구동시키도록 상기 d축 전류지령값과 상기 q축 전류지령값의 세트를 생성하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 모터제어수단은 상기 AC 모터의 회전각속도와 상기 토크지령값을 토대로 상기 AC 모터에 의해 발생되는 전력을 추정하기 위한 전력추정수단을 구비하고, 상기 전력추정수단에 의해 추정된 발생 전력에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비되는 상기 잉여 전력을 결정하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 모터구동회로는 충전가능한 DC 전원과 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있으며,

상기 모터구동시스템은 상기 모터구동회로와 상기 DC 전원을 함께 전기적으로 연결하는 배선의 전압을 검출하는 전압검출기를 더 포함하여 이루어지고,

상기 모터제어수단은 상기 전압검출기에 의해 검출된 상기 전압에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비되는 상기 잉여 전력을 결정하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 AC 모터는 차량에 탑재되고, 상기 AC 모터의 출력축은 토크 전달을 위해 상기 차량의 차륜에 연결되며,

상기 모터제어수단은 상기 차량에 필요한 제동력에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비될 상기 잉여 전력을 결정하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 모터제어수단은 상기 토크지령값과, 상기 AC 모터에서의 동일한 크기의 상기 잉여 전력 소비에 대응하는 전류지령 간의 대응관계를 사전에 미리 기억하기 위한 특성기억수단을 더 포함하고,

상기 전류지령생성수단은, 상기 특성기억수단에 기억된 상기 대응관계를 토대로 상기 토크지령값과 상기 결정된 잉여 전력에 따라 상기 d축 전류지령값과 상기 q축 전류지령값의 세트를 생성하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 모터제어수단은,

상기 결정된 잉여 전력에 대응하여 상기 AC 모터에서 증가될 전력 손실을 나타내는 모터손실지령을 설정하기 위한 손실증가설정수단을 더 포함하고,

상기 전류지령생성수단은, 상기 손실증가설정수단에 의해 설정된 상기 모터손실지령 및 상기 토크지령값에 따라, 상기 AC 모터의 구동 효율이 상기 모터손실지령에 의해 야기되는 상기 전력 손실의 증가에 따라 상대적으로 저하되도록 상기 d축 전류지령값과 상기 q축 전류지령값의 세트를 생성하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 모터제어수단은,

상기 AC 모터에 대한 상기 토크지령값에 따라 위상의 직사각형파 전압을 인가하도록 상기 모터구동회로의 동작을 제어하기 위한 직사각형파전압제어수단,

상기 AC 모터의 운전 상태에 따라 상기 전류제어수단에 의한 모터 제어 및 상기 직사각형파전압제어수단에 의한 모터 제어 중 하나를 선택하기 위한 제어모드선택수단, 및

상기 제어모드선택수단이 상기 직사각형파전압제어수단을 선택하는 경우, 상기 손실증가설정수단에 의해 결정된 상기 모터손실지령에 따라 상기 제어모드선택수단에 의한 선택을 취소하고 상기 전류제어수단에 의한 모터 제어를 선택하기 위한 제어모드수정수단을 더 포함하고,

상기 제어모드수정수단이 상기 전류제어수단에 의한 모터 제어를 선택하면, 상기 전류지령생성수단은 상기 직사각형파전압제어수단을 이용하여 상기 모터 구동에 의해 달성된 것보다 낮은 상기 AC 모터의 구동 효율의 영역에서 상기 d축 전류지령값과 상기 q축 전류지령값의 세트를 생성하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 모터구동시스템은 복수의 상기 AC 모터를 구동시키며,

상기 모터구동회로 및 상기 모터제어수단은 상기 AC 모터 각각에 대응하여 배치되고, 각각의 상기 모터구동회로는 충전가능한 공통 전원과 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있으며,

상기 모터구동시스템은, 상기 복수의 AC 모터 전체가 상기 잉여 전력을 소비하도록 상기 복수의 AC 모터에서의 소비 잉여 전력을 각각 설정하기 위한 분배수단을 더 포함하여 이루어지고,

각각의 상기 모터제어수단은 상기 분배수단에 의해 결정된 상기 소비 잉여 전력들 중 하나에 대응하여 소비하는 소비 동작을 행하도록 상기 AC 모터들 중 하나에 대응하여 제어하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 분배수단은,

대응하는 상기 AC 모터에서의 현재 운전 상태를 토대로, 상기 복수의 AC 모터의 소비가능한 잉여 전력들을 각각

산출하기 위한 상한설정수단, 및

각각의 상기 소비 잉여 전력들이 상기 상한설정수단에 의해 산출된 대응하는 소비가능한 잉여 전력의 범위 내에 있도록 상기 복수의 AC 모터 각각의 소비 잉여 전력들을 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 분배수단은 상기 복수의 AC 모터의 온도를 고려하여, 상기 복수의 AC 모터에서의 소비 잉여 전력들을 각각 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 분배수단은,

상기 AC 모터들 각각에 대하여, 대응하는 AC 모터의 현재 운전 상태를 토대로 기설정된 시간 내에 소비가능한 잉여 전력들을 각각 산출하기 위한 상한설정수단, 및

각각의 상기 소비 잉여 전력들이 상기 상한설정수단에 의해 산출된 기설정된 시간 내에 소비가능한 대응하는 잉여 전력의 범위 내에 있도록, 상기 AC 모터들 각각에서의 소비 잉여 전력들을 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

청구항 13

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 AC 모터는,

차량의 차륜구동력을 발생시키는 구동용 모터, 및

상기 차륜구동력을 직접적으로 발생시키지 않는 비구동용 모터를 포함하고,

상기 분배수단은 상기 비구동용 모터가 우선적으로 잉여 전력을 소비하도록 각각의 상기 AC 모터에서의 소비 잉여 전력을 설정하는 것을 특징으로 하는 모터구동시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모터구동시스템에 관한 것으로, 특히 모터 전류의 피드백 제어에 의하여 AC 모터의 구동을 제어하는 모터구동시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 충전가능한 DC 전원, 인버터 및 AC 모터를 포함하는 구조가 통상적인 모터구동시스템으로 알려져 있다. 이러한 모터구동시스템은 다음과 같이 구성된다. AC 모터의 역행(力行) 동작(power running) 시, DC 전원으로부터 공급되는 전력이 AC 모터를 구동 및 제어하여, 상기 전력이 DC 전원, 인버터 및 AC 모터들 간에 양방향으로 주고 받을 수 있도록 한다. 또한, AC 모터의 회생 동작 시, 상기 인버터는 AC 모터로부터 공급되는 회생 전력을 DC 전압으로 변환시켜, DC 전원의 충전에 사용될 수 있다.

[0003] 이러한 모터구동시스템에 있어서, AC 모터는 입력측(DC 전원측)의 허용가능한 전력을 초과하는 전력을 발생시킬 수도 있어, 잉여 전력을 발생시킬 수도 있게 된다. 이 경우, 과도하게 큰 회생 전력은 모터구동시스템 내부에 과전압을 발생시킬 수도 있다. 그러므로, 이러한 제어 구조는 필요 시 AC 모터에서의 전력 소비를 증가시켜, 상기 입력측 상의 발생 전력을 억제하는 것을 필요로 하고 있다.

[0004] 이와 관련하여, 일본특허공개공보 제2005-102385호(특허문헌 1)는 회생 전력을 감소시키기 위한 제어 구조를 개시하고 있다. 이러한 제어 구조는 d- 및 q-축 전류지령값에 고주파 성분들을 중첩시켜, AC 모터를 통과하는 모터 전류의 고주파 성분을 증가시키게 된다. 이러한 구조는 AC 모터의 코어 손실을 증가시켜 구동 효율을 저하시

키므로, AC 모터로부터의 회생 전력이 억제되게 된다. 결과적으로, AC 모터의 회생 동작에서 인버터의 입력측 상의 DC 전압(DC 링크 전압)의 상승을 억제시킬 수 있게 된다.

[0005] 하지만, 특허문헌 1에는 상술된 회생 전력의 소비 제어 시, 토크지령값이 변화하는 경우에 토크지령값에 따라 출력토크를 추종하는 제어 구조가 개시되어 있지 않다.

[0006] 또한, 특허문헌 1에 개시된 제어 구조에서는, 고주파 성분들이 모터 전류에 부가되기 때문에, 미소시간단위로 볼 때 전력소비량이 계속해서 변하고, 전체 제어시스템의 동작이 불안정하게 될 수도 있다. 그러므로, 중첩될 수 있는 고주파 전류량, 즉 모터에서의 전력손실량이 AC 모터 제어의 안정화를 고려하여 제한된 정도로만 증가할 수 있다. 이에 따라, AC 모터에서의 토크 제어성을 유지하면서 소비될 수 있는 큰 잉여 전력을 확보하기가 곤란하게 된다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명은 상기 문제점들을 해결하고자 고안되었으며, 본 발명의 목적은 모터 제어의 불안정성을 야기하지 않으면서도, 토크추종제어(torque-following control)를 행하면서 잉여 전력을 소비할 수 있는 제어 구조를 갖는 모터구동시스템을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명에 따른 모터구동시스템은 AC 모터를 구동하도록 구성되어 있으며, 모터구동회로 및 상기 모터구동회로의 동작을 제어하기 위한 모터제어수단을 포함한다. 상기 모터구동회로는 AC 모터와 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있고, 상기 AC 모터에 구동 전력을 공급한다. 상기 모터제어수단은 AC 모터에 의하여 상기 모터구동시스템의 상태에 따라 결정된 잉여 전력을 소비하는 소비 동작을 행하고, 상기 소비 동작 시 상기 AC 모터에 대한 토크지령값이 변화하는 경우 상기 소비 동작을 유지하면서, 상기 토크지령값의 변화에 따라 출력 토크를 야기하는 추종 동작을 행하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 모터구동시스템에 따르면, 소비 동작은 AC 모터에서의 잉여 전력을 소비할 수 있다. 또한, AC 모터에 대한 토크지령값이 소비 동작 시에 변하는 경우에도, 토크지령값의 변화에 따른 출력토크제어가 상기 소비 동작을 유지하면서 행해질 수 있다. 그러므로, AC 모터로 요구되는 토크가 변하는 경우에도, 출력 토크가 토크지령값을 따를 수 있으며, 잉여 전력이 필요 시(예컨대, AC 모터가 순간적으로 대량의 전력을 발생시키는 경우)에 소비될 수 있게 된다. 결과적으로, AC 모터의 토크 제어성을 유지하면서, 상기 모터구동시스템은 AC 모터로부터의 과도한 회생 전력에 의해 야기될 수도 있는 시스템에서의 과전압의 발생을 방지할 수 있게 된다. 또한, 잉여 전력은 회생 및 역행 동작 중 어느 것에서도, 즉 AC 모터의 운전 상태에 독립적으로 소비될 수 있다.

[0010] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터제어수단은 상기 소비 동작에서의 결정된 잉여 전력의 증가에 따라 상기 AC 모터의 구동 효율을 상대적으로 저하시키는 전류 위상으로 상기 AC 모터를 구동시키는 것이 바람직하다.

[0011] 상기 모터구동시스템에 따르면, AC 모터의 잉여 전력은 모터 전류의 전류 위상을 변화시켜 소비되기 때문에, 모터 제어성을 불안정하게 할 가능성이 모터 전류에 고주파 성분들을 중첩시켜 잉여 전력을 소비하는 제어 구조보다 낮게 된다. 그러므로, 캐패시터에 필요한 마진을 감소시키므로, 제조 비용을 절감할 수 있으며, AC 모터에 의해 소비될 수 있는 큰 잉여 전력을 확보할 수도 있게 된다.

[0012] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터제어수단은 상기 AC 모터의 회전각속도와 상기 토크지령값을 토대로 상기 AC 모터에 의해 발생되는 전력을 추정하기 위한 전력추정수단을 구비하고, 상기 전력추정수단에 의해 추정된 발생 전력에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비되는 상기 잉여 전력을 결정하는 것이 바람직하다.

[0013] 상술된 모터구동시스템은 토크지령값 및 AC 모터의 회전각속도를 토대로 발생 전력을 추정하여, 상기 AC 모터에서의 잉여 전력을 쉽고도 신뢰성 있게 파악할 수 있게 된다. 그러므로, 상기 시스템은 회생 전력이 AC 모터에서의 잉여 전력 소비에 의해 억제되어야만 하는 상태를 용이하게 검출할 수 있게 된다.

[0014] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터구동회로는 충전가능한 DC 전원과 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있는 것이 바람직하다. 상기 모터구동시스템은 상기 모터구동회로와 상기 DC 전원을 함께 전기적으로 연결하는 배선의 전압을 검출하는 전압검출기를 더 포함한다. 상기 모터제어수단은 상기 전압검출수단에 의해 검출된 상기 전압에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비되는 상기 잉여 전력을 결정한다.

[0015] 상술된 모터구동시스템에 따르면, AC 모터로부터의 잉여 회생 전력이 모터구동회로와 DC 전원 간의 배선의 전압(DC 링크 전압)을 상승시킬 때, 상기 AC 모터에서의 잉여 전력 소비가 증가되어 상기 AC 모터로부터의 회생 전

력을 억제시킬 수 있게 된다. 그러므로, 모터구동시스템에서의 과전압의 발생이 신뢰성 있게 방지될 수 있게 된다.

[0016] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 AC 모터는 차량에 탑재되고, 상기 AC 모터의 출력축은 토크 전달을 위해 상기 차량의 차륜에 연결되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 모터제어수단은 상기 차량에 필요한 제동력에 따라 상기 소비 동작에 의해 소비될 상기 잉여 전력을 결정한다.

[0017] 상기 모터구동시스템에서는, AC 모터가 차량구동모터로 사용되는 경우, 상기 AC 모터에서의 잉여 전력 소비가 차량에 필요한 제동력에 따라 관성모멘트를 증가시킬 수 있다. 이에 따라, 운전자는 관성모멘트의 증가에 따라 AC 모터의 회전속도를 증가시키는 효과로 인하여 보다 신뢰성 있게 감속감을 얻을 수 있다. 또한, 차량의 제동력은 AC 모터에서의 회생 브레이크가 입력측 등에서의 충전 제한으로 인하여 이용가능하지 않은 경우에도 생성될 수 있다. 결과적으로, 모터구동시스템이 갖춰진 차량의 운전쾌적성과 제동 능력을 향상시킬 수 있게 된다.

[0018] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터제어수단은 상기 토크지령값과 상기 AC 모터에서의 동일한 크기의 상기 잉여 전력 소비에 대응하는 전류지령 간의 대응관계를 사전에 미리 기억하기 위한 특성기억수단을 구비하고, 상기 특성기억수단에 기억된 상기 대응관계를 토대로 상기 토크지령값과 상기 결정된 잉여 전력에 따라 상기 전류지령을 생성하는 것이 바람직하다. 상기 특성기억수단은 AC 모터에서의 동일한 크기의 잉여 전력 소비에 대응하는 전류지령과 토크지령값 간의 대응관계를 사전에 미리 저장한다.

[0019] 상술된 모터구동시스템에 따르면, 미리 저장된 대응관계를 토대로, 상기 전류지령이 AC 모터로 하여금 토크지령값에 따라 토크를 출력시키고, 잉여 전력을 소비시킬 수 있으며, 이러한 전류지령은 토크지령값 및/또는 소비될 잉여 전력의 변화가 발생하는 경우에도 계속해서 변경될 수 있다. 그러므로, 토크지령값이 잉여 전력 소비 동작을 변경하는 경우에도, AC 모터의 출력토크의 추종 제어가 행해질 수 있게 된다.

[0020] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터제어수단은 손실증가설정수단, 전류지령생성수단 및 전류제어수단을 포함한다. 상기 손실증가설정수단은 결정된 잉여 전력에 대응하여 상기 AC 모터에서 증가될 전력 손실을 나타내는 모터손실지령을 설정한다. 상기 전류지령생성수단은 상기 손실증가설정수단을 토대로 결정된 상기 모터손실지령 및 상기 AC 모터의 상기 토크지령값에 따라 상기 AC 모터를 통과하는 모터 전류에 대한 전류지령을 생성한다. 상기 전류제어수단은 상기 전류지령생성수단에 의해 생성된 상기 전류지령에 따라 상기 모터 전류를 발생시키도록 상기 모터구동회로의 동작을 제어한다. 또한, 상기 전류지령생성수단은 상기 AC 모터의 출력 토크가 상기 토크지령값과 합치되고, 상기 AC 모터의 구동 효율이 상기 모터손실지령에 의해 야기되는 상기 전력 손실의 증가에 따라 상대적으로 저하되도록 상기 전류지령을 생성한다.

[0021] 전류제어수단이 모터 전류의 피드백 제어에 의해 AC 모터를 구동시키는 상기 모터구동시스템에 따르면, 상기 모터전류제어의 지령값(전류지령값)은 모터손실지령에 따라 AC 모터에서의 전력 손실을 발생시키도록 설정되어, 임의의 잉여 전력을 소비하는 상기 소비 동작이 행해질 수 있게 된다. 그러므로, AC 모터에 요구되는 토크가 변하는 경우에도, 출력 토크가 지령값을 따를 수 있고, 잉여 전력은 필요에 따라 AC 모터에서의 전력 손실을 증가시켜 소비될 수 있게 된다. 결과적으로, AC 모터의 토크 제어성을 유지하면서, 상기 AC 모터로부터 과도한 회생 전력의 공급에 의해 야기될 수도 있는 모터구동시스템에서 과전압을 발생시킬 수 있게 된다.

[0022] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 모터제어수단은 직사각형파전압제어수단, 제어모드선택수단 및 제어모드수정수단을 더 포함하는 것이 더욱 바람직하다. 상기 직사각형파전압제어수단은 AC 모터에 대한 상기 토크지령값에 따라 위상의 직사각형파 전압을 인가하도록 상기 모터구동회로의 동작을 제어한다. 상기 제어모드선택수단은 AC 모터의 운전 상태에 따라 상기 전류제어수단 및 상기 직사각형파전압제어수단 중 하나를 선택한다. 상기 제어모드선택수단이 상기 직사각형파전압제어수단을 선택하는 경우, 상기 손실증가설정수단에 의해 결정된 상기 모터손실지령에 따라 상기 제어모드선택수단에 의한 선택을 취소하고 상기 전류제어수단을 선택한다. 특히, 상기 제어모드수정수단이 상기 전류제어수단을 선택하면, 상기 전류지령생성수단은 상기 직사각형파전압제어수단을 이용하여 상기 모터 구동에 의해 달성된 것보다 낮은 상기 AC 모터의 구동 효율의 영역에서 전류지령을 생성한다.

[0023] 상기 모터구동시스템은 고속 범위의 모터 출력을 확보하기 위해 일반적인 모터전류제어 및 직사각형파전압제어를 선택적으로 사용할 수 있어, AC 모터의 운전가능한 범위를 증가시킬 수 있게 된다. 또한, 직사각형파전압제어 시 AC 모터에서 잉여 전력이 발생하는 경우, 상기 직사각형파전압제어 시보다 낮은 구동 효율의 영역에서 전류지령을 생성하는 모터전류제어가 상기 직사각형파전압제어 대신에 선택될 수 있다. 이에 따라, AC 모터는 확대된 운전가능한 영역의 소정의 부분에서 잉여 전력을 소비할 수 있다. 그러므로, 상기 AC 모터로부터의 회생

전력의 과도한 증가로 인해 모터구동시스템에서 발생될 수도 있는 과전압을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 직사각형파전압제어의 채택으로 인하여 고속 범위에서의 출력을 확보할 수도 있게 된다.

[0024] 본 발명의 모터구동시스템은 복수의 상기 AC 모터를 구동시키며, 상기 모터구동회로 및 상기 모터제어수단은 상기 AC 모터 각각에 대응하여 배치되는 것이 바람직하다. 각각의 모터구동회로는 충전가능한 공통 전원과 양방향으로 전력을 주고 받을 수 있다. 또한, 상기 모터구동시스템은 복수의 AC 모터 전체가 잉여 전력을 소비하도록 복수의 AC 모터에서의 소비 잉여 전력을 각각 설정하기 위한 분배수단을 더 포함한다. 각각의 모터제어수단은 상기 분배수단에 의해 결정된 소비 잉여 전력들 중 대응하는 것을 소비하는 소비 동작을 행하도록 대응하는 AC 모터를 제어한다.

[0025] 복수의 AC 모터를 구동시키는 상기 모터구동시스템은, 복수의 AC 모터 전체가 전체 시스템에서의 전력 밸런스를 고려하여 결정된 잉여 전력을 소비하도록 각각의 AC 모터에서 소비 동작을 실행할 수 있다. 그러므로, AC 모터당 소비되는 잉여 전력을 억제시킬 수 있으므로, 각각의 AC 모터에 대한 부하를 줄일 수 있게 되고, AC 모터들이 전체로서 잉여 전력을 소비할 수 있게 된다. 이에 따라, 복수의 AC 모터의 운전 상태들을 전체적으로 고려하여 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지할 수 있게 된다. 특히, 모터 중 하나 또는 일부가 회생 동작(즉, 발전 동작)을 실행하고, 여타의 모터(들)는 역행 동작을 수행하고 있는 경우에도, 복수의 AC 모터들이 전체로서 잉여 전력을 발생시키는 것을 방지하고, 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지할 수도 있게 된다. 또한, 하나 또는 일부의 AC 모터들이 집중적으로 잉여 전력을 소비하는 경우에 비해 소비가능한 잉여 전력이 신뢰성 있게 증가될 수 있다.

[0026] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 분배수단은 대응하는 AC 모터에서의 현재 운전 상태를 토대로, 상기 복수의 AC 모터의 소비가능한 잉여 전력들을 각각 산출하기 위한 상한설정수단, 및 각각의 상기 소비 잉여 전력들이 상기 상한설정수단에 의해 산출된 대응하는 소비가능한 잉여 전력의 범위 내에 있도록 상기 복수의 AC 모터 각각의 소비 잉여 전력들을 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것이 더욱 바람직하다.

[0027] 상기 모터구동시스템은 각각의 AC 모터에 대한 현재 운전 상태에 따라 소비가능한 범위에서 소비 잉여 전력을 분배할 수 있다. 그러므로, 복수의 AC 모터들이 각각의 AC 모터들의 운전 상태(회생 동작 및 역행 동작)들에 따라 그들 간의 밸런스를 유지하면서 잉여 전력을 소비할 수 있게 된다.

[0028] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 분배수단은 복수의 AC 모터의 온도를 고려하여, 상기 복수의 AC 모터에서의 소비 잉여 전력들을 각각 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것이 더욱 바람직하다.

[0029] 상기 모터구동시스템은 잉어 전력 소비에 따라 발생하는 모터제너레이터의 온도의 증가를 모니터링한다. 이에 따라, 모터 특성의 변화를 야기하는 고온 범위로 모터 온도를 상승시키는 이러한 잉여 전력 소비 동작의 실행을 피할 수 있게 된다.

