(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
H02K 29/00

(45) 공고일자 2004년08월21일
(11) 등록번호 10-0445250
(24) 등록일자 2004년08월11일

(21) 출원번호 10-1999-7007030
(22) 출원일자 1999년08월04일
번역문 제출일자 1999년08월04일
(86) 국제출원번호 PCT/NZ1998/000012
(86) 국제출원출원일자 1998년02월05일
(65) 공개번호 10-2000-0070770
(43) 공개일자 2000년11월25일
(87) 국제공개번호 WO 1998/35428
(87) 국제공개일자 1998년08월13일

(81) 지정국 국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀랜드, 영국, 그루지야, 가나, 감비아, 기네비쏘, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 유고슬라비아, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베넹, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장 314195 1997년02월05일 뉴질랜드(NZ)

(73) 특허권자
피셔 앤 페이켈 어플라이언스 리미티드
뉴질랜드 오클랜드 이스트 타머키 스프링스 로드 78

(72) 발명자
보이드존에이치.
미국미시건49424홀랜드포레스트힐스드라이브57

던칸제랄드
뉴질랜드오클랜드마운트에덴헨리로드42

페리마이클토마스죠지
뉴질랜드오클랜드마누카우세리플레이스6

(74) 대리인
장용식
박종혁

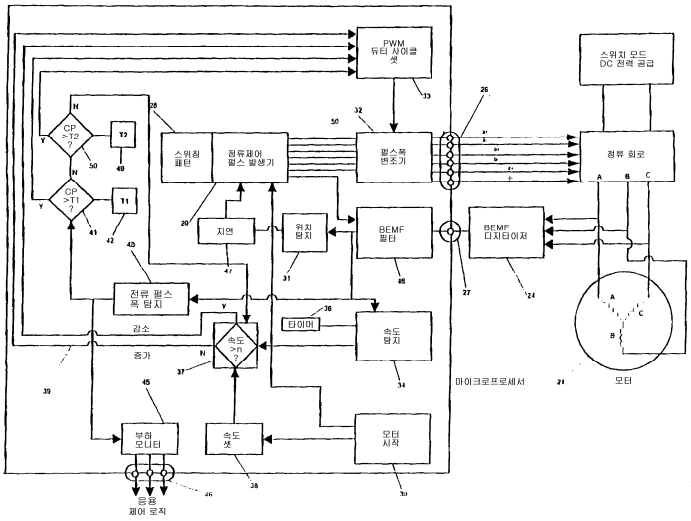
심사관 : 방갑룡

(54) 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터 및 모터 시스템

요약

순간적으로 한 개의 모터 권선이 파워오프되고 정보가 권선 정류를 초기화하기 위해 사용되는 역 EMF 제로 교차를 검출하기 위해 사용되는 우선적으로 소형 마력 응용 타입에 대한 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터. 전류 공급이 이 권선으로부터 제거된 후에 정류 디바이스와 병렬인 자유롭게 변하는 다이오드에 의해 저장된 에너지의 소멸에 기인하여 이 권선에 발생된 펄스의 듀레이션은 모터 전류의 측정을 제공하기 위해 사용된다. 이것은 정류 디바이스 전류 제한 회로를 간략하게 하고 모터 토오크의 기능인 제어 목적에 대해 이용가능하다. 모터 전류와 역 EMF사이의 위상각을 감소함으로써 유용한 전력 출력을 최대로 하는 방법이 또한 개시된다. 이것은 정류사이의 시간의 함수인 지연을 갖는 각 역 EMF 제로 교차의 발생을 넘어 모터 권선을 정류하는 지연을 소개함으로써 이루어 질 수 있다.

대표도



색인어

디지타이저, 히스테리시스, 역기전력, 고정자, 회전자, 듀티 사이클, 듀레이션

명세서

기술분야

본 발명은 전자적으로 제어된 브러시없는 DC 모터(영구 자석 회전자를 갖는)이고, 특히, 유일한 것은 아니지만, 가전 제품과 헬스기구와 같은 소형 마력 응용에 대한 3 권선 모터에 관한 것이다.

배경기술

전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터를 제어하는 방법은 미국 특허 번호 제 4,495,450호(Tokizaki 등)에 개시되어 있고 가전 제품과 특히 세탁기에 대해서는 미국 특허 번호 제 4540921호(Boyd 등), 미국 특허 번호 제 4857814호(Duncan 등)에 개시되어 있다. 상기 특허에 설명된 몇몇의 전자적으로 제어된 모터(ECM)의 기본 개념은 도 1과 도 2를 참조하여 아래에 요약된다.