[0030] 본 발명의 모터구동시스템에 있어서, 상기 분배수단은 AC 모터들 각각에 대하여, 대응하는 AC 모터의 현재 운전 상태를 토대로 기설정된 시간 내에 소비가능한 잉여 전력들을 각각 산출하기 위한 상한설정수단, 및 각각의 상기 소비 잉여 전력들이 상기 상한설정수단에 의해 산출된 기설정된 시간 내에 소비가능한 대응하는 잉여 전력의 범위 내에 있도록, 상기 AC 모터들 각각에서의 소비 잉여 전력들을 설정하기 위한 분배결정수단을 포함하는 것이 더욱 바람직하다.

[0031] 상기 모터구동시스템은 현재 운전 상태에서 소정 시간 내에 증가시킬 수 있는 범위 내에서 각각의 AC 모터에 대한 잉여 전력을 분배할 수 있다. 그러므로, 상기 시스템은 각각의 AC 모터들의 운전 상태(회생 동작 및 역행 동작)들에 따라 단시간 내에 전체 잉여 전력을 소비할 수 있게 된다.

[0032] 특히, 상기 구조에서는, 복수의 AC 모터들이 차량의 차륜 구동력을 발생시키는 구동용 모터 및 상기 차륜구동력을 직접적으로 발생시키지 않는 비구동용 모터를 포함한다. 상기 분배수단은 상기 비구동용 모터가 우선적으로 잉여 전력을 소비하도록 각각의 상기 AC 모터에서의 소비 잉여 전력을 설정한다.

[0033] 상기 모터구동시스템에서는, 차륜 구동력을 직접적으로 발생시키지 않는 비구동용 모터가 우선적으로 잉여 전력을 소비하도록 사용되기 때문에, AC 모터들의 잉여 전력 소비 동작이 차량의 구동 성능에 영향을 끼칠 가능성을 억제할 수 있게 된다.

[0034] 그러므로, 본 발명의 모터구동시스템은 모터 제어를 불안정화시키지 않으면서도, 토크 추종 제어를 행하면서 잉여 전력을 소비할 수 있다. 결과적으로, 상기 시스템은 AC 모터로부터의 과도한 회생 전력의 공급으로 인한 과전압의 발생을 방지할 수 있게 된다.

실 시 예

[0066] 이하, 본 발명의 실시예들을 도면들을 참조하여 설명하기로 한다. 동일하거나 대응하는 부분들은 동일한 도면부호로 표시하며, 원칙적으로는 그 설명을 반복하지 않기로 한다.

[0067] [제1실시예]

[0068] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모터구동시스템의 전체 구조를 보여준다.

[0069] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모터구동시스템(100)은 DC전압발생부(10#), 평활캐패시터(C0), 인버터(20), 제어장치(50) 및 AC모터(MG)를 포함한다.

[0070] 부하(60)는 AC모터(MG)의 출력 토크에 의해 회전하도록 구동된다. 예를 들어, 부하(60)는 AC모터(MG)의 출력 토크를 전달하기 위해 결합된 구동축(62) 및 상기 구동축(62)의 회전에 따라 회전하도록 구동되는 구동차륜(65)을 포함한다.

[0071] 상술된 바와 같이, AC모터(MG)는 통상적으로 하이브리드자동차 또는 전기자동차의 구동 차륜을 구동하기 위한 구동전기모터로서 사용된다. 대안적으로, AC모터(MG)는 엔진에 의해 구동되는 발전기의 기능을 갖도록 구성될 수도 있고, 회생 발전이 구동 차륜(65)의 회전 방향에 반대 방향으로 출력 토크를 발생시켜 수행되도록 전기모터와 제너레이터의 기능 모두를 갖도록 구성될 수도 있다. 또한, AC모터(MG)는 엔진을 시동하기 위해 엔진에 대하여 전기모터로서 동작할 수도 있도록 하이브리드자동차에 배치될 수도 있다.

[0072] DC전압발생부(10#)는 DC전원(B), 시스템릴레이(SR1, SR2), 평활캐패시터(C1) 및 승압/감압 컨버터(12)를 포함한다.

[0073] DC전원(B)은 니켈수소, 리튬이온 등의 2차전지 또는 전기이중층캐패시터와 같은 축전장치로 형성된다. 전압센서(10)는 DC전원(B)에 의해 출력되는 DC전압(Vb)을 감지한다. 전압센서(10)는 검출된 DC전압(Vb)을 제어장치(50)로 출력한다.

[0074] 시스템릴레이(SR1)는 DC전원(B)의 양전극단자와 전력라인(6) 사이에 연결되고, 시스템릴레이(SR2)는 DC전원(B)의 음전극단자와 접지라인(5) 사이에 연결된다. 시스템릴레이(SR1, SR2)는 제어장치(50)로부터의 신호 SE에 의해 턴 온/오프된다. 보다 구체적으로, 시스템릴레이(SR1, SR2)는 제어장치(50)로부터의 H(논리 하이) 레벨의 신호 SE에 의해 턴 온되고, 제어장치(50)로부터의 L(논리 로우) 레벨의 신호 SE에 의해 턴 오프된다. 평활캐패시터(C1)는 파워라인(6)과 접지라인(5) 사이에 연결된다.

[0075] 승압/감압 컨버터(12)는 리액터(L1) 및 파워반도체스위칭소자(Q1, Q2)를 포함한다.

[0076] 파워스위칭소자(Q1, Q2)는 파워라인(7)과 접지라인(5) 사이에 직렬로 연결된다. 파워스위칭소자(Q1, Q2)의 온/오프는 제어장치(50)로부터 제공되는 제어 신호(S1, S2)를 스위칭하여 제어된다.

[0077] 본 발명의 실시예들에서는, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), 파워 MOS(Metal Oxide Semiconductor) 트랜지스터, 파워바이폴라트랜지스터 등이 파워반도체스위칭소자(이하, 간단히 "스위칭소자"라고 함)로 사용될 수도 있다. 역병렬 다이오드(D1, D2)는 스위칭소자(Q1, Q2)에 대하여 배치된다.

[0078] 리액터(L1)는 스위칭소자(Q1, Q2)의 연결 노드와 파워라인(6) 사이에 연결된다. 나아가, 평활캐패시터(C0)는 파워라인(7)과 접지라인(5) 사이에 연결된다.

[0079] 인버터(20)는 파워라인(7)과 접지라인(5) 사이에 병렬로 제공되는 U상 아암(22), V상 아암(24) 및 W상 아암(26)으로 형성된다. 각각의 상 아암은 파워라인(7)과 접지라인(5) 사이에 직렬로 연결된 스위칭소자들로 형성된다. 예를 들어, U상 아암(22)은 스위칭소자(Q11, Q12)로 형성되고, V상 아암(24)은 스위칭소자(Q13, Q14)로 형성되며, W상 아암(26)은 스위칭소자(Q15, Q16)로 형성된다. 또한, 역병렬 다이오드(D11 ~ D16)는 각각 스위칭소자(Q11 ~ Q16)에 연결된다. 스위칭소자(Q11 ~ Q16)의 온/오프는 제어장치(50)로부터 제공되는 제어 신호(S11 ~ S16)을 스위칭하여 제어된다.

[0080] 각각의 상 아암의 중간점은 AC모터(MG)의 각각의 상 코일의 상 단부에 연결된다. 다시 말해, AC모터(MG)는 3상 영구자석모터로서, 3개의 U, V 및 W상 코일의 한 쪽에 있는 단부들이 중성점(N)에 공통으로 연결되도록 형성된다. 나아가, 각각의 상 코일의 타 단부는 상 아암(22, 24, 26)의 스위칭소자의 중간점에 연결된다.

[0081] 승압 동작 시, 승압/감압 컨버터(12)는 DC전원(B)으로부터 공급되는 DC 전압(Vb)을 승압시켜 발생되는 DC 전압 VH(이하, 인버터(20)에 대한 입력 전압에 등가인 이러한 DC 전압도 "시스템 전압 VH"라고 함)를 인버터(20)에

공급한다. 이러한 시스템 전압은 특허문헌 1에 언급된 인버터의 DC 링크 전압에 상응한다.

[0082] 보다 구체적으로, 스위칭소자(Q1, Q2)의 듀티비(온-기간비율)는 제어장치(50)로부터 제공되는 스위칭 제어 신호(S1, S2)에 응답하여 설정되고, 승압비는 듀티비에 좌우된다.

[0083] 또한, 감압 동작 시, 승압/감압 컨버터(12)는 평활캐패시터(C0)를 통해 인버터(20)로부터 공급되는 DC 전압(시스템 전압)을 낮추고, 이를 공급하여 DC전원(B)을 충전시키게 된다. 보다 구체적으로, 스위칭소자 Q1 만이 턴 온되는 기간과 스위칭소자(Q1, Q2) 양자 모두가 턴 오프되는 기간은 제어장치(50)로부터 스위칭 제어 신호(S1, S2)에 응답하여 교대로 제공되며, 감압비는 상술된 ON 기간의 듀티비에 좌우된다.

[0084] 평활캐패시터(C0)는 승압/감압 컨버터(12)로부터의 DC 전압을 평활화하고, 상기 평활화된 DC 전압을 인버터(20)로 공급한다. 전압센서(13)는 평활캐패시터(C0)의 대향하는 단부들 사이의 전압, 즉 시스템 전압을 검출하고, 상기 검출값 VH를 제어장치(50)로 출력한다.

[0085] AC모터(MG)의 토크지령값이 양이면(Tqcom > 0), 인버터(20)는 평활캐패시터(C0)로부터 공급되는 DC 전압을 제어장치(50)로부터의 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 응답하여 스위칭소자(Q11 ~ Q16)의 스위칭 동작에 의해 AC 전압으로 변환시키고, AC모터(MG)를 구동하여 양의 토크를 출력하게 된다. 다른 한편으로, AC모터(MG)의 토크지령값이 제로이면(Tqcom = 0), 인버터(20)는 DC 전압을 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 응답하여 스위칭 동작에 의해 AC 전압으로 변환시키고, AC모터(MG)를 구동하여 토크가 제로가 되도록 한다. 따라서, AC모터(MG)는 토크지령값(Tqcom)이 가리키는 제로 또는 양의 토크를 발생시키도록 구동된다.

[0086] 나아가, 모터구동시스템(100)이 갖춰진 하이브리드자동차 또는 전기자동차의 회생 제동 시, AC모터(MG)의 토크지령값(Tqcom)은 음으로 설정된다(Tqcom < 0). 이 경우, 인버터(20)는 AC모터(MG)에 의해 발생되는 AC 전압을 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 응답하여 스위칭 동작에 의해 DC 전압으로 변환시키고, 상기 변환된 DC 전압(시스템 전압)을 평활캐패시터(C0)를 통해 승압/감압 컨버터(12)로 공급한다. 본 명세서에 언급된 회생 제동은, 풋 브레이크페달이 하이브리드자동차 또는 전기자동차를 운전하는 운전자에 의해 조작되는 경우에 회생 발전을 수반하는 제동 및 상기 풋브레이크페달을 조작하지 않고도 주행 시 액셀러레이터페달을 해제시켜 회생 발전을 야기하면서 차량을 감속(또는 가속 중지)시키는 것을 포함한다는 점에 유의한다.

[0087] 전류센서(27)는 AC모터(MG)에서 흐르는 모터 전류(MCRT)를 검출하고, 상기 검출된 모터 전류를 제어장치(50)로 출력한다. 여기서, 3개의 상 전류(iu, iv, iw)의 순시값들의 합이 제로이기 때문에, 전류센서(27)는 도 1에 도시된 바와 같이 2개의 상의 모터 전류(예컨대, V상 전류 iv 및 W상 전류 iw)만을 검출하도록 배치될 수도 있다.

[0088] 회전각속도(리졸버)(28)는 AC모터(MG)의 회전자(도시안됨)의 회전각 Θ를 검출하고, 검출된 회전각 Θ를 제어장치(50)로 전송한다. 제어장치(50)에서는, AC모터(MG)의 회전수(Nmt)(회전각속도 ω)가 회전각 Θ를 토대로 산출된다.

[0089] 제어장치(50)는 외부에 제공된 전자제어부(ECU)로부터 입력되는 토크지령값(Tqcom), 전압센서(10)에 의해 검출된 배터리 전압(Vb), 전압센서(13)에 의해 검출되는 시스템 전압(VH), 전류센서(27)로부터 제공되는 모터 전류(MCRT) 및 회전각센서(28)로부터 제공되는 회전각 Θ를 토대로, 후술하는 방식에 의한 토크지령값(Tqcom)에 따라 AC모터(MG)가 토크를 출력하도록 인버터(20)의 동작을 제어한다. 다시 말해, 제어장치(50)는 상술된 바와 같이 인버터(20)를 제어하기 위한 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)를 생성하고, 그들을 인버터(20)로 출력한다.

[0090] 승압/감압 컨버터(12)의 승압 동작 시, 제어장치(50)는 AC모터(MG)의 운전 상태에 따라 시스템 전압(VH)의 지령값을 산출하고, 이러한 지령값 및 전압센서(13)에 의해 감지된 시스템 전압(VH)의 검출값을 토대로 전압지령값의 출력 전압(VH)을 제공하는 스위칭 제어 신호(S1, S2)를 발생시킨다.

[0091] 또한, 하이브리드자동차 또는 전기자동차가 회생 제동 모드에 들어간 것을 나타내는 제어 신호 RGE를 제어장치(50)가 외부 ECU로부터 수신하는 경우, 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)를 발생시키고, 이를 인버터(20)로 출력시킴으로써, AC모터(MG)에 의해 발생되는 AC 전압이 DC 전압으로 변환되도록 한다. 따라서, 인버터(20)는 AC모터(MG)에서 발생되는 AC 전압을 승압/감압 컨버터(12)로 공급될 DC 전압으로 변환시킨다.

[0092] 또한, 제어 신호(RGE)에 응답하여, 제어장치(50)는 인버터(20)로부터 공급되는 DC 전압을 감압시키기 위한 스위칭 제어 신호(S1, S2)를 발생시키고, 이를 승압/감압 컨버터(12)로 출력한다. 이러한 방식으로, AC모터(MG)로부터의 회생 전력이 DC전원(B)을 충전하는 데 사용된다.

[0093] 나아가, 모터구동시스템(100)이 기동 또는 정지될 경우, 제어장치(50)는 시스템릴레이(SR1, SR2)를 턴 온/오프

시키기 위한 신호 SE를 발생시키고, 이를 시스템릴레이(SR1, SR2)로 출력한다.

[0094] 또한, 제어장치(50)는 SOC(State of Charge) 및 충전제한을 표시하는 입력가능한 전력량(Win)과 같은 DC 전원(B)에 관한 정보를 수신한다. 이에 따라, 제어장치(50)는 모터구동시스템(100)에서의 소비 전력과 발생 전력(회생 전력)을 제어한다.

[0095] 모터구동시스템(100)에서의 AC모터(MG)의 구동 제어는 기본적으로 후술하는 바와 같이 모터 전류(MCRT)의 피드백 제어에 의해 행해진다.

[0096] 도 2는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식에 따라 제어장치(50)에 의해 실행되는 모터전류제어의 제어블록도이다.

[0097] 도 2를 참조하면, 전류제어블록(200)은 좌표변환부(220, 250), 회전수연산부(230), PI연산부(240) 및 PWM신호생성부(260)를 포함한다. 또한, 전류제어블록(200)은 전류제어블록(200)에 대한 전류지령을 제공하는 전류지령생성부(210) 및 AC모터(MG)에서 증가될 전력 손실을 전류지령생성부(210)에 제공하는 모터손실증가설정부(300)를 포함한다.

[0098] 모터손실증가설정부(300)는 DC전원(B)의 충전율(SOC), 입력가능한 전력량(Win) 및 제어신호(RGE)뿐만 아니라 AC모터(MG)의 운전 조건, 즉 토크지령값(Tqcom) 및 모터회전수(Nmt)(회전각속도 ω)를 수신하고, 모터손실증가설정값(Mlcom)을 발생시킨다.

[0099] 전류지령생성부(210)는 사전에 미리 준비된 테이블 등을 토대로 AC모터(MG)의 모터손실증가설정값(Mlcom) 및 토크지령값(Tqcom)에 따라 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 생성한다.

[0100] 좌표변환부(220)는 회전각센서(28)에 의해 검출된 AC모터(MG)의 회전각 Θ을 이용하여 좌표 변환(3상 → 2상)을 행하여, 전류센서(27)에 의해 검출된 모터 전류 MCRT(iv, iw, iu = -(iv + iw))를 토대로 d축 전류 id 및 q축 전류 iq를 산출한다. 회전수연산부(230)는 회전각센서(28)로부터의 출력을 토대로 AC모터(MG)의 회전수(Nmt)를 산출한다.

[0101] PI연산부(240)는 d축 전류의 지령값으로부터의 편차 △Id(△Id = Idcom - id) 및 q축 전류의 지령값으로부터의 편차 △Iq(△Iq = Iqcom - iq)를 수신한다. PI연산부(240)는 각각의 d축 및 q축 전류 편차 △Id 및 △Iq에 대한 제어 편차를 얻기 위해 소정의 게인을 이용하여 PI 연산을 행하고, 이들 제어 편차들에 각각 대응하는 d축 및 q축 전압지령값(Vd#, Vq#)을 발생시킨다.

[0102] 좌표변환부(250)는 AC모터(MG)의 회전각 Θ을 이용하여 좌표 변환(2상 → 3상)을 행하여, d축 및 q축 전압지령값(Vd#, Vq#)을 U, V 및 W상의 각각의 상전압지령값(Vu, Vv, Vw)으로 변환시킨다. 여기서는, 시스템 전압(VH)이 d축 및 q축 전압지령값(Vd#, Vq#)으로부터 각각의 상전압지령값(Vu, Vv, Vw)으로의 변환에도 반영된다.

[0103] PWM신호생성부(260)는 각각의 상들의 전압지령값(Vu, Vv, Vw)과 소정의 반송파 간의 비교를 토대로 도 1에 도시된 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)를 생성한다. 인버터(20)의 스위칭은 전류제어블록(200)에 의해 생성되는 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 따라 제어되므로, 토크지령값(Tqcom)에 따라 토크를 출력하기 위한 AC 전압이 AC모터(MG)에 적용되도록 한다.

[0104] VH지령값생성부(310)는 AC모터(MG)의 회전수(Nmt) 및 토크지령값(Tqcom)에 따라 시스템 전압(VH)의 제어지령값(VH#)(이하, "전압지령값 VH#"이라고도 함)을 생성한다.

[0105] PWM신호생성부(350)는 소정의 PWM제어방식에 따라 스위칭 제어 신호(S1, S2)를 생성하여, 전압센서(10)에 의해 검출된 배터리 전압(Vb) 및 현재 시스템 전압(VH)을 토대로, 컨버터(12)의 출력 전압이 전압지령값(VH#)을 달성하도록 한다.

[0106] 본 실시예에 따른 모터구동시스템에 있어서, 전류지령생성부(210)는 상세히 후술하는 바와 같이 토크지령값(Tqcom)에 따라 AC모터(MG)로부터의 토크를 출력하기 위해 사용되는 전류지령값(Idcom, Iqcom)의 생성 시에 모터손실증가설정값(Mlcom)을 반영한다.

[0107] 도 3은 AC모터(MG)의 출력 토크와 모터전류위상 간의 관계를 예시한 개념도이다.

[0108] 도 3에서, 실선은 전류상이 일정하게 유지되는 모터전류진폭에 의해 변화할 때 출력 토크에서 발생하는 변화를 나타내는 특성라인이다. 이들 특성라인으로부터 이해할 수 있는 바와 같이, 최대 출력 토크, 즉 각각의 모터전류진폭과 연계한 최대 모터 효율을 달성하는 전류상이 있다. 최적효율특성라인(CL0)은 각각의 전류진폭에 대응

하는 최대효율동작점들을 연결하여 얻어진다.

[0109] 도 2에 도시된 전류지령생성부(210)는 기본적으로 출력 토크의 지령값, 즉 토크지령값(Tqcom)에 대하여 최적효율특성라인(CL0) 상의 전류동작점을 설정하도록 모터 전류의 진폭과 상을 결정하고, 이렇게 결정된 전류 진폭 및 전류상이 성취될 수 있도록 d축 및 q축에 대한 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 발생시킨다.

[0110] 또한, 손실증가특성라인(CL1 ~ CL3)은 AC모터(MG)에서의 소정량의 보다 낮은 손실을 발생시키기 위한 최적점으로부터 전류상을 시프트함으로써 얻어지는 전류동작점들의 세트로서 얻어질 수 있다. 따라서, 각각의 손실증가특성라인은 동일량의 모터 손실이 각각의 전류 진폭에 대응하여 발생하는 전류동작점들의 세트로서 정의될 수 있다.

[0111] 결과적으로, 하나의 전류동작점은 토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 도 3에 도시된 전류상-출력토크특성으로부터 선택될 수 있다.

[0112] 예를 들어, 도 3에 예시된 바와 같이, 토크지령값(Tqcom)이 T1과 같으면, 전류동작점(P1o, P1a, P1b, P1c)이 각각 0, L1, L2, L3와 같은 모터손실증가설정값(Mlcom)에 대해 얻어진다. 마찬가지로, 토크지령값(Tqcom)이 T2와 같으면, 전류동작점(P2o, P2a, P2b, P2c)이 각각 0, L1, L2, L3와 같은 모터손실증가설정값(Mlcom)을 얻기 위해 설정될 수 있다.

[0113] 도 4에 예시된 바와 같이, 참조용 테이블(TBL)이 미리 준비되어 있다. 그 테이블 값들은 토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 각각의 전류동작점들에 대응하는 d축 및 q축 전류지령값들의 세트(Idcom, Iqcom)들로 형성된다. 전류지령생성부(210)는 토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 테이블(TBL)을 참조하여, 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 전력 손실을 증가시키면서, 토크지령값(Tqcom)에 따라 토크를 출력하기 위한 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 생성할 수 있게 된다.

[0114] 이러한 방식으로, 설정값에 따라 AC모터(MG)에서의 전력 손실을 증가시켜 임의의 잉여 전력을 소비하는 소비 동작(Mlcom > 0) 및 최적 효율로 AC모터(MG)를 동작시키는 동작(Mlcom = 0)을 임의로 설정할 수 있게 된다.

[0115] 대안적으로, 도 5에 예시된 바와 같이, 테이블 값들이 전류동작점의 후보로 취급되는 전류상-출력토크특성의 2차원 평면 상의 각각의 점들에 대응하는 전류지령값(Idcom, Iqcom)들의 세트로 형성되는 참조용 테이블을 사전에 미리 준비할 수 있게 된다. 이 경우, 전류지령생성부(210)는 토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 도 5의 후보들 가운데 선택될 전류동작점을 결정한다. 이 방식은 도 4에 예시된 방식과 유사하게 전류지령값을 생성할 수 있다.

[0116] 도 6은 제1실시예에 따른 모터구동시스템에서의 전류제어지령값에 대한 결정 루틴을 예시한 흐름도이다.

[0117] 도 6을 참조하면, 제어장치(50)는 AC모터(MG)의 운전 상태에 따라, AC모터(MG)에 의해 소비될 잉여 전력, 즉 단계 S100에서 증가될 전력 손실을 결정한다. 보다 구체적으로, 제어장치(50)는 모터구동효율을 낮추어 AC모터(MG)에서의 잉여 전력에 대응하여 부가적으로 소비될 전력 손실량에 대응하는 모터손실증가설정값(Mlcom)을 결정한다. 단계 S100에서의 처리는 도 2에 도시된 모터손실증가설정부(300)의 동작에 상응한다.

[0118] 예를 들어, 단계 S100에서, AC모터(MG)가 제어 신호(RGE)에 따라 회생 동작을 실행하는 경우, DC전원(B)(2차전지)으로의 충전이 충전율(즉, SOC) 및 입력가능한 전력량(Win)을 토대로 제한될 수도 있어, 이 경우에는 (Mlcom > 0) 이 설정된다. 따라서, 모터손실증가설정값(Mlcom)은 AC모터(MG)의 운전 상태(즉, 회생 동작이 수행되고 있는 지의 여부 그리고 차륜의 그립/슬립 등을 반영하는 AC모터(MG)에서의 예측발전량) 및 AC모터(MG)로부터의 회생 전력의 공급 목표의 상태를 고려하여 결정된다.

[0119] 제어장치(50)는 단계 S110에서, 단계 S100에서 결정된 모터손실증가설정값(Mlcom)이 Mlcom(Mlcom > 0)보다 큰지의 여부를 판정한다. 값(Mlcom)이 0과 같으면(단계 S110에서 NO), AC모터(MG)에서의 전력 손실을 의도적으로 증가시킬 필요는 없기 때문에 모터 제어가 모터구동효율을 최대화하도록 행해지게 된다. 따라서, 제어장치(50)는 토크지령값(Tqcom)에 따라 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 결정하여, 전류동작점이 도 3에 도시된 최적효율특성라인(CL0) 상에서 결정될 수 있도록 한다. 예를 들어, d축 및 q축 전류지령값(Idcom, Iqcom)은 테이블(TBL)(도 4)을 참조하여 결정된다.

[0120] 모터손실증가설정값(Mlcom)이 0보다 크면(단계 S110에서 YES), 제어장치(50)는 출력 토크가 시프트되고 있는 지의 여부, 즉 토크지령값(Tqcom)이 도 6의 서브루틴의 마지막 실행 시의 것으로부터 변경되었는 지의 여부를 단계 S130에서 판정한다.

[0121] 토크지령값(Tqcom)이 최종값으로부터 변경되지 않은 경우(단계 S130에서 NO), 전류지령값은 토크지령값(Tqcom)에 따라 단계 S140에서 결정되어, 모터손실증가설정값(Mlcom)에 대응하여 전류동작점이 손실증가특성라인(예컨대, 도 3의 CL1 ~ CL3) 상에서 선택될 수 있게 된다. 따라서, d축 및 q축 전류지령값(Idcom, Iqcom)들은 도 4에 도시된 테이블(TBL) 상의 토크지령값(Tqcom)과 모터손실증가설정값(Mlcom)의 교차점들에 따라 결정된다.

[0122] 이와는 반대로, 출력 토크가 시프트되는 경우, 즉 토크지령값(Tqcom)이 최종값에서 변경된 경우(단계 S130에서 YES), 전류지령값은 도 5에 도시된 전류상-출력토크평면 상의 전류동작점의 전이에 따라 결정된다.

[0123] 예를 들어, 전류동작점이 최종동작점 P1o(Tqcom = T1 및 Mlcom = 0)에서 동작점 P2a(Tqcom = T2 및 Mlcom = L1)로 시프트되는 경우, 전류지령값은 도 5에 도시된 전류상-출력토크평면 상의 전류동작점의 변경에 따라 도 4에 도시된 테이블(TBL)을 토대로 결정된다. 따라서, 전류동작점(P2a)에 대응하는 d축 및 q축 전류지령값(Idcom, Iqcom)이 설정된다.

[0124] 상술된 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 모터구동시스템은 모터손실증가설정값(Mlcom)을 반영하면서 토크지령값(Tqcom)에 따라 토크를 출력하기 위한 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 생성할 수 있다. 그러므로, AC모터(MG)에서의 전력 손실은 출력 토크의 제어성을 확보하면서 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 증가될 수 있으므로, 상기 AC모터의 잉여 전력이 필요 시(예컨대, AC모터가 차륜의 슬립/그립 등으로 인해 대량의 전력을 순간적으로 발생시키는 경우)에 소비될 수 있게 된다. 이에 따라, 회생 전력이 억제될 수 있어, AC모터로부터의 과도한 회생 전력으로 인하여 모터구동시스템에서(특히, 시스템 전압에서)의 과전압의 발생을 방지할 수 있게 된다.

[0125] 고주파 성분이 앞서 기술된 특허문헌 1과 달리 모터 전류에 중첩되지 않기 때문에, 모터제어시스템의 동작이 불안정하게 될 가능성이 낮아질 수 있다. 그러므로, 캐패시터와 같은 부품에 필요한 마진이 감소될 수 있어, 제조 비용이 감소될 수 있게 된다. 고주파 성분을 모터 전류에 중첩시키는 제어 구조에 비해, AC모터(MG)에서 의도적으로 소비될 수 있는 잉여 전력의 양, 즉 회생 전력의 억제량을 신뢰성 있게 증가시킬 수 있게 된다.

[0126] 도 3 내지 도 5를 참조하여 앞서 기술된 바와 같이, 전류지령값은 연속성을 갖는 전류동작점들의 결정을 토대로 생성되어, 상기 전류지령값은 AC모터(MG)의 운전 단계에서의 변화(통상적으로, 출력토크지령의 변화)와 함께 적절하게 변경되게 된다. 그러므로, 토크지령값이 잉여 전력을 소비하는 소비 동작 시에 변화하는 경우에도, 상기 소비 동작을 계속해서 실행하면서 AC모터(MG)의 출력 토크 상에 추종 제어가 수행된다. 그러므로, 토크의 변동이 방지될 수 있다.

[0127] 상술된 AC모터(MG)의 소비 동작에 따르면, 잉여 전력이 모터의 운전 상태에 독립적으로, 즉 AC모터의 회생 동작에서뿐만 아니라 AC모터의 역행 동작에서도 소비될 수 있으므로, 이는 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지하는 효과를 더욱 개선시킬 수 있다.

[0128] 본 발명과 제1실시예로 예시된 구조 간의 대응관계는 다음과 같다. 도 1의 인버터(20) 및 제어장치(50)는 본 발명의 "모터구동회로" 및 "모터제어수단"에 각각 대응한다. 도 2에서, 전류지령생성부(210)는 본 발명의 "전류지령생성수단"에 대응하고, 도 2의 전류제어블록(200)은 본 발명의 "전류제어수단"에 대응하며, 모터손실증가설정부(300)는 본 발명의 "손실증가설정수단"에 대응한다. 도 4의 테이블(TBL)은 본 발명의 "특성기억수단"에 대응한다.

[0129] [제2실시예]

[0130] 이하, 제1실시예에 앞서 기술된 AC모터(MG)에 의해 소비될 잉여 전력의 설정, 즉 AC모터(MG)에서의 전력손실증가량을 나타내는 모터손실증가설정값(Mlcom)의 설정과 연계하여 제2실시예를 상세히 설명하기로 한다. 제2실시예 및 후술할 그 변형예에 따른 모터손실증가설정부(300)는 도 2의 모터손실증가설정부(300)로 사용될 수 있다. 따라서, 모터손실증가설정값(Mlcom)을 설정한 후 수행될 모터 제어는 실질적으로 제1실시예에 따른 모터구동시스템의 것과 동일하므로, 그 상세한 설명을 반복하지는 않는다.

[0131] (제1설정예)

[0132] 도 7을 참조하면, 모터손실증가설정부(300)는 AC모터(MG)의 의도적인 전력손실량을 결정하기 위한 정보를 수신하고, 보다 구체적으로는 제어 신호(RGE), 토크지령값(Tqcom) 및 AC모터(MG)의 운전 상태를 나타내는 모터회전수(Nmt)(회전각속도 ω)를 수신한다.

[0133] 모터손실증가설정부(300)는 예컨대 도 8의 흐름도에 따라 AC모터(MG)의 발생 전력의 추정값을 토대로 모터손실증가설정값(Mlcom)을 설정한다.

[0134] 도 8을 참조하면, 단계 S200에서, 모터손실증가설정부(300)는 AC모터(MG)의 회생 동작 시에 토크지령값(Tqcom) 및 회전각속도(ω)로부터 AC모터(MG)에서의 발생 전력(Pgn)을 추정한다. 예를 들어, 발생 전력(Pgn)은 후술하는 수학식 1로부터 추정될 수 있다.

수학식 1

[0135] $$Pgn = Tqcom \cdot \omega$$

[0136] 또한, 단계 S210에서, 모터손실증가설정부(300)는 AC모터(MG)에서의 회생가능한 전력(Pin)과 발생 전력(Pgn)을 비교한다. 회생가능한 전력(Pin)은 예컨대 차륜의 슬립/그립 시의 발전량에 대응하는 소정의 고정값일 수도 있지만, DC전원(B)의 입력가능한 전력량(Win)을 토대로 결정되는 것이 바람직하다.

[0137] AC모터(MG)에 의해 회생되는 전력(Pgn)이 회생가능한 전력(Pin), 즉 모터구동시스템(100)의 입력측에 허용될 수 있는 회생 전력을 초과하면, 즉 (Pgn > Pin)이 충족되면(단계 S210에서 YES), 모터손실증가설정부(300)는 단계 S230에서 제로보다 큰 모터손실증가설정값(Mlcom)을 설정한다. 이러한 동작에서, 모터손실증가설정값(Mlcom)은 AC모터의 발생 전력(Pgn)에 따라 설정되고, 바람직하게는 허용가능한 양에 대하여 회생 전력의 잉여량(Pgn-Pin)에 따라 설정된다.

[0138] AC모터(MG)에서의 발생 전력(Pgn)이 (Pgn ≤ Pin)을 충족하면, 즉 AC모터(MG)의 발생 전력이 회생 전력으로서 허용될 수 있는 경우(단계 S210에서 NO), 모터손실증가설정부(300)는 단계 S220에서 제로와 같은 모터손실증가설정값(Mlcom)을 설정한다.

[0139] 도 8의 흐름도에 따르면, 상술된 바와 같이, AC모터(MG)의 과도한 회생 전력의 발생이 상기 모터의 토크지령값(Tqcom) 및 회전각속도(ω)에 따라 AC모터(MG)에서의 발생 전력의 추정값을 토대로 쉽고도 신뢰성 있게 파악될 수 있다. 따라서, 잉여 전력이 AC모터(MG)에서의 전력 손실을 증가시켜 소비되어야만 하는 상태가 용이하게 검출될 수 있다. 이에 따라, 모터손실증가설정값(Mlcom)이 적절하게 설정될 수 있고, AC모터(MG)로부터의 과도한 회생 전력으로 인하여 모터구동시스템 내부의 과전압 발생을 방지할 수 있게 된다.

[0140] (제2설정예)

[0141] 도 7을 다시 참조하면, 모터손실증가설정부(300)는 전압센서(13)에 의하여 얻어진 시스템 전압(VH)의 검출값을 추가로 수신한다.

[0142] 모터손실증가설정부(300)는 도 9의 흐름도에 따라 시스템 전압(VH)의 모니터링을 토대로 모터손실증가설정값(Mlcom)을 설정할 수도 있다.

[0143] 도 9를 참조하면, 모터손실증가설정부(300)는 단계 S250에서 전압센서(13)로부터의 시스템 전압(VH)(인버터의 DC 링크 전압)의 검출값을 획득하고, 상기 시스템 내부의 전압이 상승하였는지의 여부를 판정하도록 시스템 전압(VH)을 판정 전압(Vjd)과 비교한다. 판정 전압(Vjd)은 모터구동시스템 내의 장치에 손상을 입히는 과전압보다 낮고 시스템 전압(VH)의 지령값보다 높은 값으로 설정된다.

[0144] 시스템 전압이 상승하면(단계 S260에서 YES), 모터손실증가설정부(300)는 단계 S270에서 제로보다 높은 모터손실증가설정값(Mlcom)(Mlcom > 0)을 설정하여, AC모터(MG)에서의 전력 소비가 회생 전력을 억제하기 위해 증가될 수도 있고, 바람직하게는 AC모터(MG)로부터의 전력의 회생을 방지하기 위해 증가될 수도 있다. 이 동작에서는, 모터손실증가설정값(Mlcom)이 시스템 전압(VH)의 초과량에 따라 결정되는 것이 바람직하다.

[0145] 과전압이 발생하지 않았으면(단계 S260에서 NO), 모터손실증가설정부(300)가 최고효율점에서 AC모터(MG)를 운전하기 위해 단계 S280에서 모터손실증가설정값(Mlcom)을 제로로 설정하도록 AC모터(MG)에서의 전력 손실을 증가시킬 필요는 없다.

[0146] 도 9의 흐름도에 따르면, 상술된 바와 같이, AC모터(MG)에서의 잉여 전력의 발생이 회생 동작 시 모터구동시스템(통상적으로, 인버터의 DC 링크 전압) 내부의 전압 상승을 토대로 신뢰성 있게 파악될 수 있다. 이에 따라, 모터손실증가설정값(Mlcom)은 AC모터(MG)로부터의 과도한 회생 전력으로 인하여 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지하도록 적절하게 설정될 수 있다.

[0147] 도 9의 흐름도에서는, 과전압이 바람직하지 않게 발생할 수도 있는 모터구동시스템에서의 타 부분들의 검출 전압들을 토대로 모터손실증가설정값(Mlcom)을 제로보다 크게 설정할 수 있다(Mlcom > 0).

[0148] (제3설정예)

[0149] 또한, 도 10에 도시된 바와 같이, 도 8 및 도 9에 예시된 모터손실증가설정값들에 대한 설정 방식이 조합될 수도 있다.

[0150] 도 10을 참조하면, 모터손실증가설정부(300)는 단계 S300에서 도 8에 예시된 단계 S200 ~ S230의 처리를 통해 추정된 AC모터(MG)에서의 발생 전력을 토대로 AC모터(MG)로부터의 과도한 회생 전력을 소비하기 위한 모터손실증가설정값(Mlcom1)을 설정한다.

[0151] 또한, 단계 S310에서, 모터손실증가설정부(300)는 도 9의 단계 S50 ~ S280의 처리에 따라 모터구동시스템(100)의 내부 전압(통상적으로, 시스템 전압(VH))의 상승을 토대로 AC모터(MG)에서의 잉여 전력을 소비하기 위한 모터손실증가설정값(Mlcom2)을 설정한다.

[0152] 단계 S320에서, 모터손실증가설정부(300)는 최종 모터손실증가설정값(Mlcom)으로서, 단계 S300 및 S310에서 각각 설정된 값들(Mlcom1, Mlcom2) 간에 선택된 최대값을 결정한다.

[0153] 도 10에 도시된 흐름도에 따르면, 기본적으로 AC모터(MG)에서의 발생 전력의 추정값을 토대로, AC모터(MG)에서의 전력 손실을 증가시킬 필요가 있는 지의 여부를 판정하고, 이 판정을 토대로, 발생 전력 추정값의 여하한의 이상으로 인하여 모터구동시스템의 내부 전압이 상승할 때, AC모터(MG)로부터의 회생 전력을 감소시키도록 모터손실증가설정값(Mlcom)이 적절하게 설정될 수 있다. 이에 따라, AC모터(MG)로부터의 과도한 회생 전력으로 인하여 모터구동시스템 내부의 과전압의 회생을 신뢰성 있게 방지할 수 있게 된다.

[0154] [제2실시예의 변형예]

[0155] AC모터(MG)에서의 전력 손실의 증가는 앞서 기술된 AC모터(MG)의 전력 밸런스뿐만 아니라 모터구동시스템이 갖춰진 차량에서의 제동력 요구에 따라 결정될 수도 있다.

[0156] 도 11을 참조하면, 제2실시예의 변형예에 있어서, 모터손실증가설정부(300)는 도 7에 예시된 각종 정보와 데이터를 수신하고, 운전자가 차량을 제동하기 위해 조작하는 브레이크페달(330)의 감압량을 감지하는 페달감압량센서(320)로부터의 브레이크페달감압량을 부가적으로 수신한다.

[0157] 모터손실증가설정부(300)는 도 12에 예시된 바와 같이 결정하는 경우에 모터손실증가설정값(Mlcom)의 이러한 브레이크페달감압량을 반영할 수도 있다.

[0158] 도 12를 참조하면, 제2실시예의 변형예에 있어서, 모터손실증가설정부(300)는 도 10의 것과 유사한 단계 S300 및 S310의 처리를 실행하고, 단계 S315에서의 브레이크페달감압량을 토대로 모터손실증가설정값(Mlcom3)을 부가적으로 설정한다.

[0159] 단계 S315에서, 모터손실증가설정값(Mlcom3)은 운전자가 요구하는 제동력의 증가와 함께, 즉 브레이크페달감압량의 증가와 함께 증가하도록 설정된다. 특히, DC전원(B)이 과충전 상태에 있고, AC모터(MG)에서의 발생((Tqcom < 0)의 설정)이 억제되면, Mlcom3이 크게 설정된다.

[0160] 모터손실증가설정값(Mlcom3)이 상술된 바와 같이 증가하면, AC모터(MG)의 구동 효율이 저하되고, 전력 손실이 증가하여, AC모터(MG)의 회전각속도(ω)에 대한 관성모멘트가 등가적으로 증가하게 된다. 관성모멘트의 증가로 인하여 회전각속도(ω)를 낮추는 효과는 보다 강력한 차량의 감속감을 운전자에게 제공할 수 있다.

[0161] 단계 S330에서, 모터손실증가설정부(300)는 최종 모터손실증가설정값(Mlcom)으로서, AC모터에서 발생되는 전력의 추정값을 토대로 단계 S300에서 획득한 모터손실증가설정값(Mlcom1), 시스템 내부 전압(시스템 전압(VH))의 모니터링을 토대로 단계 S310에서 설정된 모터손실증가설정값(Mlcom2) 및 브레이크감압량을 토대로 모터손실증가설정값(Mlcom3) 중 최대값을 선택한다.

[0162] 이에 따라, AC모터(MG)의 잉여 전력에 의해 발생되는 과도한 회생 전력으로 인하여 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지할 수 있게 되고, 운전자가 차량의 제동력을 요구했을 때 차량의 감속감을 더 크게 얻을 수 있도록 AC모터(MG)에서의 잉여 전력 소비(손실 증가)를 설정할 수도 있게 된다. 이에 따라, 모터구동시스템이 갖춰진 차량의 제동 성능 또는 운전쾌적성을 향상시킬 수 있게 된다.

[0163] 본 발명과 제2실시예로 기술된 구조 및 그 변형예 간의 대응관계는 다음과 같다. 도 7의 전압센서(13)는 본 발명의 "전압검출기"에 대응하고, 도 8의 흐름도의 단계 S200은 본 발명의 "전력추정수단"에 대응한다.

[0164] [제3실시예]

[0165] 제1 및 제2실시예에 기술된 PWM(Pulse Width Modulation)에 따른 모터전류제어는 인버터입력전압(시스템 전압

(VH))의 0.61배인 값으로만 모터에 인가되는 AC 전압의 기본파 성분 진폭을 증가시킬 수 있다고 이미 공지되어 있다. AC모터(MG)가 갖춰진 하이브리드자동차 등에 있어서, AC모터(MG)에서 발생하는 유도 전압은 고속 범위에서 증가한다. 그러므로, 고속 범위에서의 출력을 향상시키기 위한 약자기장 제어(magnetic field-weakening control)를 수행하는 것이 이미 제안되어 있다.

[0166] 상기 관점에서, 제3실시예에 따른 모터구동시스템은 인버터에서의 전력 변환을 위해 도 13에 예시된 3가지 제어 방식들을 선택적으로 이용한다.

[0167] 도 13을 참조하면, 정현파PWM제어방식은 일반적인 PWM 제어에 사용되고, 도 2의 제어블록도에 따라 모터전류피드백제어를 수행하기 위하여, 각각의 상아암에서의 스위칭소자의 온/오프는 정현파전압지령값과 반송파(통상적으로, 삼각파) 간의 전압 비교에 따라 제어된다.

[0168] 결과적으로, 상부아암(Q11, Q13, Q15)의 온 기간에 대응하는 고레벨 기간과 하부아암(Q12, Q14, Q16)의 온 기간에 대응하는 저레벨 기간의 세트와 연계하여 듀티비가 제어되어, 기본파 성분들이 소정의 기간 동안 정현파를 형성하게 된다. 잘 알려진 바와 같이, 정현파PWM제어방식은 인버터입력전압의 0.61배인 값으로만 기본파 성분 진폭을 증가시킬 수 있다.

[0169] 이와는 달리, 직사각형파전압제어방식에 따르면, 고레벨 및 저레벨 기간들 간의 1:1 비를 나타내는 직사각형파가 사용되고, 하나의 펄스에 대응하는 상기 직사각형파의 일부분이 AC모터(MG)에 인가된다. 이는 변조율을 0.78로 증가시킬 수 있다.

[0170] 과변조PWM제어방식에서는, 상기 정현파PWM제어방식과 유사한 PWM 제어가 반송파의 진폭을 왜곡시켜 수행되어, 도 2의 제어블록도에 따라 모터전류피드백제어에서 그것을 감소시키게 된다. 결과적으로, 기본파 성분들은 0.61과 0.78 사이의 값으로 변조율을 증가시키도록 왜곡될 수 있다.

[0171] AC모터(MG)에 있어서, 회전수와 출력 토크가 증가하면, 유도 전압이 증가하여, 필요 전압이 증가한다. 컨버터(12)에 의해 승압된 전압, 즉 시스템 전압(VH)은 이러한 모터-요구 전압(유도 전압)보다 높게 설정되어야만 한다. 한편, 제한값(VH 최대 전압)은 컨버터(12)에 의해 승압된 전압, 즉 시스템 전압에 존재한다.

[0172] 그러므로, 정현파PWM제어방식 또는 과변조PWM제어방식은 기본적으로 모터-요구 전압(유도 전압)이 최대값(VH 최대 전압)보다 낮은 영역에서 실행되고, 도 2의 블록도에 따른 모터전류제어가 이 영역에서 토크지령값(Tqcom)과 같은 출력 토크를 제공하도록 수행된다.

[0173] 기본적으로, 이 동작에서는, AC모터(MG)가 최대 효율로 동작되고, 필요 시 모터손실증가설정값(Mlcom)이 0보다 크게 설정된다(Mlcom > 0). 이에 따라, 모터전류위상은 AC모터(MG)에서의 전력 손실을 증가시키도록 변경되어, AC모터(MG)에서의 과도한 회생 전력의 발생이 방지되도록 한다. 이러한 방식과 동작은 제1 및 제2실시예와 그 변형예와 연계하여 앞서 기술된 바와 같이 실행된다.