이상적인 3상(권선) DC 모터는 정상적으로 전력 FET인 정류 스위치로 도 1에 도시된다. 위상A에 대해 상부 스위치(1)를, 위상B에 대해 하부 스위치(2)를 턴온함으로써, 정자장이 고정자에 생성될 것이다. 위상B에 대해 하부 스위치(2)를 턴오프하고 위상C에 대해 하부 스위치(3)을 턴온함으로써, 이 자장은 시계방향으로 움직일 것이다. 위상A에 대해 상부 스위치(1)를 턴오프하고 위상B에 대해 상부 스위치(4)를 턴온하는 것은 자장이 계속해서 시계방향으로 움직이게 하는 원인이 된다. 정류 스위치의 이러한 '회전'을 반복함으로써 고정자의 자장은 스위치가 스 위칭하는 속도와 동일한 속도로 회전할 것이다. 시계방향 회전에 대한 스위치 상태의 완전한 패턴이 도 2에 도시된다.

모터의 시계반대방향 회전은 정류 스위치의 스위칭 패턴 시퀀스를 역으로 함으로써 이루어진다.

고정자의 회전 자장 발생을 설명하는 방법에 있어서, 단지 두 위상만이 한번에 의도적으로 위상에 흐르는 전류를 갖는다. 이것은 제 3 권선을 권선을 통하여 흐르는 의도적인 전류가 없는 상태로 되게 한다. 인용된 특허에서 이러한 순간적으로 사용되지 않는 권선은 회전자 위치의 지시를 제공하기 위해 회전하는 영구 자석 회전자에 의해 유도된 어떤 전압으로 감지된다. 유도 전압은 역 기전력(BEMF)에 기인한다.
탐지된 BEMF 파형은 주기적이고 부등변 사각파와 근사 정현파의 사이에서 변한다. 이 파형의 '제로 교차'는 영구 자석극의 끝에 기인하고 회전 위치를 트랙킹하기 위해 회전자상의 일관된 점을 제공한다.
그러한 브러시없는 DC 모터가 동작중일 때, 각각의 정류는 회전자의 위치와 동기를 맞출 필요성이 있다. 상기 설명된 BEMF 신호가 제로를 통과하자마자, 회전이 계속 이루어지기 위하여 다음의 스위칭 패턴으로 정류하는 것이 결정된다. 스위칭은 회전자가 적당한 각 위치에 있을 때 단지 일어나야 한다. 이것은 결과적으로 속도를 제어하는 폐쇄 루프 피드백 시스템이 된다.
회전자의 가속 또는 감속은 회전자상의 힘이 자장의 강도에 비례하기 때문에 고정자의 회전자장의 강도를 증가시키거나 또는 감소시킴으로써(펄스 폭 변조(PWM) 기술에 의해) 이루어질 수 있다. 정류 주파수는 BEMF 센서로부터 폐쇄 루프 피드백에 기인한 고정자와 보조를 맞출 것이다.
일정한 부하하에 사전 결정된 속도를 유지하는 것은 요구되는 정류속도가 유지되는 것을 확실히 하기 위하여 고정자의 자장의 강도를 제어하는 것과 관계가 있다. 가변 부하하에서 사전 결정된 속도를 유지하는 것은 회전자상의 부하가 변하는 것을 보상하기 위해 대응하는 고정자의 자장의 강도의 변화를 요구한다.
미국 특허 번호 제 4,540,921호와 제 4,857,814호에 개시된 ECM 기술은 스위칭 FET를 통하여 안전한 값으로 흐를 수 있는 전류를 제한하기 위해 전용 전류 제한 회로의 사용을 요구한다. 그러한 보호 회로는 ECM 시스템의 비용을 증가시키고 더 낮은 전력, 더 적은 비용의 응용의 사용을 못하게 한다. 더욱이, 모터 전류가 모터 부하에 직접 비례하여 변하기 때문에, 부하 변화를 발생시키는 이벤트에 응답하여 응용 거동을 제어하기 위해 모터 전류의 측정을 사용하는 것이 바람직하다. 인용된 종래기술에서 그러한 부하 탐지는 더 비싼 하드웨어를 요구한다.
회전자 위치를 결정하기 위한 BEMF의 사용은 많은 이점이 있지만 출력이 고정자 권선의 정류상에 발생하는 과도현상을 제거하기 위해 비싼 소자를 사용하여 필터링하는 것을 요구하는 문제점을 갖고 있다. 부가하여, 이러한 타입의 ECM 시스템은 일반적으로 BEMF를 리드하는 모터 전류에 기인하여 최적의 모터 효율로 동작하지 않는다.
본 발명 그리고/또는 본 발명의 바람직한 하나 이상의 실시예의 목적은 상기 불리한 점을 극복하기 위한 몇가지 방법을 수행하는 전자적으로 제어된 모터 시스템을 제공하는 것이다.