[0174] 한편, 모터-요구 전압(유도 전압)이 시스템 전압의 최대값(VH 최대 전압)에 도달하면, 약자기장제어에 따른 직사각형파전압제어방식이 시스템 전압(VH)을 유지하면서 채택된다. 상기 직사각형파전압제어방식에서는, 기본파 성분의 진폭이 고정되기 때문에, 토크지령값 및 전력 산출에 의해 얻어진 토크성취값을 토대로 직사각형파 펄스의 전압위상제어에 의해 토크 제어가 실행된다.

[0175] 도 14의 흐름도에 예시된 바와 같이, ECU(도시안됨)는 액셀러레이터의 밟는 정도 등을 토대로 차량-요구 출력으로부터 AC모터(MG)의 토크지령값(Tqcom)을 산출한다(단계 S400). 이에 응답하여, 제어장치(50)는 단계 S410에서, 미리 설정된 테이블 등을 토대로 AC모터(MG)의 토크지령값(Tqcom) 및 회전수(Nmt)로부터 모터-요구 전압(유도 전압)을 산출한다.

[0176] 또한, 제어장치(50)는 모터 제어에 있어서, 시스템 전압의 모터-요구 전압과 최대값(VH 최대 전압) 간의 관계에 따라 직사각형파전압제어방식(약자기장 제어) 또는 모터전류제어(정현파PWM제어방식/과변조PWM제어방식)를 선택한다(단계 S420). 모터전류제어에 대한 정현파PWM제어방식 또는 과변조PWM제어방식의 선택은 필요한 변조율의 범위에 따라 수행된다. 상기 제어 흐름에 따르면, 적절한 제어방식이 AC모터(MG)의 운전 조건들에 따라 도 13에 예시된 복수의 제어방식들 가운데 선택된다.

[0177] 결과적으로, 도 15에 도시된 바와 같이, 적용된 제어방식은 AC모터(MG)의 운전 영역(회전수/토크)에 따라 결정된다. 정현파PWM제어방식은 토크 변동을 줄이기 위해 저회전수 범위(A1)에서 사용된다. 과변조PWM방식은 중간 회전수 범위(A2)에서 사용되고, 직사각형파전압제어방식은 고회전수 범위(A3)에서 사용된다. 특히, 과변조PWM제

어방식 및 직사각형파전압제어방식의 채택은 AC모터(MG)의 출력을 증가시킨다.

[0178] 정현파PWM제어방식 및 과변조PWM제어방식에서는, 상술된 바와 같이, 모터 전류의 피드백 제어가 도 2의 제어블록도에 따라 수행된다. 이와는 대조적으로, 직사각형파전압제어방식에서는, AC모터(MG)가 도 16의 제어블록도에 따라 제어된다.

[0179] 도 16을 참조하면, 직사각형파전압제어블록(400)은 전력연산부(410), 토크연산부(420), PI연산부(430), 직사각형파발생기(440) 및 신호발생부(450)를 포함한다.

[0180] 전력연산부(410)는 하기 수학식 2에 따라 모터공급전력(Pmt)을 전류센서(27)에 의해 검출된 각각의 상전압(iv, iw, iu(= -(iv + iw))) 및 각각의 상전압(Vu, Vv, Vw)으로부터 산출한다.

수학식 2

[0181] $Pmt = iu \cdot Vu + iv \cdot Vv + iw \cdot Vw$

[0182] 토크연산부(420)는 전력연산부(410)에 의해 얻어진 모터공급전력(Pmt) 및 회전각센서(28)에 의해 검출된 AC모터(MG)의 회전각 Θ로부터 산출된 각속도 ω를 이용하여, 하기 수학식 3에 따라 토크추정값(Trq)을 산출한다.

수학식 3

[0183] $Trq = Pmt / \omega$

[0184] PI연산부(430)는 토크지령값(Trqcom)에 대한 토크 편차 △Trq를 수신한다(△Trq = Trqcom - Trq). PI연산부(430)는 제어 편차를 얻기 위해 토크 편차 △Trq 상의 소정의 게인과 함께 PI 연산을 수행하고, 획득한 제어 편차에 따라 직사각형파 전압의 위상 φv를 설정한다.

[0185] 구체적으로, 전압위상 φv는 도 17에 도시된 출력 토크와 전압위상 φv의 변화 특성에 따라 토크지령값(Tqcom)에 따라 결정된다. 따라서, 양의 토크가 발생되면(Tqcom > 0), 전압위상이 불충분한 토크 시에 전진되고, 과도한 토크 시에는 전압위상이 지체된다. 또한, 음의 토크가 발생되면(Tqcom < 0), 전압위상이 불충분한 토크 시에 지체되고, 과도한 토크 시에는 전압위상이 전진된다.

[0186] 직사각형파발생기(440)는 PI연산부(430)에 의해 설정된 전압위상 φv에 따라 각각의 상전압지령값(직사각형파 펄스) Vu, Vv 또는 Vw를 발생시킨다. 신호발생부(450)는 각각의 상전압지령값(Vu, Vv 또는 Vw)에 따라 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)들을 발생시킨다. 인버터(20)는 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 따라 스위칭 동작을 수행하여, 전압위상 φv에 따른 직사각형파 펄스가 모터의 각각의 상전압으로 적용되도록 한다.

[0187] 상술된 바와 같이, 직사각형파전압제어방식에서는, AC모터(MG)의 토크 제어가 토크(전력) 피드백 제어에 의해 수행될 수 있다. 하지만, 직사각형파제어방식에서는, 모터-인가 전압이 위상만을 변경하여 동작되므로, 모터-인가 전압의 위상 및 진폭 모두가 동작될 수 있는 PWM제어방식에 비해 제어 응답이 저하된다.

[0188] 도 18은 도 3과 비교될 수 있는 개념도이고, 직사각형파전압제어방식에서의 전류동작점을 예시한다.

[0189] 도 18을 참조하면, 직사각형파전압제어방식에서는, 전류위상이 조정불가능한 고정값을 취하고, 전류동작점들은 영역(460) 내에 위치한다. 따라서, 직사각형파전압제어방식에서는, 제1 및 제2실시예와 그 변형예와 연계하여 앞서 기술된 바와 같이 AC모터(MG)에서의 전력 손실을 임의로 변경시킬 수 있는 전력 손실 제어를 수행하는 것이 불가능하다.

[0190] 그러므로, 제3실시예는 모터전류제어와 직사각형파전압제어 간의 스위칭이 운전 영역에 따라 수행된다는 전제를 토대로 보통 모터제어방식에서의 직사각형파전압제어방식에 대응하는 운전 영역에서의 AC모터(MG)에 대한 전력 손실 제어로 설명될 것이다.

[0191] 도 19는 전류위상에 대한 AC모터(MG)에서의 모터 라인들을 가로질러 나타나는 모터라인전압의 변화 특성을 나타내는 특성라인(480) 세트를 보여준다. 도 19로부터 이해할 수 있는 바와 같이, 발생 토크가 일정하면, 모터라인전압은 진각측에 전류동작점을 설정하여 저하될 수 있다. 특히, 전류동작점은 직사각형파전압제어방식에서의 전류동작점의 영역(460)에 대한 전류위상의 진각측에 위치하는 영역(470)에 설정될 수도 있어, 모터라인전압이 저하될 수 있다.

[0192] 예를 들어, 발생 토크가 일정하면, 전류동작점이 직사각형파전압제어방식에서의 전류동작점 OP1으로부터 전진된 전류동작점 OP2로 시프트될 수도 있어, 모터라인전압이 △V 만큼 저하될 수 있다. 이는 다음과 같이 표현된다.

모터전류제어(도 2)가 전류동작점을 영역(470)에 위치시키도록 PWM제어방식에 따라 수행되면, 모터구동효율이 토크 제어성을 확보하면서 더욱 저하될 수 있고, AC모터(MG)에서의 전력 손실이 증가하여 회생 전력을 억제할 수 있게 된다.

[0193] 도 20은 제3실시예에 따른 모터구동제어시스템에서의 모터제어방식을 예시한 흐름도이다.

[0194] 도 20을 참조하면, 제어장치(50)는 단계 S500에서 도 13 내지 도 15에 예시된 바와 같이 모터제어모드를 위한 모터전류제어 또는 직사각형파전압제어를 선택한다. 또한, 제어장치(50)는 제1 및 제2실시예와 그 변형예에 따른 모터손실증가설정값(Mlcom)을 단계 S510에서 결정한다.

[0195] 단계 S520에서, 제어장치(50)는 직사각형파전압제어방식이 단계 S500에서 선택되었는 지의 여부를 판정한다. 직사각형파전압제어방식이 선택되지 않으면, 즉 모터전류제어가 선택되면(단계 S520에서 NO), 전류지령값은 단계 S530에서 토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)을 토대로 제1실시예에 따라 결정된다. 또한, 제어장치(50)는 단계 S540에서 결정된 전류지령값(Idcom, Iqcom)에 따라 도 2에 도시된 모터전류피드백제어를 실행한다.

[0196] 직사각형파전압제어방식이 선택되면(단계 S520에서 YES), 제어장치(50)는 모터손실증가설정값(Mlcom)이 판정값(Pth)을 초과하였는지의 여부를 판정한다(단계 S550). 예를 들어, 판정값(Pth)은 직사각형파전압제어방식에서의 전력 손실에 대응하여 설정된다.

[0197] 값 Mlcom이 값 Pth 이하이면(단계 S550에서 NO), 제어장치(50)가 단계 S570에서 도 15의 제어블록도에 따라 직사각형파전압제어방식을 수행하도록 AC모터(MG)에서의 모터 전력 손실을 의도적으로 증가시킬 필요는 없게 되어, 토크지령값(Tqcom)에 따라 출력 토크를 발생시키도록 AC모터(MG)를 제어하게 된다.

[0198] 이와는 달리, Mlcom이 Pth 보다 크면(단계 S550에서 YES), 즉 모터구동시스템에서의 전력 밸런스에서 볼 때 AC모터(MG)에서 발생될 전력 손실이 직사각형파전압제어방식에서 발생되는 전력 손실을 초과한 경우, 제어장치(50)는 직사각형파전압제어 대신에 모터전류피드백제어를 실행하기 위해 단계 S560에서 전류지령값을 결정한다.

[0199] 단계 S560에서, 제어장치(50)는 도 19에 도시된 전류위상전진영역(470)에서의 모터손실증가설정값(Mlcom)에 대응하는 전류지령값을 결정한다. 예를 들어, 전류동작점은 도 3의 라인(CL1 ~ CL3)과 유사한 손실증가특성라인상에 설정된다. 테이블 TBL(도 4)과 유사한 테이블을 준비함으로써, d축 및 q축 전류지령값(Idcom, Iqcom)은 모터토크지령값(Tqcom) 및 모터손실증가설정값(Mlcom)에 따라 상기 전류지령값에 대해 결정될 수 있다.

[0200] 단계 S540에서, 제어장치(50)는 단계 S500에서 선택된 직사각형파전압제어 대신에 단계 S560에서 결정된 전류지령값(Idcom, Iqcom)에 따라 도 2에 도시된 모터전류피드백제어를 실행한다.

[0201] 제3실시예에 따른 모터구동시스템에 있어서, 상술된 바와 같이, 최적 효율로 AC모터를 기본적으로 운전하기 위한 모터전류제어 및 고속 범위에서의 모터 출력을 확보하기 위한 직사각형파전압제어가 선택적으로 채택될 수 있어, AC모터(MG)의 운전가능한 영역이 확대될 수 있다. 또한, 전력 손실이 직사각형파전압제어방식의 동작에서 증가될 경우, 직사각형파전압제어방식에 비해 전류위상이 더욱 전진된 영역에서의 모터전류제어가 직사각형파전압제어 대신에 채택될 수 있다. 그러므로, 확대된 운전 영역에서의 어떠한 부분에서도, AC모터(MG)에서의 전력 손실을 의도적으로 증가시켜 잉여 전력이 소비될 수 있다. 결과적으로, 직사각형파전압제어방식을 채택하여 고속 범위에서의 출력을 확보하고, AC모터(MG)로부터의 회생 전력의 과도한 증가로 인하여 발생될 수도 있는 모터구동시스템에서의 과전압의 발생을 방지할 수도 있게 된다.

[0202] 본 발명과 제3실시예로 기술된 구성예 간의 대응관계는 다음과 같다. 도 16의 직사각형파전압제어블록(400)은 본 발명의 "직사각형파전압제어수단"에 대응한다. 도 20의 흐름도에서, 단계 S500은 "제어모드선택수단"에 대응하고, 단계 S540 ~ S560은 본 발명의 "제어모드수정수단"에 대응한다.

[0203] [제4실시예]

[0204] 이하, 제4실시예를 공통 전원과 전력을 양방향으로 주고 받기 위해 연결되는 복수의 AC모터가 제공된 모터구동시스템에서의 제어 구조, 특히 AC모터로부터의 과도한 회생 전력의 발생으로 인한 과전압을 방지하기 위한 제어구조와 연계하여 설명한다.

[0205] 도 21은 제4실시예에 따른 모터구동시스템이 갖춰진 하이브리드자동차(100#)의 구조를 예시한 블록도이다.

[0206] 도 21을 참조하면, 제4실시예에 따른 모터구동시스템이 갖춰진 하이브리드자동차(100#)는 동력분배장치(3), 엔진(4), 모터제너레이터(MG1, MG2)(AC모터), 구동축(62) 및 구동차륜(65)을 포함한다. 구동축(62) 및 구동차륜

(65)은 모터구동시스템의 부하(60)를 형성한다.

[0207] 하이브리드자동차(100)는 DC전압발생부(10#), 평활캐패시터(C0), 인버터(20, 30) 및 제어장치(50#)를 더 포함한다.

[0208] DC전압발생부(10#)는 도 1의 것과 실질적으로 동일한 구조를 가지고, 접지라인(5) 및 전원라인(7)에 연결된다.

[0209] 모터제너레이터(MG1)는 도 1의 AC모터(MG)와 실질적으로 동일한 구조를 가지고, 회전자(도시안됨)뿐만 아니라 고정자 상에 배치된 U상, V상 및 W상 코일 권선(U1, V1, W1)을 포함한다. U상, V상 및 W상 코일 권선(U1, V1, W1)의 일측의 단부들은 서로 중성점(N1)에 연결되고, 그 타 단부들은 인버터(20)의 U상, V상 및 W상 아암(22, 24, 26)에 각각 연결된다. 스위칭소자(Q11 ~ Q16)는 제어장치(50#)로부터 제공되는 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)에 응답하여 스위칭 동작을 수행하여, 인버터(20)가 DC전압발생부(10#)와 모터제너레이터(MG1) 간의 양방향 전력 변환을 수행한다.

[0210] 인버터(30)는 인버터(20)와 실질적으로 동일한 구조를 가지고, 역병렬 D21 ~ D26 뿐만 아니라 스위칭 제어 신호(S21 ~ S26)에 의해 턴 온/오프되도록 제어되는 스위칭 소자(Q21 ~ Q26)를 포함한다.

[0211] 모터제너레이터(MG2)는 모터제너레이터(MG1)와 실질적으로 동일한 구조를 가지고, 회전자(도시안됨)뿐만 아니라 고정자 상에 배치된 U상, V상 및 W상 코일 권선(U2, V2, W2)을 포함한다. 모터제너레이터(MG1)와 유사하게, U상, V상 및 W상 코일 권선(U2, V2, W2)의 일측의 단부들은 서로 중성점(N2)에 연결되고, 그 타 단부들은 인버터(30)의 U상, V상 및 W상 아암(32, 34, 36)에 각각 연결된다.

[0212] 스위칭소자(Q21 ~ Q26)는 제어장치(50#)로부터 제공되는 스위칭 제어 신호(S21 ~ S26)에 응답하여 스위칭 동작을 수행하여, 인버터(30)가 DC전압발생부(10#)와 모터제너레이터(MG2) 간의 양방향 전력 변환을 수행하게 된다.

[0213] 동력분배장치(3)는 엔진(4)과 모터제너레이터(MG1, MG2)에 결합되어, 그들 사이에 전력을 분배하게 된다. 예를 들어, 동력분배장치(3)는 썬기어, 유성기어 및 링기어의 세 회전축을 구비한 유성기어기구로 형성될 수도 있다. 이들 세 회전축은 각각 엔진(4) 및 모터제너레이터(MG1, MG2)의 회전축에 연결된다. 예를 들어, 모터제너레이터(MG1)의 회전자는 중공 구조를 가지며, 이를 통해 엔진(4)의 크랭크축이 동축으로 연장되어, 엔진(4) 및 모터제너레이터(MG1, MG2)가 동력분배장치(3)에 기계적으로 연결될 수 있게 된다.

[0214] 모터제너레이터(MG2)의 회전축은 리덕션기어 및 동작기어(양자 모두 도시안됨)를 통해 구동축(62)에 결합된다. 모터제너레이터(MG2)의 회전축용 리덕션기어들은 동력분배장치(3)에 통합될 수도 있다.

[0215] 모터제너레이터(MG1)는 엔진(4)에 의해 구동되는 발전기로서 그리고 엔진(4)을 기동하기 위한 전동기로서 동작하기 위해 하이브리드자동차(100#)에 통합된다. 모터제너레이터(MG2)는 구동차륜(65)을 구동시키기 위한 모터로서 하이브리드자동차(100#)에 통합된다.

[0216] 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에는 도 1의 AC모터(MG)와 유사하게 전류센서(27) 및 회전각센서(리졸버)(28)가 제공된다. 이들 센서들은 모터제너레이터(MG1)의 모터 전류 MCRT(1) 및 회전자회전각 Θ(1) 뿐만 아니라 모터제너레이터(MG2)의 모터 전류 MCRT(2) 및 회전자회전각 Θ(2)를 검출하고, 그들을 제어장치(50#)에 제공한다.

[0217] 제어장치(50)와 유사하게, 제어장치(50#)는 전압센서(10)에 의해 검출된 DC전원(B)의 DC전압(Vb)의 값과 전압센서(13)에 의해 검출된 시스템 전압(VH)의 값뿐만 아니라 SOC(충전율)와 같은 DC전원(B)에 관한 정보 및 충전 제한을 나타내는 입력가능한 전력량(Win)을 수신한다.

[0218] 또한, 제어장치(50#)는 모터제너레이터(MG1)의 토크지령값 Tqcom(1) 및 그 회생 동작을 나타내는 제어신호 RGE(1) 뿐만 아니라 모터제너레이터(MG2)의 토크지령값 Tqcom(2) 및 그 회생 동작을 나타내는 제어신호 RGE(2)를 수신한다.

[0219] 제어장치(50#)는 모터제너레이터(MG1)를 제어하기 위한 제어장치(50(1)) 및 모터제너레이터(MG2)를 제어하기 위한 제어장치(50(2))를 포함한다. 제어장치(50(1))는 도 1에 도시된 제어장치(50)와 실질적으로 동일한 제어 구조를 가져, 모터제너레이터(MG1)가 지령값들에 따라 동작될 수 있도록 인버터(20)용 스위칭 제어 신호(S11 ~ S16)들을 생성한다. 마찬가지로, 제어장치(50(2))는 제어장치(50)와 실질적으로 동일한 제어 구조를 가져, 모터제너레이터(MG2)가 지령값들에 따라 동작될 수 있도록 인버터(30)용 스위칭 제어 신호(S21 ~ S26)들을 생성한다.

[0220] 도 21에 도시된 모터구동시스템은 복수의 모터제너레이터(MG1, MG2)로부터의 회생 전력이 공통 DC전원(B)으로 공급될 수 있도록 구성된다. 그러므로, 제1 내지 제3실시예와 유사하게 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의

전력 손실을 의도적으로 증가시키기 위해서는, 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)의 전력 밸런스를 모니터링하면서 각각의 모터제너레이터들에 의해 소비될 잉여 전력(즉, 모터손실증가설정값)을 결정할 필요가 있다.

[0221] 도 22는 제4실시예에 따른 모터구동시스템의 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 모터손실증가설정값을 결정하는 방식을 예시한 흐름도이다.

[0222] 도 22를 참조하면, 제어장치(50#)는 단계 S600에서 수학식 1에 따라 각각의 모터제너레이터(AC모터)(MG1, MG2)에서의 입출력 전력 Pmg(1) 및 Pmg(2)를 추정한다. 각각의 입출력 전력 Pmg(1) 및 Pmg(2)는 대응하는 모터제너레이터가 회생 동작(발전)을 수행할 때 양의 값을 가지며, 역행 동작 시에는 음의 값을 가진다.

[0223] 단계 S610에서, 제어장치(50#)는 단계 S600에서 획득한 입출력 전력 Pmg(1) 및 Pmg(2)의 합을 획득하여, 모터제너레이터(MG1, MG2)의 전체 전력 밸런스 Pmg(= Pmg(1) + Pmg(2))를 산출한다. 이에 따라, 모터제너레이터(AC모터)들 중 하나가 역행 동작을 수행하고 있어 전력을 감소시키는 경우에도, 다른 모터제너레이터(AC모터)가 발전하고 있을 때 전체 시스템이 잉여 전력을 생성하고 있는 지의 여부를 모니터링할 수 있게 된다.

[0224] 단계 S620에서, 제어장치(50#)는 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)의 전력 밸런스 Pmg와 모터구동시스템(100#)의 입력측에 대한 회생 전력량 Pin(Pin ≥ 0) 간의 비교를 토대로 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)의 잉여 전력에 대응하는 필요손실증가량(Mlttl)을 설정한다.

[0225] 보다 구체적으로, 단계 S620에서, 필요손실증가량(Mlttl)은 (Pmg ≤ Pin)의 경우에 제로(Mlttl = 0)로 설정되고, (Pmg > Pin)의 경우에는 제로를 초과하도록(Mlttl > 0) 설정된다. 이러한 처리에 있어서, 전체 전력 밸런스 Pmg 또는 회생 전력 Pin에 대한 전체 전력 밸런스 Pmg의 잉여량(Pmg - Pin)에 따라 필요손실증가량(Mlttl)을 설정하는 것이 바람직하다.

[0226] 단계 S620에서, 전체 모터의 필요손실증가량(Mlttl)은 제2실시예와 유사하게 전압센서(13)에 의한 시스템 전압(VH)의 검출값을 추가로 반영하여 결정될 수도 있다. 대안적으로, 필요손실증가량(Mlttl)은 제2실시예의 변형예와 유사하게 운전자가 요구하는 차량의 제동력에 따라 증가될 수도 있다.

[0227] 단계 S630에서, 제어장치(50#)는 필요손실증가량(Mlttl)에서의 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에 의해 소비될 잉여 전력을 설정하고, 따라서 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)가 단계 S620에서 얻어진 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)의 잉여 전력을 소비할 수 있도록 각각의 모터제너레이터들에 대한 손실증가지령을 설정한다.

[0228] 제1수법에서는, 모터손실증가지령이 하기 수학식 4에 따라 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간에 분배될 수 있어, 토크를 직접적으로 출력하기 위한 구동축(62)에 연결되는 모터제너레이터(MG2)의 모터 손실이 우선적으로 증가될 수 있도록 한다.

수학식 4

[0229] Mlcom(1) = 0, 및 Mlcom(2) = Mlttl

[0230] 특히, 필요손실증가량(Mlttl)이 운전자가 요구하는 차량의 제동력에 응답하여 증가되는 경우, 모터제너레이터(MG2)는 우선적으로 모터 손실을 증가시켜, 차량의 감속감이 제2실시예의 변형예와 유사하게 증대될 수 있도록 한다.

[0231] 제2수법으로서, 전체 모터에서의 필요손실증가량(Mlttl)은 수학식 5에 따라 모터제너레이터(MG1, MG2)들 사이에 그것을 분배하도록 결정될 수도 있다.

수학식 5

[0232] Mlcom(1) + Mlcom(2) = Mllttl, Mlcom(1) > 0, 및 Mlcom(2) > 0

[0233] 특히, 이러한 제2수법에 따르면, 모터제너레이터(AC모터)당 소비되는 잉여 전력을 줄일 수 있게 되므로, 최적 효율로부터 손실 증가로 운전 상태를 변경하는 데 필요한 전이 시간의 감소를 예상하고, 토크 변동의 억제를 예상할 수 있게 된다. 또한, 전체 모터구동시스템의 전력 밸런스가 더욱 원활하게 개선될 수 있도록 모터제너레이터당 가열값을 억제할 수 있게 된다. 또한, 단일 모터제너레이터(AC모터)에서의 잉여 전력을 집중적으로 소비하기 위해 전력 손실이 증가되는 경우에 비해, 회생 전력의 억제량이 신뢰성 있게 증가될 수 있다.

[0234] 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)의 모터손실증가설정값 Mlcom(1) 및 Mlcom(2)가 단계 S630에서 결정된 후, 제어장치(50(1))는 토크지령값 Tqcom(1) 및 모터손실증가설정값 Mlcom(1)을 토대로 모터제너레이터(MG1)를 제어한

다. 마찬가지로, 제어장치(50(2))는 토크지령값 Tqcom(2) 및 모터손실증가설정값 Mlcom(2)을 토대로 모터제너레이터(MG2)를 제어한다. 토크지령값 및 모터손실증가설정값에 기초한 제어장치(50(1) 및 50(2))의 제어 동작들은 제1실시예 또는 제3실시예와 연계하여 앞서 기술된 바와 실질적으로 동일하므로, 그 설명을 반복하지는 않기로 한다.

[0235] 상기 실시예에서, 각각의 모터제너레이터는 모터운전상태(즉, 회생 동작 및 역행 동작)에 관계없이 잉여 전력을 소비할 수 있기 때문에, 모터제너레이터들은 전체 모터구동시스템의 잉여 전력을 밸런스가 양호하게 소비할 수 있다. 따라서, 상기 제2수법에 따른 잉여 전력의 분배가 원활하게 실행될 수 있다.

[0236] 본 발명과 제4실시예로 예시된 구조 간의 대응관계는 다음과 같다. 도 21에서, 모터제너레이터(MG1, MG2)는 본 발명의 "복수의 AC모터"에 대응하고, 각각의 인버터(20, 30)는 본 발명의 "모터구동회로"에 대응하며, 각각의 제어장치(50(1) 또는 50(2))는 본 발명의 "모터제어수단"에 대응한다. 도 22의 단계 S620 및 S630은 본 발명의 "분배수단"에 대응한다.

[0237] [제5실시예]

[0238] 제5실시예는 제4실시예와 연계하여 설명되고 모터구동시스템에 채택되는 복수의 AC모터들 간의 소비 잉여 전력을 분배하는 바람직한 방식과 연계하여 설명하기로 한다.

[0239] 이하, 제5실시예를 도 21에 도시된 모터구동시스템의 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간의 소비 잉여 전력의 바람직한 분배와 연계하여 설명하기로 한다. 후술하는 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간의 소비 잉여 전력을 분배하는 분배 수법은 도 22에 도시된 각각의 모터제너레이터의 모터손실증가설정값을 결정하는 방식으로 단계 S630에서의 처리에 대응하는 서브루틴으로서 제어장치(50#)에 의해 실행된다.

[0240] (소비가능한 잉여 전력에 기초한 분배)

[0241] 우선 도 23을 참조하여, 각각의 모터제너레이터용 소비가능한 잉여 전력의 범위 내에서 모터손실증가설정값을 결정하는 수법(제1예시)을 설명하기로 한다.

[0242] 도 23을 참조하면, 제어장치(50#)는 단계 S700에서 현재 운전 상태를 토대로, 구체적으로는 전류동작점(토크 및 전류위상)을 토대로, 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)용 현재 소비가능한 잉여 전력의 최대값인 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 또는 Pmax2를 산출한다.

[0243] 이하, 도 24를 참조하여 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2를 산출하는 수법을 설명한다.

[0244] 도 24는 도 3과 유사하게 전류위상-토크특성을 예시한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 각각의 모터제너레이터(MG)(이는 일반적으로 모터제너레이터(MG1, MG2)를 나타냄, 이하 동일)는 전류위상-출력특성에 따라 모터구동효율을 낮추기 위해 전류동작점을 변경하여 잉여 전력을 소비한다.

[0245] 도 24에서, P1, P2 및 P3(P1 < P2 < P3)은 각각 손실특성라인(CL1, CL2, CL3) 상의 전류동작점에서의 소비가능한 잉여 전력을 나타낸다고 가정한다. 출력 토크가 Ta와 같으면, 소비가능한 잉여 전력은 전류위상의 변화에 따라 P3을 초과한다. 출력 토크가 Tb와 같으면(Tb > Ta), 소비가능한 잉여 전력의 최대값은 전류위상의 변화에 따라 P3와 같다. 마찬가지로, 출력 토크가 Tc와 같으면(Tc > Tb), 소비가능한 잉여 전력의 최대값이 전류위상의 변화에 따라 P2와 같다. 출력 토크가 Td와 같으면(Td > Tc), 소비가능한 잉여 전력의 최대값은 전류위상의 변화에 따라 P1과 같다.

[0246] 상술된 바와 같이, 현재 소비가능한 잉여 전력은 각각의 모터제너레이터(MG)의 운전 상태에 따라 변하는 데, 구체적으로는 소비가능한 잉여 전력이 출력 토크의 상대적인 증가와 함께 감소한다. 그러므로, 도 24에 예시된 특성라인에 따르면, 각각의 전류동작점에서의 소비가능한 잉여 전력 Pmax(이는 일반적으로 Pmax1 및/또는 Pmax2를 나타냄, 이하 동일)가 각각의 모터제너레이터(MG)에 대해 설정되는 테이블을 사전에 미리 준비할 수 있게 된다.

[0247] 예를 들어, 각각의 부분들이 도 4에 예시된 전류지령값(Idcom, Iqcom)의 테이블의 것과 유사하고, 테이블 값이 소비가능한 잉여 전력 Pmax를 나타내는 테이블을 준비할 수 있게 된다. 단계 S700에서의 처리에 따르면, 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2는 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에 대한 현재 전류동작점을 토대로 상기 테이블을 참조하여 산출될 수 있다.

[0248] 도 23을 참조하면, 단계 S710에서, 제어장치(50#)는 단계 S700에서 얻어진 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2의 범위 내에서 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 손실증가지령 Mlcom(1) 및 Mlcom(2)를 각각 결정한다. 따라서, 모터제너레이터(MG1, MG2)에 대한 손실증가지령들은 하기 수학식 6에 따라 결정된다.

수학식 6

[0249] $Mlcom(1) \leq Pmax1$, 및 $Mlcom(2) \leq Pmax2$

[0250] 이러한 제어 구조를 채택하면, 소비가능한 범위 내의 잉여 전력들이 각각의 모터제너레이터들에 분배될 수 있어, 복수의 모터제너레이터가 각각의 모터제너레이터의 운전 상태(회생 동작 및 역행 동작 모두에서)에 따라 복수의 모터제너레이터들 간의 밸런스를 유지하도록 잉여 전력을 소비할 수 있게 된다.

[0251] 도 21에 도시된 하이브리드자동차(100#)에서는, 모터제너레이터(MG2)의 출력이 구동차륜(65)의 구동력을 제공하지만, 발전기로서 동작하는 모터제너레이터(MG)의 출력은 구동차륜(65)에 직접 사용되지 않는다. 그러므로, "구동모터"를 형성하는 모터제너레이터(MG2)의 출력 변동은 차량의 운전성에 직접적으로 영향을 미치지만, 모터제너레이터(MG1)의 출력 변동은 차량의 운전성에 직접적으로 영향을 미치지 못한다. 이러한 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간의 기능 차이를 고려하여, 모터 전류를 변화시키는 잉여 전력을 소비하는 동작은 가능한 한 모터제너레이터(MG1)(즉, 차륜 비구동용 모터)를 이용하여 실행되는 것이 바람직하다. 따라서, 전체 잉여 전력이 우선적으로 모터제너레이터(MG1)에 의해 소비되는 분배 수법은 본 발명의 실시예에 따라 잉여 전력을 소비하는 동작이 차량의 구동에 영향을 미칠 가능성을 억제할 수 있다.

[0252] 그러므로, 단계 S710에서 각각의 모터제너레이터들의 손실증가처리의 설정은 도 25에 예시된 바와 같이 잉여 전력을 소비하기 위해 모터제너레이터들에 할당되는 우선순위를 포함할 수도 있다.

[0253] 도 25를 참조하면, 도 23에 예시된 단계 S710에서의 처리는 단계 S720 ~ S740으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0254] 단계 S720에서, 제어장치(50#)는 전체 모터제너레이터(MG1, MG2)의 잉여 전력에 대응하는 출력손실증가량(Mlttl)을 단계 S700(도 23)에서 획득한 소비가능한 전력 Pmax1, 즉 일차적으로 동작될 모터제너레이터(MG1)의 소비가능한 전력 Pmax1과 비교하여 잉여 전력을 소비하게 된다.

[0255] ($Mlttl \leq Pmax1$)이 충족되면(단계 S720에서 YES), 모터제너레이터(MG1)는 전체 잉여 전력(Mlttl)을 소비할 수 있어, 제어장치(50#)가 하기 수학식 7에 따라 소비 잉여 전력을 분배하여 AC모터(MG1)에 의해서만 잉여 전력을 소비하도록 한다.

수학식 7

[0256] $Mlcom(1) = Mlttl$, 및 $Mlcom(2) = 0$

[0257] 이와는 달리, ($Mlttl > Pmax1$)이 충족되면(단계 S720에서 NO), 잉여 전력을 일차적으로 소비하도록 동작될 모터제너레이터(MG1)가 전체 잉여 전력을 소비할 수 없게 되어, 다른 모터제너레이터(MG2)가 잉여 전력을 소비하는데 추가적으로 사용되어야만 한다. 그러므로, 제어장치(50#)는 단계 S740에서 하기 수학식 8에 따라 소비 잉여 전력을 분배한다.

수학식 8

[0258] $Mlcom(1) = Pmax1$, 및 $Mlcom(2) = Mlttl - Pmax1$

[0259] (여기서, $Mlcom(2) \leq Pmax \times 2$)

[0260] 도 25에 도시된 제어 구조로 인하여, 상기 시스템이 하이브리드자동차에 채택되면, 모터제너레이터에서의 잉여 전력 소비 동작이 차량 운전성에 영향을 미칠 가능성을 억제할 수 있다.

[0261] (모터 온도 모니터링에 기초한 분배)

[0262] 앞서 기술한 바와 같이, 각각의 모터제너레이터(MG)에서 잉여 전력을 소비하는 동작은 모터구동효율을 저하시켜, 모터들로부터의 발열을 초래하게 된다. 그러므로, 잉여 전력의 소비량 및 소비 동작 시간이 증가하면, 모터 내부에 발생되는 열이 증가하여 모터 온도를 과도하게 상승시킬 수 있게 된다. 특히, 회전자에 부착된 영구자석을 구비한 영구자석모터에서는, 영구자석의 자력이 온도 상승에 기인하는 감자 현상(demagnetization phenomenon)으로 인하여 현저하게 낮아지는 경우, 모터가 정확하게 운전되지 못할 수도 있다. 그러므로, 잉여 전력 소비 동작이 실행되고 있는 경우에는, 모터 특성의 저하와 소자 보호의 관점에서 문제점들을 야기하는 온도 범위로 모터 온도가 진입할 수 없도록 또다른 타입의 모터를 포함하는 모터들이 모니터링되어야만 한다.

[0263] 도 26은 모터 온도를 반영하는 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 모터손실증가설정값을 결정하는 수법(제2예시)을 보여준다.

[0264] 도 26을 참조하면, 제어장치(50#)는 모터제너레이터(MG1)의 모터 온도 T(1) 또는 모터제너레이터의 모터 온도 T(2)가 판정 온도 Tjd 보다 높은 지의 여부를 단계 S750에서 판정한다.

[0265] 도 27에 도시된 모터제너레이터(MG1, MG2)에 배치된 온도센서(29)는 각각 모터 온도 T(1) 및 T(2)를 검출한다. 상기 모터 내부의 온도를 측정하기 위하여, 특별히 영구자석모터용 온도센서(29)는 회전자 온도가 검출될 수 있는 위치에 배치된다. 따라서, 모터제너레이터(AC모터)의 특성과 타입을 고려하여, 온도가 모터 특성에 따라 최고로 상승하는 경향이 있는 위치에 온도센서(29)가 배치되는 것이 바람직하다. 거기에 부가된 온도센서(29) 이외의 도 27의 구조들은 도 21에 도시된 모터구동시스템의 것과 실질적으로 동일하므로, 그 설명은 반복하지 않기로 한다.

[0266] 도 26을 다시 참조하면, 단계 S750에서의 판정 온도 Tjd는 모터 특성의 변화를 야기하는 온도에 대한 마진을 제공함으로써 시스템에 사용되는 모터제너레이터(AC모터)의 특성에 따라 상대적으로 낮게 설정된다.

[0267] 두 모터 온도 T(1) 및 T(2)가 판정 온도 Tjd 보다 낮으면(단계 S750에서 NO), 제어장치(50#)는 도 23 및 도 25의 것과 유사한 단계 S700 및 S710에서의 처리를 수행하여, 각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 소비가능한 잉여 전력을 고려하여, 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간에 소비 잉여 전력을 분배하게 된다.

[0268] 이와는 대조적으로, 모터 온도 T(1) 및 T(2) 중 하나가 판정 온도 Tjd 이상이면(단계 S750에서 YES), 제어장치(50#)는 모터 온도가 판정 온도 Tjd 이상인 모터제너레이터(MG)(이는 일반적으로 모터제너레이터(MG1, MG2)를 나타냄, 이하 동일)에서의 손실증가지령(Mlcom)을 제로로 설정한다(Mlcom = 0).

[0269] 또한, 단계 S770에서, 제어장치(50#)는 모터 온도가 판정 온도 Tjd 보다 낮은 모터제너레이터(MG)에 대한 도 23의 단계 S700의 것과 유사한 처리를 수행하고, 보다 구체적으로는 현재 동작 시점에서의 소비가능한 잉여 전력 Pmax를 산출한다. 또한, 단계 S780에서, 제어장치(50#)는 단계 S770에서 얻어진 소비가능한 잉여 전력의 범위 내에서 (Mlcom ≤ Pmax)의 관계를 충족하도록 모터제너레이터(MG)에서의 손실증가지령(Mlcom)을 설정한다.

[0270] 이러한 제어 구조는 잉여 전력 소비에 의해 발생되는 모터제너레이터의 온도 상승을 연속해서 모니터링할 수 있어, 모터 특성의 변화를 야기하는 고온 범위 내로 모터 온도를 상승시킬 수도 있는 잉여 전력 소비 동작을 피할 수 있게 된다. 이에 따라, 잉여 전력을 소비하는 동작이 모터 운전의 안정성을 회피하면서도 수행될 수 있다.

[0271] 또한, 모터 온도의 잉여 전력 소비 동작을 반영하는 관점에서, 각각의 모터제너레이터에서의 소비가능한 잉여 전력 Pmax의 산출(도 23의 단계 S700 등) 시에 모터 온도를 반영할 수 있게 된다. 예를 들어, 소비가능한 잉여 전력 Pmax는 판정 온도 Tjd에 대한 모터 온도 T(1) 및 T(2)의 마진의 감소에 따라 원래값보다 낮게 설정될 수 있다.

[0272] (잉여 전력 소비에 필요한 시간을 고려한 분배 수법)

[0273] 도 3 등을 참조하여 앞서 기술된 바와 같이, 상기 실시예에 따른 잉여 전력 소비 동작은 전류동작점을 변화시켜 실행된다. 이러한 전류동작점의 변화는 전류지령값(Idcom, Iqcom)을 필연적으로 변화시킨다. 하지만, 모터 전류가 단시간 내에 현저하게 변하는 경우, 제어성이 악화된다. 그러므로, 제어 안정성을 고려하여, 전류지령값의 변화율(단위시간당 변화량)에 대해 소정의 제한값이 일반적으로 채택된다. 예를 들어, 도 2의 전류지령생성부(210)는 소정값의 사이클로 전류지령생성동작을 실행하지만, 전류지령이 생성될 때 최종 전류지령값으로부터의 전류지령값의 변화량이 소정값 이하로 제한된다.

[0274] 도 28은 잉여 전력을 소비하는 데 필요한 시간을 고려하여 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 모터손실증가설정값을 결정하는 수법(제3예시)을 예시한다.

[0275] 도 28을 참조하면, 제어장치(50#)는 단계 S800에서, 모터제너레이터(MG1, MG2)에 대한 현재 운전 상태에서, 구체적으로는 현재 전류 상태에서 소정의 시간 내에 증가가 허용되는 소비 잉여 전력 Ptm1 및 Ptm2를 각각 산출한다.

[0276] 도 29에 도시된 바와 같이, 전류지령값이 크게 변화되면, 앞서 기술된 모터 제어 안정성의 관점으로부터 원하는 전류지령값을 즉시 얻을 수 있게 되고, 원하는 전류동작점에 대한 값을 변경하는 데 소정의 시간이 필요할 수도 있다.

[0277] 도 29는 예시의 방법을 통하여, 손실(잉여 전력 소비)을 증가시키기 위해 전류동작점이 현재(시각 t0) 전류동작

점 P1o에서 전류동작점 P1a로 변화할 때 수행되는 제어 동작을 예시한다. 이러한 동작에서, 전류지령값(Idcom 또는 Iqcom)은 P1o에서 P1a로의 전류동작점의 변화에 따라 Io에서 Ia로 변화한다고 가정한다.

[0278] 하지만, 각각의 제어 기간 Tc 동안 전류지령값의 변화제한값 Ivmax이 있다. 그러므로, ((Ia - Io) > Ivmax)의 경우에는, 전류동작점을 차기 제어 주기에서 원하는 위치로 즉시 변화시키는 전류지령을 생성하는 것이 불가능하게 되며, 전류동작점을 점진적으로 변화시킬 필요가 있다.

[0279] 그러므로, 전류동작점 P1o 및 P1a 간의 전류지령값에 큰 차이가 존재하면, 현재 전류동작점으로부터 원하는 잉여 전력 소비를 위해 설정될 전류동작점으로의 변화를 위해 상대적으로 긴 기간이 필요하다(즉, 시각 t0과 t1 사이).

[0280] 다시 말해, 소정의 시간 내에 각각의 전류동작점에서 증가가 허용되는 소비 잉여 전력은 전류지령값의 변화제한값 Ivmax를 반영하면서, 사전에 미리 얻어지는 전류지령값 테이블(도 4)의 값을 토대로 산출될 수 있다.

[0281] 그러므로, 도 30에 예시된 바와 같이, 각각의 전류동작점에 대한 소정의 시간 내에 증가가능한 소비 잉여 전력에 대해 참조가 이루어지는 테이블을 사전에 미리 준비할 수 있게 된다. 도 28의 단계 S800에서의 처리에 따르면, 도 30의 테이블에 대해 참조가 이루어져, 현재 운전 상태(전류동작점)에서의 소정의 시간 내에 증가가 허용되는 소비 잉여 전력 Ptm1 및 Ptm2가 각각 모터제너레이터(MG1, MG2)에 대해 결정될 수 있게 된다.

[0282] 도 28을 다시 참조하면, 제어장치(50#)는 단계 S810에서, 단계 S800에서 획득한 Ptm1 및 Ptm2의 범위 내에서 모터제너레이터(MG1, MG2)에서의 손실증가지령 Mlcom(1) 및 Mlcom(2)를 결정한다.

[0283] 상술된 제어 구조에 따르면, 소정의 시간 내에 증가를 허용하는 범위 이내의 잉여 전력은 각각의 모터제너레이터들로 분배될 수 있다. 그러므로, 전체 시스템의 잉여 전력은 각각의 모터제너레이터의 운전 상태(회생 동작 및 역행 동작 양자 모두)에 따라 단시간 내에 소비될 수 있다.

[0284] 단계 S810에서의 처리는 도 31에 예시된 바와 같이 모터제너레이터들에 도 25의 것과 유사한 우선순위를 할당함으로써 소비 잉여 전력을 분배하는 제어 구조를 가질 수도 있다.

[0285] 도 31을 참조하면, 도 28에 도시된 단계 S810에서의 처리는 단계 S820 ~ S840으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0286] 단계 S820에서, 제어장치(50#)는 모터제너레이터(MG1, MG2)의 잉여 전력에 대응하는 출력손실증가량(Mlttl)을 단계 S800(도 28)에서 얻어지는 그리고 일차적으로 동작될 모터제너레이터(MG1)의 소정의 시간 내에 증가가능한 소비 잉여 전력 Ptm1과 비교하여 잉여 전력을 소비하게 된다.

[0287] (Mlttl ≤ Ptm1)의 경우에는(단계 S820에서 YES), 모터제너레이터(MG1)가 소정의 시간 내에 전체 잉여 전력 Mlttl을 소비할 수 있다. 그러므로, 제어장치(50#)는 단계 S830에서 하기 수학식 9에 따라 모터제너레이터(MG1)에 의해서만 잉여 전력을 소비하도록 소비 잉여 전력을 분배한다.

수학식 9

[0288] Mlcom(1) = Mlttl, 및 Mlcom(2) = 0

[0289] 이와는 대조적으로, (Mlttl > Ptm1)의 경우에는(단계 S820에서 NO), 잉여 전력을 소비하도록 일차적으로 동작될 모터제너레이터(MG1)에 의해서만 소정의 시간 이내에 전체 잉여 전력을 소비하는 것이 불가능하다. 그러므로, 타 모터제너레이터(MG2)가 잉여 전력을 소비하기 위해 추가로 사용되어야만 한다. 그러므로, 제어장치(50#)는 하기 수학식 10에 따라 소비 잉여 전력을 분배한다.

수학식 10

[0290] Mlcom(1) = Ptm1, 및 Mlcom(2) = Mlttl - Ptm1

[0291] (여기서, Mlcom(2) ≤ Ptm2)

[0292] 도 31에 도시된 제어 구조를 하이브리드자동차에 채택함으로써, 도 25의 구조와 유사하게 모터제너레이터들의 잉여 전력 소비 동작이 차량의 주행성에 영향을 미칠 가능성을 억제할 수 있게 된다.

[0293] 물론, 소정의 시간(도 28 및 도 31 참조) 내에 증가가 허용되는 소비 잉여 전력 Ptm1 및 Ptm2는 각각 도 23에 예시된 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2 이하이다(Ptm1 ≤ Pmax1, Ptm2 ≤ Pmax2).

[0294] 그러므로, 도 26의 흐름도에서는, 도 28 또는 도 31의 단계 S800 및 S810이 단계 S700 및 S710 대신에 실행될

수도 있고, 단계 S800 및 S810의 것과 유사한 추가 처리가 단계 S770 및 S780 대신에 수행될 수도 있어, 모터제너레이터(MG1, MG2)들 간의 소비 잉여 전력의 밸런스를 유지하고, 모터 온도의 과도한 상승을 모니터링하면서도, 단시간 내에 전체 잉여 전력을 소비할 수 있는 제어 구조를 제공할 수 있게 된다.

[0295] 본 발명과 제5실시예로 예시된 구조 간의 대응관계는 다음과 같다. 도 23의 단계 S700 및 도 28의 단계 S800은 본 발명의 "상한설정수단"에 대응하고, 도 23의 단계 S710, 도 26의 단계 S750 ~ S780 및 도 28의 단계 S810은 본 발명의 "분배결정수단"에 대응한다.

[0296] 제4실시예 및 제5실시예에서는, 모터제너레이터(MG1, MG2)가 제공된 하이브리드자동차용 모터구동시스템이 통상적인 예시로 기술되어 있다. 하지만, 이러한 타입의 모터구동시스템의 모터제너레이터(AC모터)의 수가 2개로 제한되는 것은 아니다. 임의의 개수의 모터제너레이터(AC모터)가 제공된 모터구동시스템에 있어서, 제5실시예와 유사하게 각각의 모터제너레이터(AC모터)의 모터 온도뿐만 아니라 소정의 시간 내에 증가가 허용되는 소비 잉여 전력 또는 운전 상태에 대응하는 소비가능한 잉여 전력을 반영하는 소비 잉여 전력의 분배를 실행할 수 있게 된다.

[0297] 본 발명의 실시예들로서, 하이브리드자동차 또는 전기자동차에 배치된 모터구동시스템이 예시의 방법을 통해 기술되었지만, 본 발명이 이들의 경우들로 제한되는 것은 아니다. 따라서, 본 발명에 따른 모터구동시스템은 구동제어를 행하는 AC모터들의 수를 제한하지 않으면서도, 모터 전류의 피드백 제어에 의해 출력이 제어되는 AC모터를 포함하는 모터구동시스템에 적용될 수 있다. 특히, 본 발명은 모터 전류의 크기와 위상을 변화시켜 출력 토크의 가변 제어를 수행하도록 구성되는 영구자석모터 또는 릴럭턴스(reluctance) 모터와 같은 AC모터가 제공된 모터구동시스템에 적절하게 적용된다.

[0298] 지금까지 본 발명을 상세히 기술 및 예시하였지만, 이는 단지 예시적인 것일 뿐 제한하려는 것이 결코 아니며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위에 의해 해석된다는 것은 자명하다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모터구동시스템의 전체 구조를 도시한 도면;

[0036] 도 2는 도 1에 도시된 AC 모터의 모터전류제어를 예시한 블록도;

[0037] 도 3은 도 1에 도시된 AC 모터 MG의 출력 토크와 모터전류위상 간의 관계를 예시한 개념도;

[0038] 도 4는 토크지령값 및 모터손실증가설정값에 따라 모터전류지령값을 설정하기 위한 테이블의 구성예를 예시한 도면;

[0039] 도 5는 도 3의 전류위상-출력토크특성도에 대응하는 전류동작점의 설정을 예시한 도면;

[0040] 도 6은 제1실시예에 따른 모터구동시스템에서의 전류제어지령값에 대한 결정 루틴을 예시한 흐름도;

[0041] 도 7은 제2실시예에 따른 모터손실증가설정부에 대한 입력 정보를 예시한 도면;

[0042] 도 8은 제2실시예의 제1예시에 따른 모터손실증가설정부의 동작을 예시한 흐름도;

[0043] 도 9는 제2실시예의 제2예시에 따른 모터손실증가설정부의 동작을 예시한 흐름도;

[0044] 도 10은 제2실시예의 제3예시에 따른 모터손실증가설정부의 동작을 예시한 흐름도;

[0045] 도 11은 제2실시예의 변형예에 따른 모터손실증가설정부에 대한 입력 정보를 예시한 도면;

[0046] 도 12는 제2실시예의 변형예에 따른 모터손실증가설정부의 동작을 예시한 흐름도;

[0047] 도 13은 제3실시예에 따른 모터구동시스템에 사용된 제어방식을 예시한 도면;

[0048] 도 14는 제3실시예에 따른 모터구동시스템의 제어방식을 선택하는 방법을 예시한 흐름도;

[0049] 도 15는 제3실시예에 따른 모터구동시스템에서의 모터 조건들에 대응하여 제어방식의 전환을 예시한 도면;

[0050] 도 16은 제3실시예에 따른 모터구동시스템에 사용된 직사각형파전압제어방식을 예시한 블록도;

[0051] 도 17은 직사각형파전압제어방식에서의 출력토크제어를 예시한 도면;

[0052] 도 18은 직사각형파전압제어방식에서의 전류동작점들을 예시한 개념도;

[0053] 도 19는 직사각형파전압제어방식이 적용될 운전 영역에서 모터전류제어의 적용 수법을 예시한 개념도;

[0054] 도 20은 제3실시예에 따른 모터구동제어시스템의 모터제어방식을 예시한 흐름도;

[0055] 도 21은 본 발명의 제4실시예에 따른 모터구동시스템의 전체 구조를 도시한 도면;

[0056] 도 22는 제4실시예에 따른 모터구동시스템에서의 각각의 모터제너레이터의 모터손실증가설정값의 결정 수법을 예시한 흐름도;

[0057] 도 23은 제5실시예에 따른 모터제너레이터들 간의 소비 잉여 전력 분배의 제1예시를 예시한 흐름도;

[0058] 도 24는 각각의 모터제너레이터의 소비가능한 잉여 전력의 산출 수법을 예시한 개념도;

[0059] 도 25는 도 23에 예시된 소비 잉여 전력 분배를 위한 바람직한 제어 구조를 예시한 흐름도;

[0060] 도 26은 제5실시예에 따른 모터제너레이터들 간의 소비 잉여 전력 분배의 제2예시를 예시한 흐름도;

[0061] 도 27은 도 21의 구조를 갖고 온도센서가 부가적으로 제공된 모터구동시스템의 전체 구조를 도시한 도면;

[0062] 도 28은 제5실시예에 따른 모터제너레이터들 간의 소비 잉여 전력 분배의 제3예시를 예시한 흐름도;

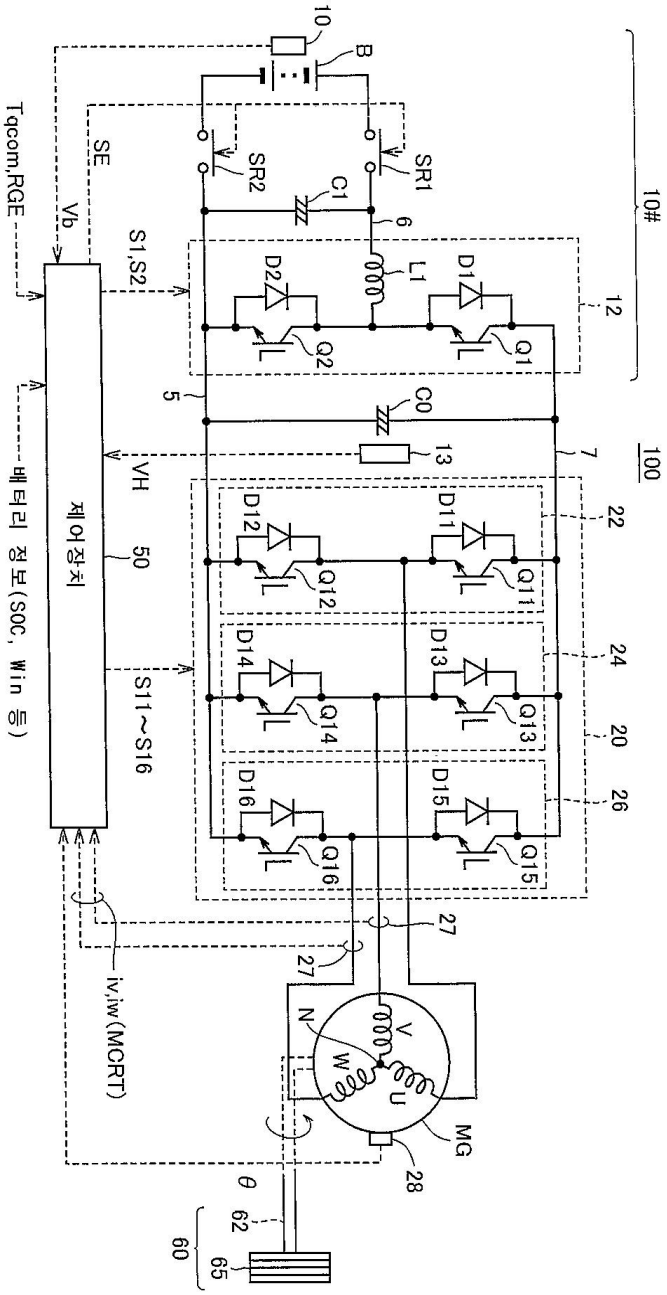
[0063] 도 29는 잉여 전력 소비 동작에 따른 전류지령값의 변경에 필요한 시간을 예시한 개념도;

[0064] 도 30은 각각의 모터제너레이터에 의해 소정 시간 내에 증가될 수 있는 소비 잉여 전력을 얻기 위한 테이블의 구조예를 예시한 도면; 및

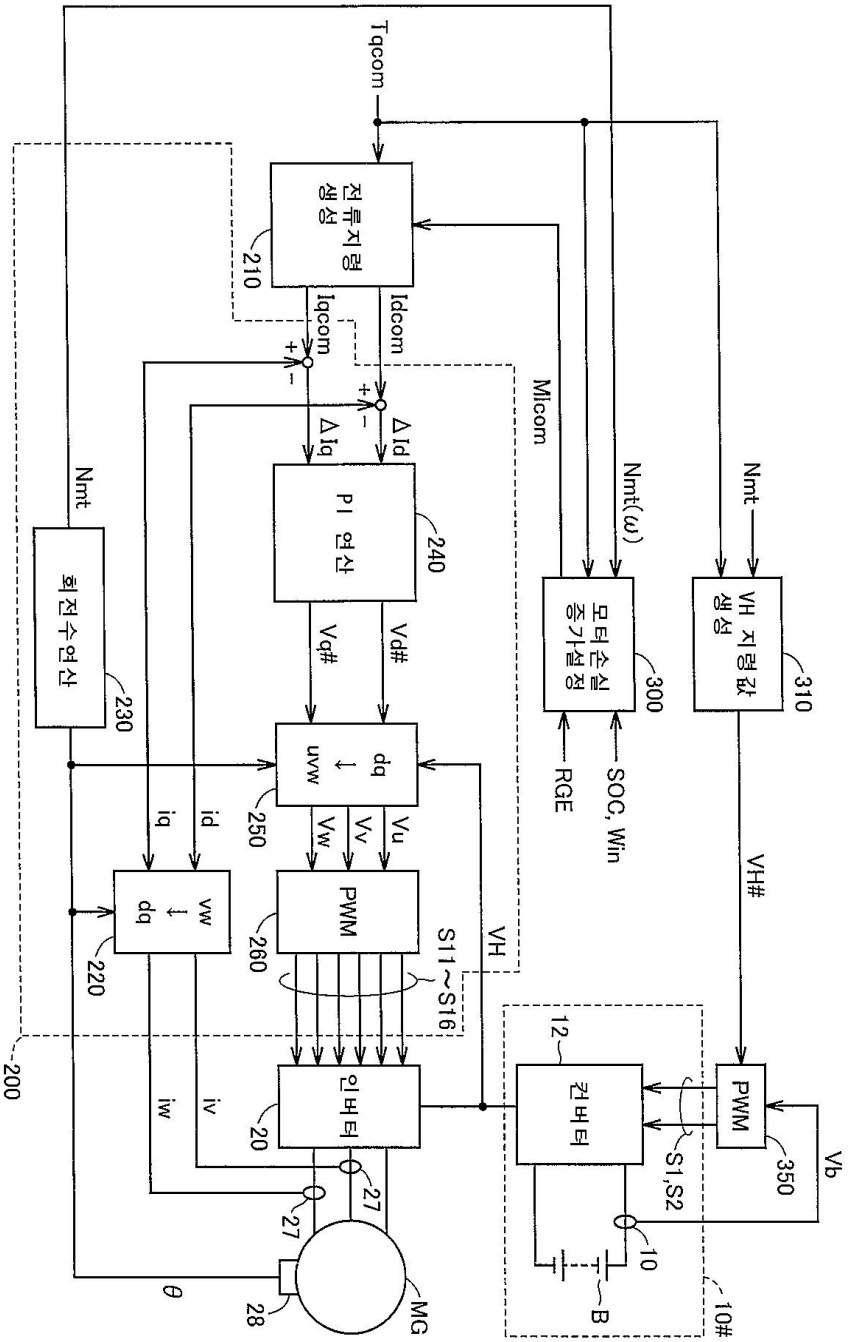
[0065] 도 31은 도 28에 예시된 소비 잉여 전력 분배를 위한 더욱 바람직한 제어 구조를 예시한 흐름도이다.

도면

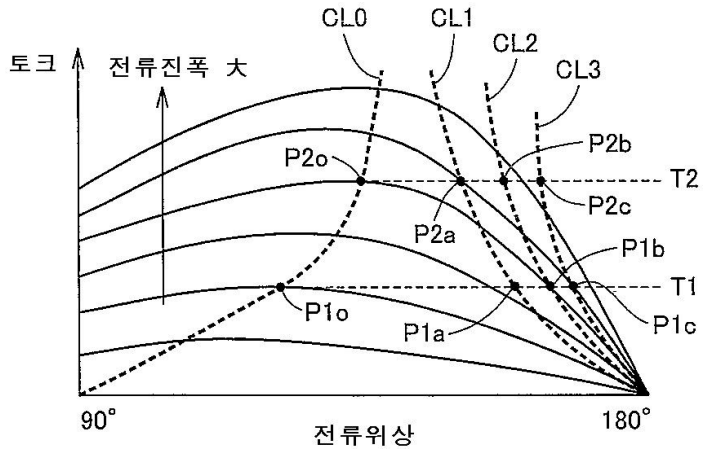
도면1


10
B
SR1
SR2
C1
6
10#
12
L1
D1
D2
Q1
Q2
5
C0
13
7
100
VH
22
D11
D12
Q11
Q12
24
D13
D14
Q13
Q14
20
26
D15
D16
Q15
Q16
27
27
N
V
W
U
MG
28
θ
62
60
65
iv,iw(MCRT)
S11~S16
제어장치
50
S1,S2
SE
Vb
Tqcom,RGE
배터리 정보(SOC, Win 등)

도면2


Tqcom
전류지령 생성
210
Idcom
Iqcom
Micom
Nmt(ω)
Nmt
모터 손실 등가설정
300
VH 지령값 생성
310
ΔId
ΔIq
PI 연산
240
Vd#
Vq#
회전수 연산
230
RGE
SOC, Win
VH#
dq
↓
uvw
250
Vu
Vv
Vw
id
iq
vw
↓
dq
220
PWM
260
S11~S16
VH
200
인버터
20
iu
iv
iw
27
28
θ
MG
12
컨버터
S1,S2
PWM
350
Vb
10
B
10#

도면3

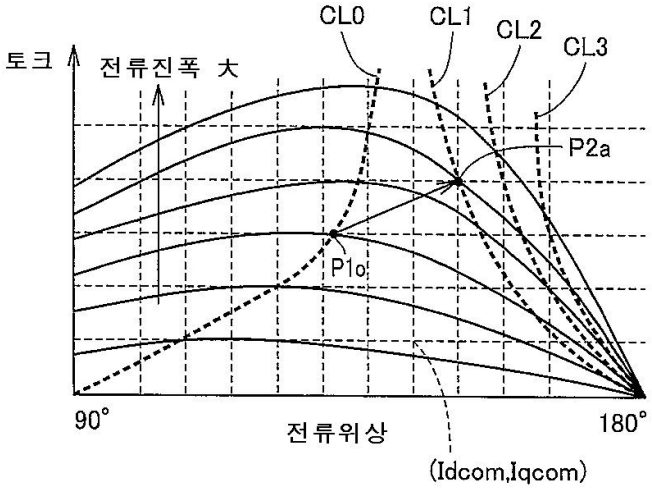


도면4

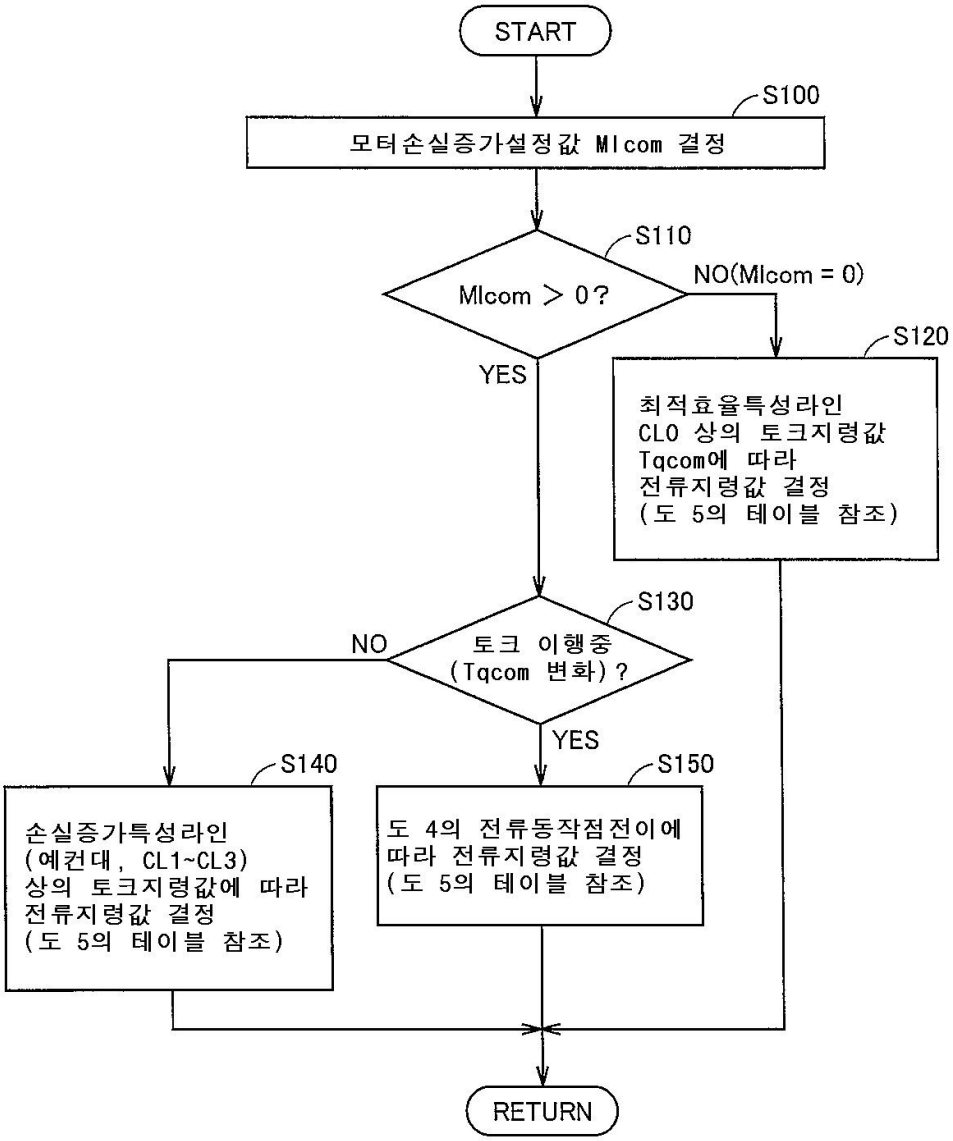
TBL

토크지령값 Trqcom	모터손실증가설정값 MIcom			
	0	L1	L2	L3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T2	(Idcom,Iqcom) ← P2o	(Idcom,Iqcom) ← P2a	(Idcom,Iqcom) ← P2b	(Idcom,Iqcom) ← P2c
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T1	(Idcom,Iqcom) ← P1o	(Idcom,Iqcom) ← P1a	(Idcom,Iqcom) ← P1b	(Idcom,Iqcom) ← P1c
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

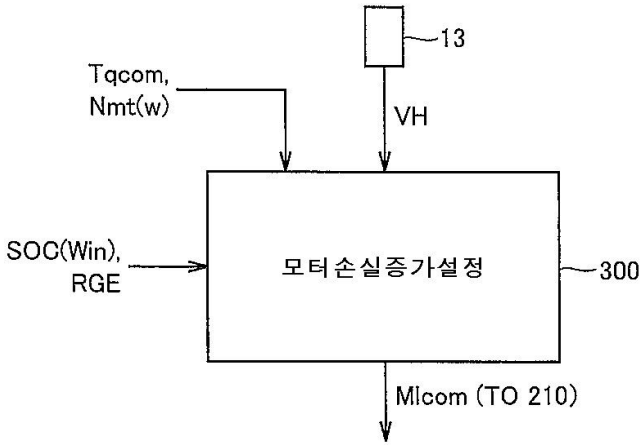
도면5


CL0
CL1
CL2
CL3
토크
전류진폭 大
P2a
P1o
90°
전류위상
180°
(Idcom,Iqcom)

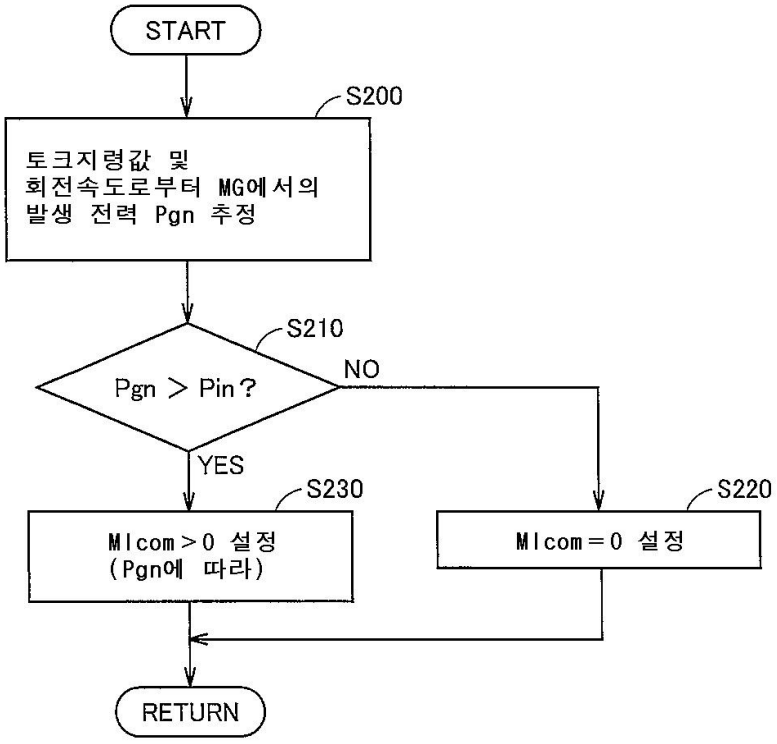
도면6


START
S100
모터손실증가설정값 MIcom 결정
S110
MIcom > 0?
NO(MIcom = 0)
S120
YES
최적효율특성라인
CL0 상의 토크지령값
Tqcom에 따라
전류지령값 결정
(도 5의 테이블 참조)
S130
NO
토크 이행중
(Tqcom 변화)?
YES
S140
S150
손실증가특성라인
(예컨대, CL1~CL3)
상의 토크지령값에 따라
전류지령값 결정
(도 5의 테이블 참조)
도 4의 전류동작점전이에
따라 전류지령값 결정
(도 5의 테이블 참조)
RETURN

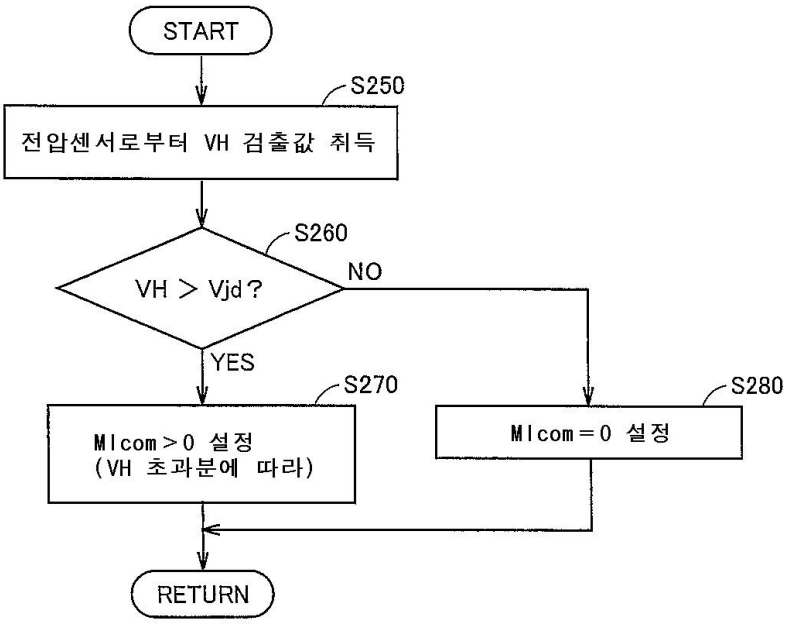
도면7


13
Tqcom,
Nmt(w)
VH
SOC(Win),
RGE
모터손실증가설정
300
Mlcom (TO 210)

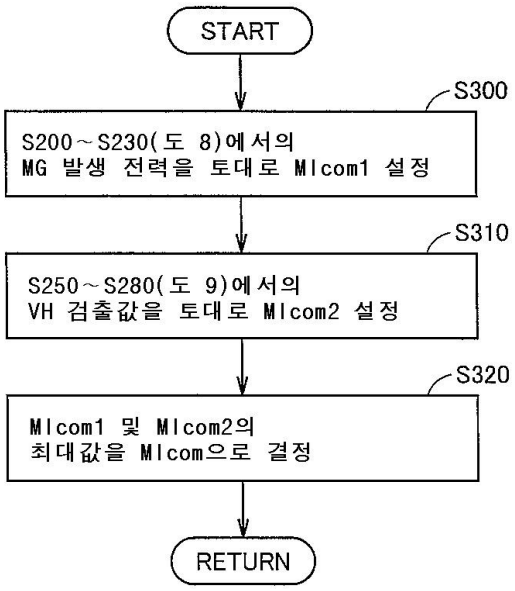
도면8


START
S200
토크지령값 및
회전속도로부터 MG에서의
발생 전력 Pgn 추정
S210
Pgn > Pin?
NO
YES
S230
Mlcom>0 설정
(Pgn에 따라)
S220
Mlcom=0 설정
RETURN

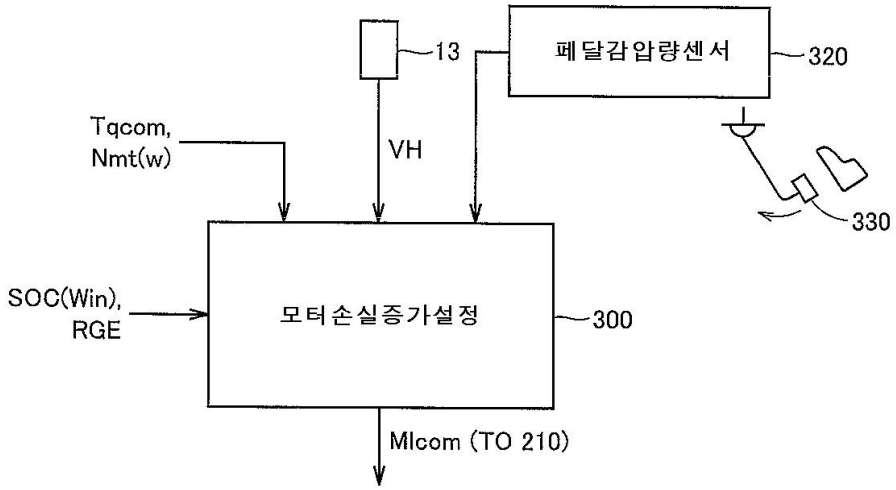
도면9


START
S250
전압센서로부터 VH 검출값 취득
S260
VH > Vjd?
NO
YES
S270
Mlcom > 0 설정
(VH 초과분에 따라)
S280
Mlcom = 0 설정
RETURN

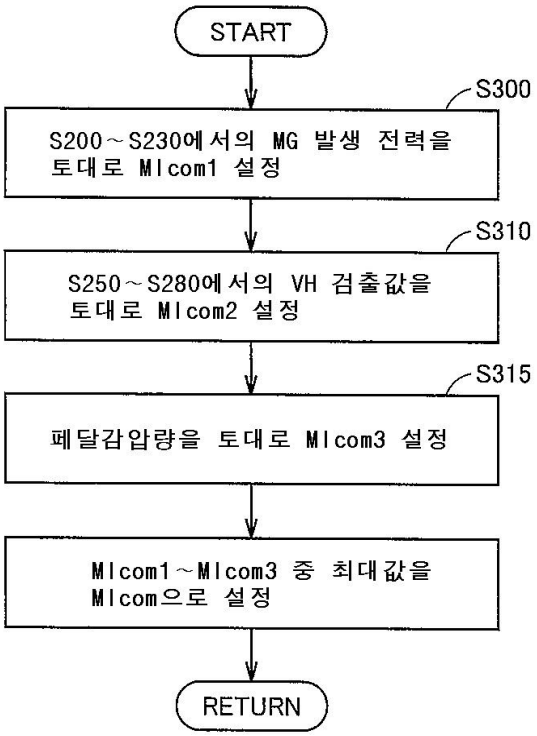
도면10


START
S300
S200~S230(도 8)에서의
MG 발생 전력을 토대로 Mlcom1 설정
S310
S250~S280(도 9)에서의
VH 검출값을 토대로 Mlcom2 설정
S320
Mlcom1 및 Mlcom2의
최대값을 Mlcom으로 결정
RETURN

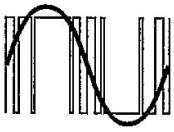
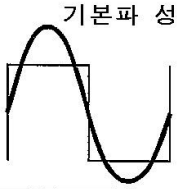
도면11


13
페달감압량센서
320
Tqcom,
Nmt(w)
VH
330
SOC(Win),
RGE
모터손실증가설정
300
Mlcom (TO 210)

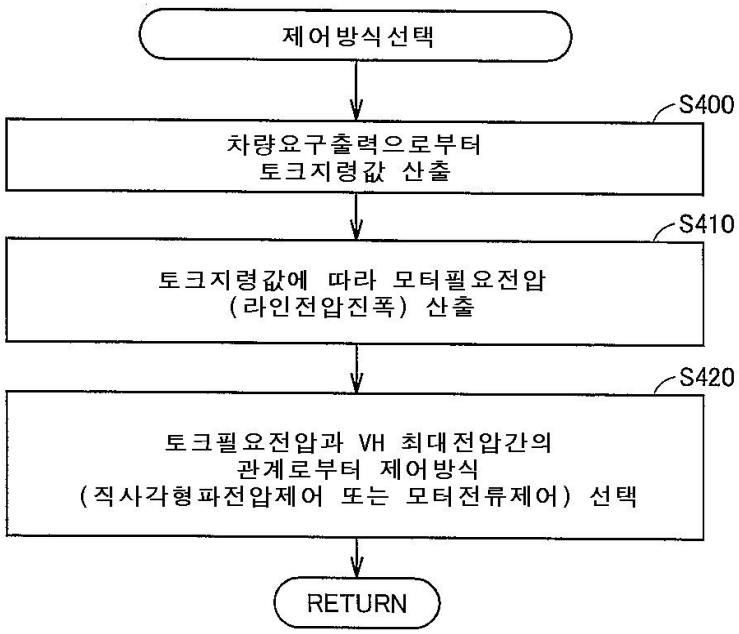
도면12


START
S300
S200~S230에서의 MG 발생 전력을
토대로 Mlcom1 설정
S310
S250~S280에서의 VH 검출값을
토대로 Mlcom2 설정
S315
페달감압량을 토대로 Mlcom3 설정
Mlcom1~Mlcom3 중 최대값을
Mlcom으로 설정
RETURN

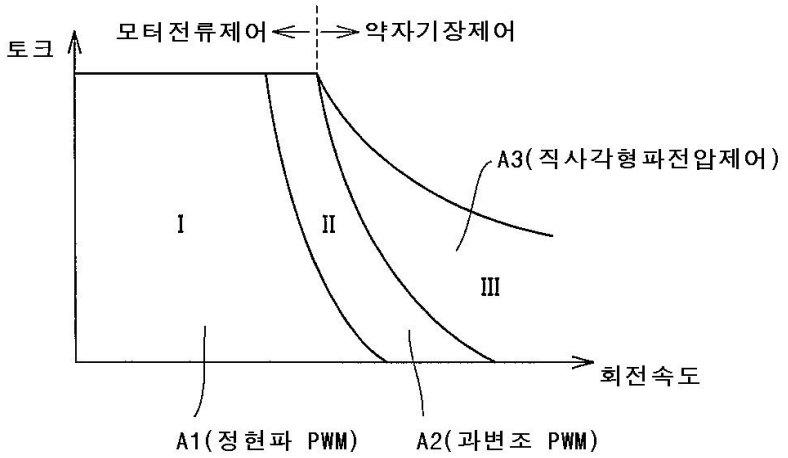
도면13

	모터전류제어		직사각형파전압제어 (약자기장제어)
제어방식	정현파 PWM	과변조 PWM	직사각형파 (1 펄스)
인버터의 출력전압파형	기본파 성분 	기본파 성분 	기본파 성분 
변조율	0~0.61	0.61~0.78	0.78
특징	토크 변동 小	중속 영역의 출력 향상	고속 영역의 출력 향상

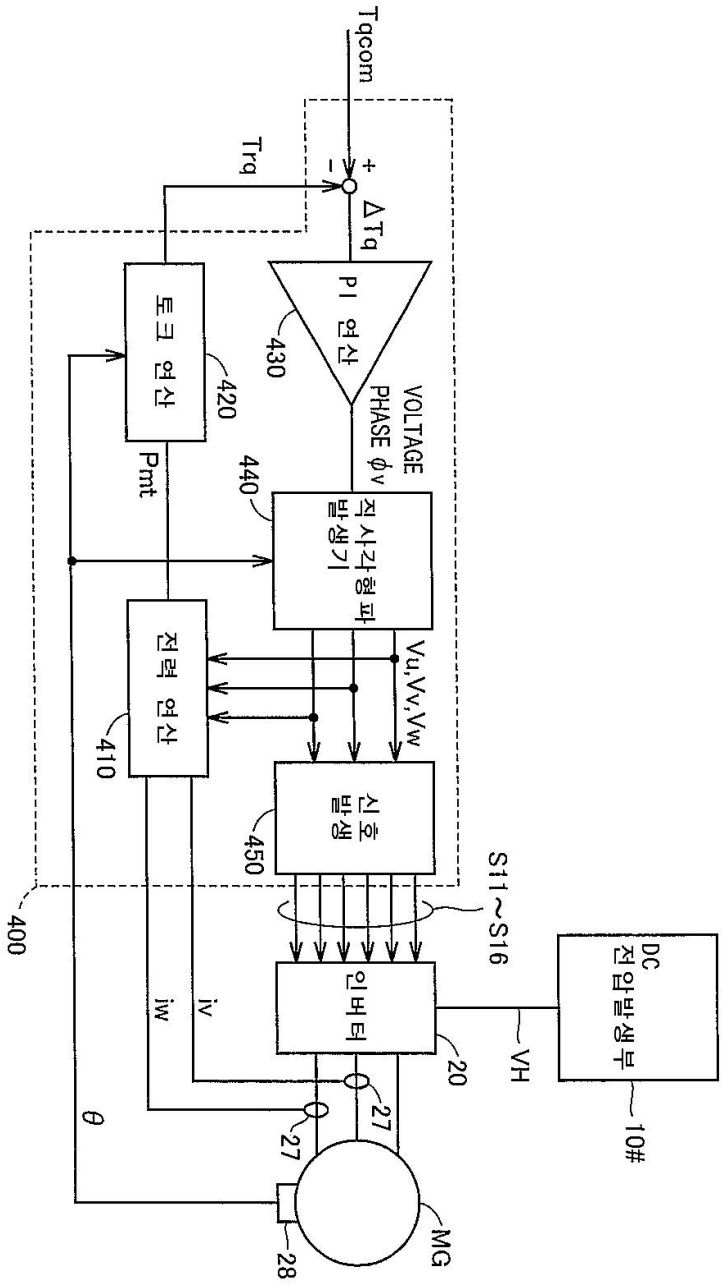
도면14



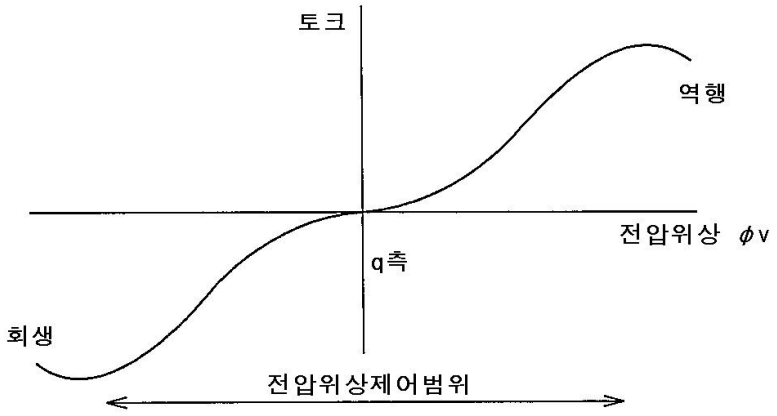
도면15


토크
모터전류제어
약자기장제어
A3(직사각형파전압제어)
I
II
III
회전속도
A1(정현파 PWM)
A2(과변조 PWM)

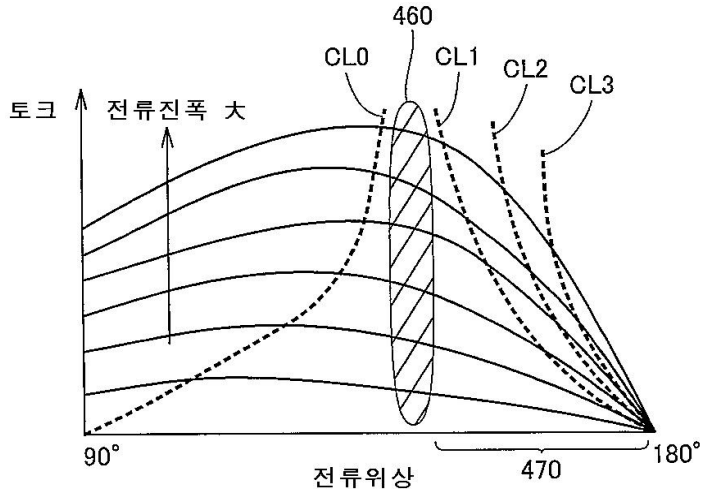
도면16


Tqcom
Trq
+
-
ΔTq
PI 연산
430
토크 연산
420
Pmt
VOLTAGE PHASE φv
직사각형파 발생기
440
전력 연산
410
Vu,Vv,Vw
신호 발생
450
400
S11~S16
인버터
20
iv
iw
θ
27
27
28
MG
VH
DC 전압발생부
10#

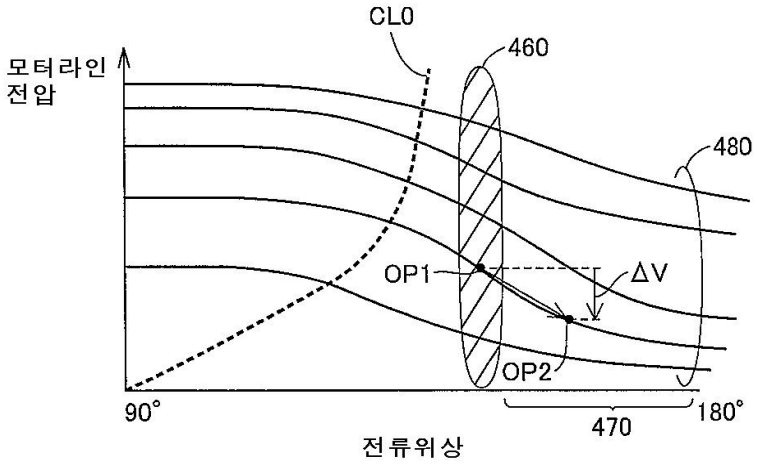
도면17



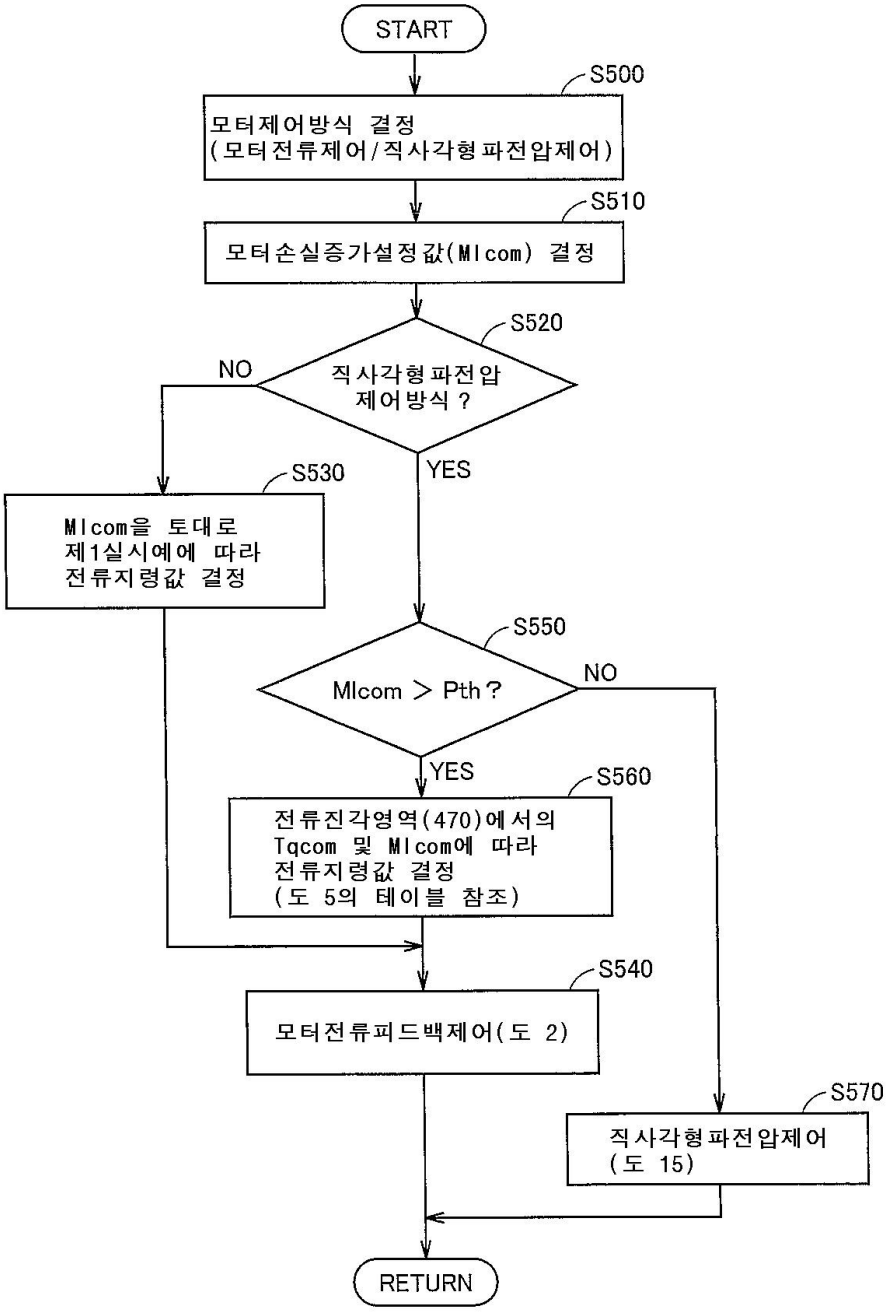
도면18



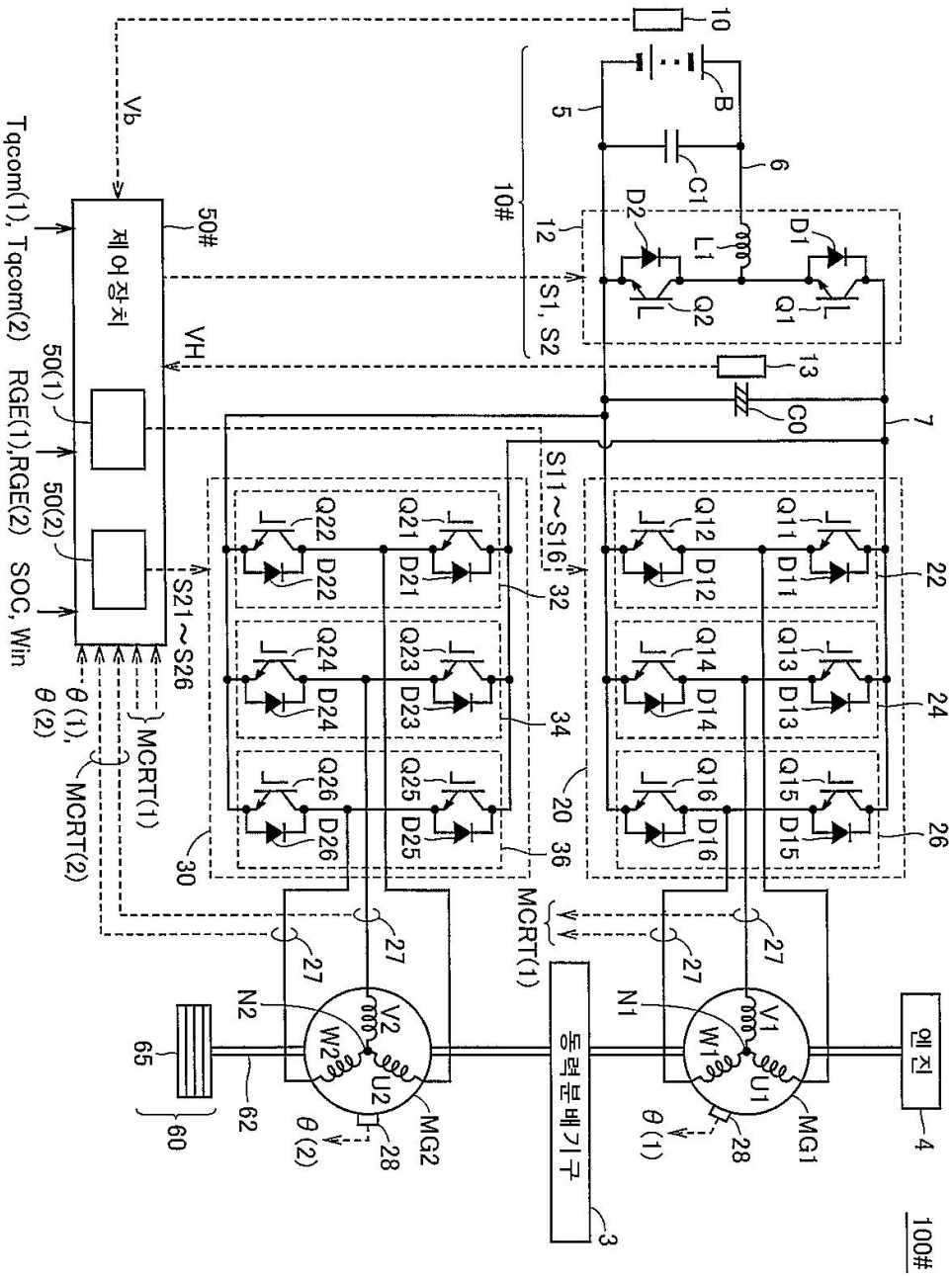
도면19



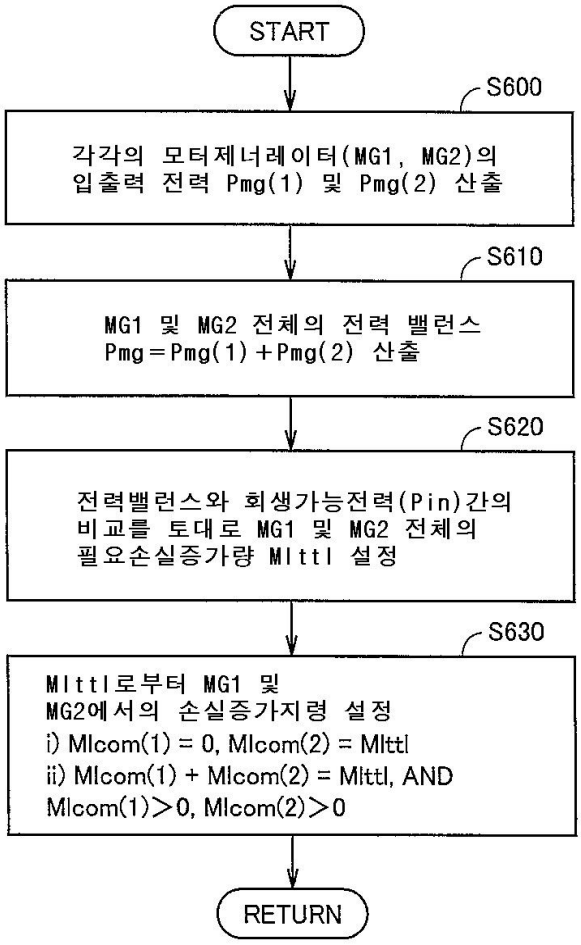
도면20


START
S500
모터제어방식 결정
(모터전류제어/직사각형파전압제어)
S510
모터손실증가설정값(Mlcom) 결정
S520
직사각형파전압
제어방식 ?
NO
YES
S530
Mlcom을 토대로
제1실시예에 따라
전류지령값 결정
S550
Mlcom > Pth ?
NO
YES
S560
전류진각영역(470)에서의
Tqcom 및 Mlcom에 따라
전류지령값 결정
(도 5의 테이블 참조)
S540
모터전류피드백제어(도 2)
S570
직사각형파전압제어
(도 15)
RETURN

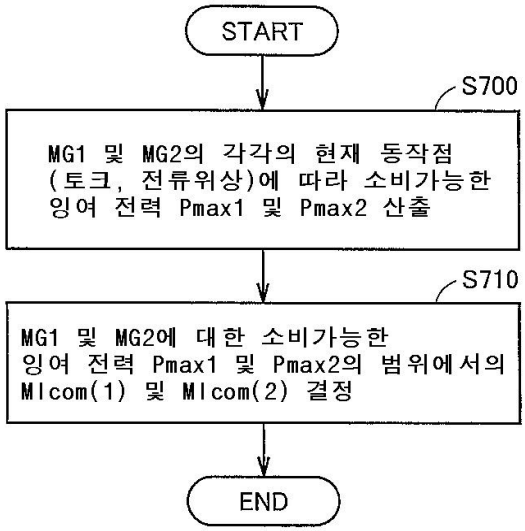
도면21


100#
엔진
동력분배기구
제어장치
MG1
MG2
MCRT(1)
MCRT(2)
Vb
VH
SOC, Win
RGE(1),RGE(2)
Tqcom(1), Tqcom(2)
S1, S2
S11~S16
S21~S26
θ (1),
θ (2)

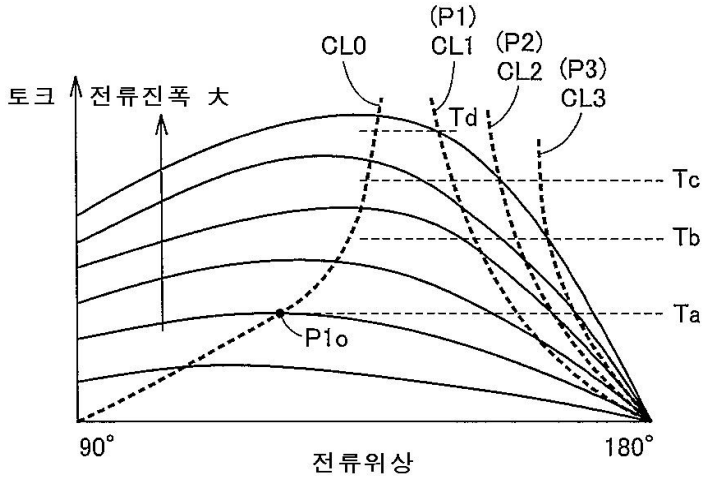
도면22


START
S600
각각의 모터제너레이터(MG1, MG2)의
입출력 전력 Pmg(1) 및 Pmg(2) 산출
S610
MG1 및 MG2 전체의 전력 밸런스
Pmg=Pmg(1)+Pmg(2) 산출
S620
전력밸런스와 회생가능전력(Pin)간의
비교를 토대로 MG1 및 MG2 전체의
필요손실증가량 Mttl 설정
S630
Mttl로부터 MG1 및
MG2에서의 손실증가지령 설정
i) Mlcom(1) = 0, Mlcom(2) = Mttl
ii) Mlcom(1) + Mlcom(2) = Mttl, AND
Mlcom(1)>0, Mlcom(2)>0
RETURN

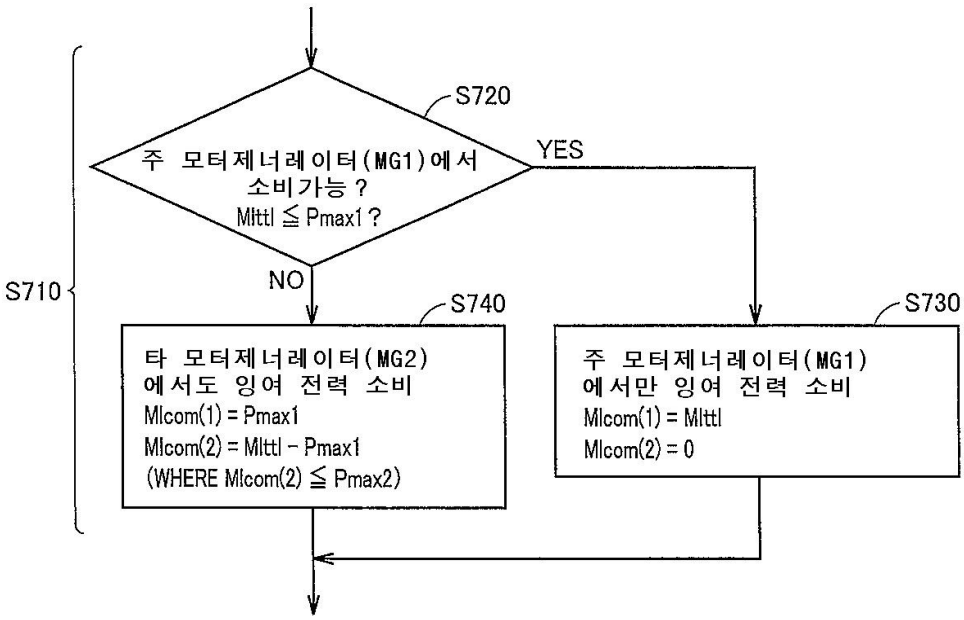
도면23


START
S700
MG1 및 MG2의 각각의 현재 동작점
(토크, 전류위상)에 따라 소비가능한
잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2 산출
S710
MG1 및 MG2에 대한 소비가능한
잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2의 범위에서의
Mlcom(1) 및 Mlcom(2) 결정
END

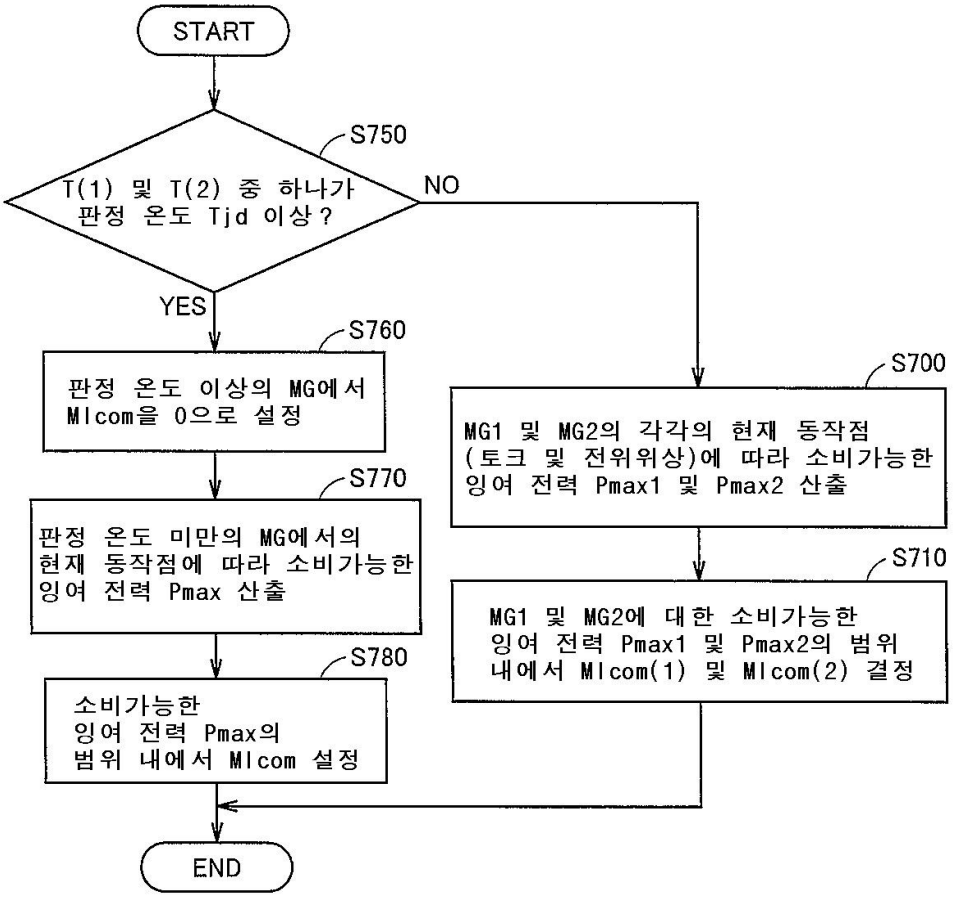
도면24


(P1)
CL0
CL1
(P2)
CL2
(P3)
CL3
토크
전류진폭 大
Td
Tc
Tb
Ta
P1o
90°
180°
전류위상

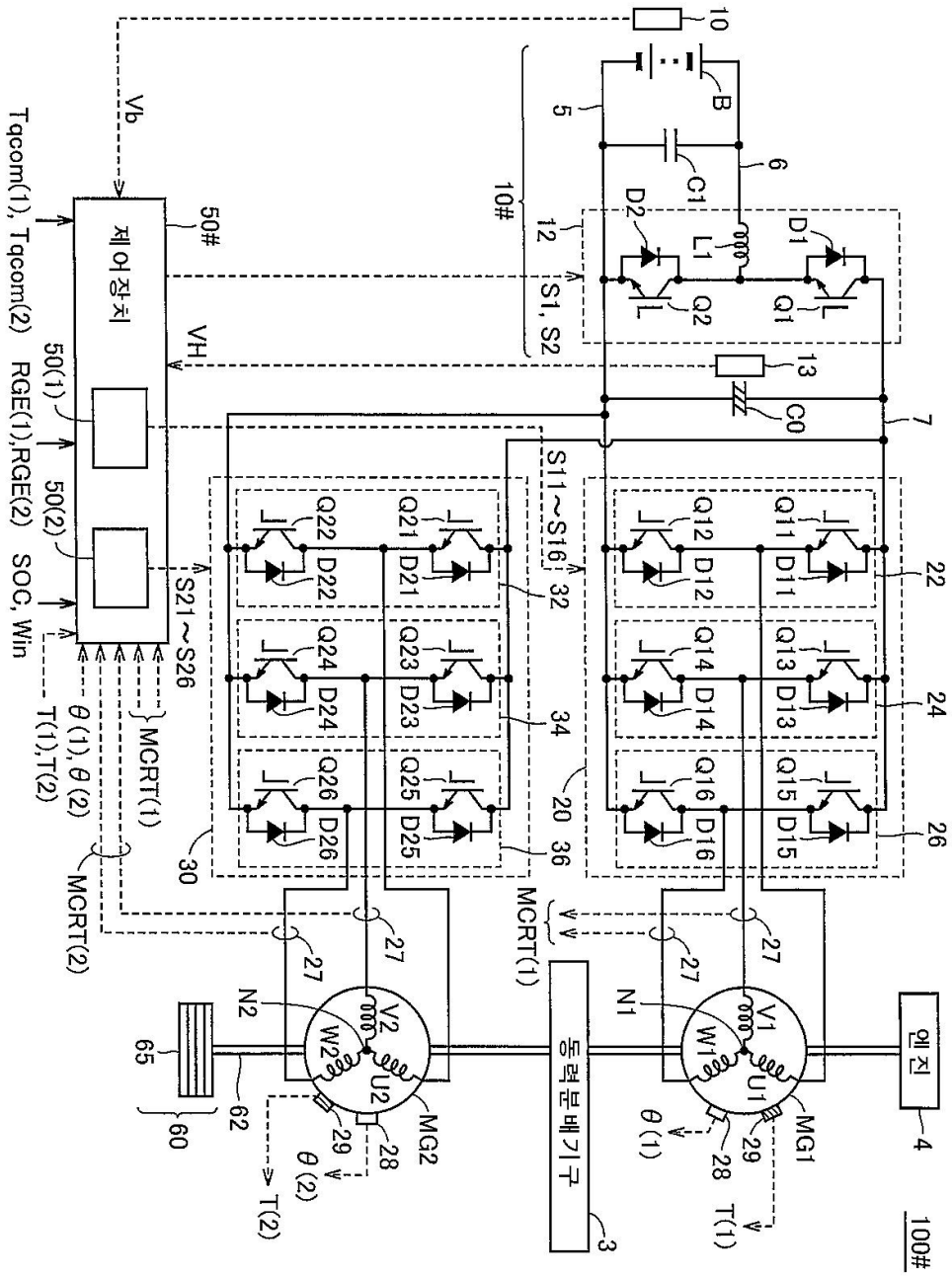
도면25


S720
주 모터제너레이터(MG1)에서
소비가능?
Mttl ≦ Pmax1?
YES
NO
S710
S740
타 모터제너레이터(MG2)
에서도 잉여 전력 소비
Mcom(1) = Pmax1
Mcom(2) = Mttl - Pmax1
(WHERE Mcom(2) ≦ Pmax2)
S730
주 모터제너레이터(MG1)
에서만 잉여 전력 소비
Mcom(1) = Mttl
Mcom(2) = 0

도면26


START
S750
T(1) 및 T(2) 중 하나가 판정 온도 Tjd 이상?
NO
YES
S760
판정 온도 이상의 MG에서 Mlcom을 0으로 설정
S770
판정 온도 미만의 MG에서의 현재 동작점에 따라 소비가능한 잉여 전력 Pmax 산출
S780
소비가능한 잉여 전력 Pmax의 범위 내에서 Mlcom 설정
S700
MG1 및 MG2의 각각의 현재 동작점 (토크 및 전위위상)에 따라 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2 산출
S710
MG1 및 MG2에 대한 소비가능한 잉여 전력 Pmax1 및 Pmax2의 범위 내에서 Mlcom(1) 및 Mlcom(2) 결정
END

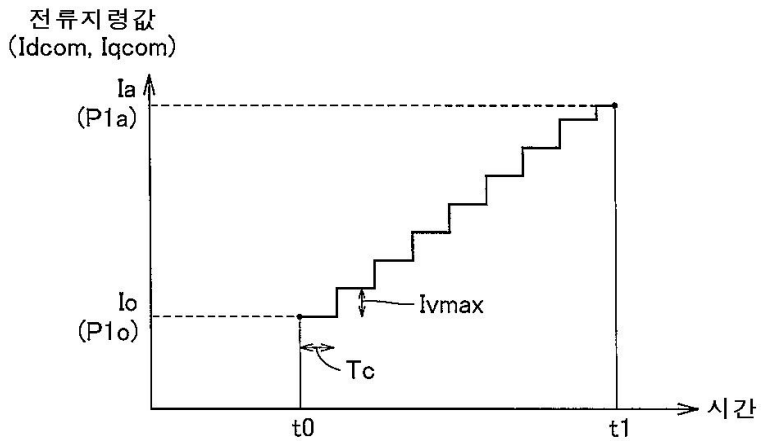
도면27


10
B
5
C1
6
D2
D1
L1
12
Q2
Q1
10#
S1, S2
13
C0
7
Vb
50#
제어장치
VH
Tqcom(1), Tqcom(2)
50(1)
RGE(1),RGE(2)
50(2)
SOC, Win
S11~S16
S21~S26
Q22
D22
Q21
D21
Q12
D12
Q11
D11
22
32
Q24
D24
Q23
D23
Q14
D14
Q13
D13
24
34
Q26
D26
Q25
D25
Q16
D16
Q15
D15
26
20
36
30
θ(1), θ(2)
T(1),T(2)
MCRT(1)
MCRT(2)
27
N2
V2
W2
U2
MG2
65
62
60
29
28
θ(2)
T(2)
N1
V1
W1
U1
MG1
θ(1)
T(1)
동력분배기구
3
엔진
4
100#

도면28



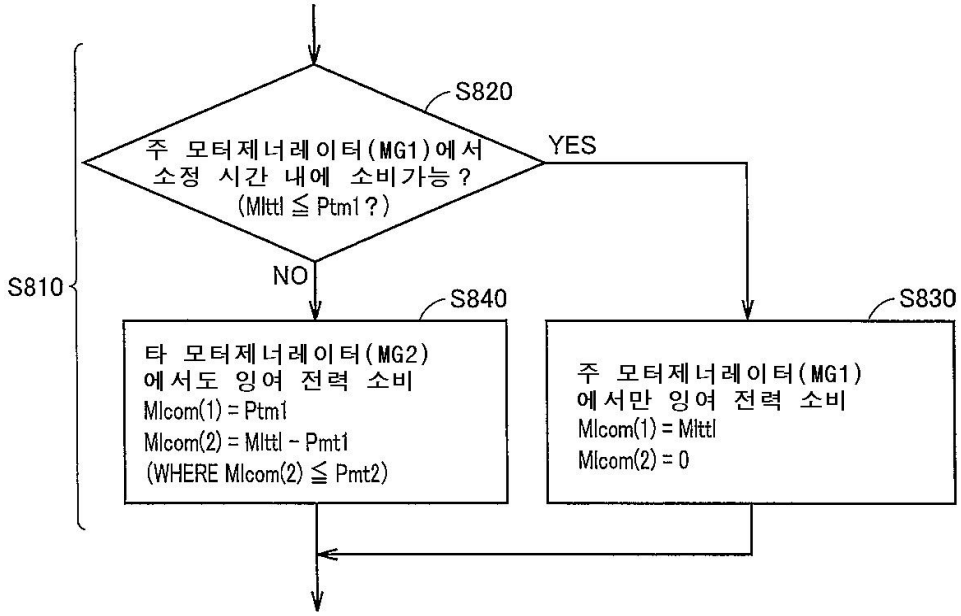
도면29



도면30

전류동작점	소정 시간 내에 증가가능한 소비 잉여 전력
⋮	⋮
(토크, 전류위상)	Ptm1(Ptm2)
⋮	⋮

도면31


S820
주 모터제너레이터(MG1)에서
소정 시간 내에 소비가능?
(Mlttl ≦ Ptm1?)
YES
NO
S810
S840
타 모터제너레이터(MG2)
에서도 잉여 전력 소비
Mlcom(1) = Ptm1
Mlcom(2) = Mlttl - Pmt1
(WHERE Mlcom(2) ≦ Pmt2)
S830
주 모터제너레이터(MG1)
에서만 잉여 전력 소비
Mlcom(1) = Mlttl
Mlcom(2) = 0