발명의 개시

어떤 순간에 한 개의 모터 권선이 파워오프되고, 정보가 권선 정류를 초기화하기 위해 사용되는 역 EMF 제로 교차를 검출하기 위해 사용되며, 정류 디바이스를 제어하는 신호의 펄스 폭 변조가 모터 가속을 제어하기 위해 사용되고 단방향 전류 디바이스가 정류 디바이스에 병렬로 연결된 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터로 구성되는 본 발명은 전류 공급이 이 권선으로부터 제거된 후에 상기 단방향 전류 디바이스에 의한 저장된 에너지의 소멸에 기인하여 이 권선에 발생된 전류 펄스의 듀레이션이 모터 전류의 측정을 제공하기 위해 사용되는 것을 특징으로 한다.
제 2 태양에서, 어떤 순간에 한 개의 모터가 파워오프되고 정보가 권선 정류를 초기화하기 위해 사용되는 BEMF 제로 교차를 검출하기 위해 사용되고, 정류 디바이스를 제어하는 신호의 펄스 폭 변조가 모터 가속을 제어하기 위해 사용되고 단방향 전류 디바이스가 정류 디바이스에 병렬로 연결된 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터로 구성되는 본 발명은 전류 공급이 이 권선으로부터 제거된 후에 상기 단방향 전류 디바이스에 의한 저장된 에너지의 소멸에 기인하여 이 권선에 발생된 전류 펄스의 듀레이션이 측정되고, 모터 권선에서 전류의 순간적인 정류는 모터의 효율을 최대로 하기 위하여 모터 전류와 BEMF사이에 위상각을 감소시키기 위해 각각 BEMF 제로-교차의 발생을 넘어 지연되며, 상기 지연은 이전의 정류과 상기 전류 펄스 듀레이션사이의 시간의 함수로써 계산되는 것을 특징으로 한다.
다른 태양에서, 본 발명은:
전자적으로 정류된 모터 시스템에 있어서, 적어도 하나의 위상 권선을 갖는 고정자와 회전자를 갖는 브러시없는 DC 모터; 직류 전력 공급, 상기 적어도 하나의 권선 또는 선택된 쌍의 고정자 권선에 전류를 공급하기 위하여 상기 전력 공급에 연결된 스위칭 디바이스, 및 스위칭 디바이스를 통한 전류 공급이 제거된 후에 각각의 권선에 저장된 에너지를 소멸하기 위해 전류 통로를 제공하는 단방향 전류 디바이스를 포함하는 정류회로; 상기 적어도 하나의 권선상의 전압을 탐지하고 상기 전압을 A기준 신호 전압에 비교함으로써 회전자의 회전에 의해 상기 적어도 하나의 권선에 유도된 역 EMF의 제로-교차를 검출하는 디지타이저 회로; 메모리와 입력-출력 포트를 포함하고, 제 1 포트는 상기 디지타이저 회로의 출력에 연결되고 포트의 제 2 그룹은 스위칭 제어 신호를 제공하기 위해 상기 정류회로에 연결된 프로그램된 디지털 프로세서;를 포함하며, 상기 프로세서가 상기 스위칭 제어 신호를 발생시키도록 하기 위해 상기 메모리에 소프트웨어를 저장하고, 상기 소프트웨어는 (a) (i) 상기 스위칭 디바이스에 연속적으로 그리고 순환적으로 인가된다면, 고정자 권선이 회전 자장을 발생하게 하는 상기 정류회로의 각각의 스위칭 디바이스에 대한 상태 조합의 시퀀스, 및 (ii) 회전자가 대응하는 소정의 위치에 있을 때 회전을 계속하게 하기 위하여 회전자에 토오크를 발생시키는 스위칭 디바이스 상태조합중 하나에 각각 대응하는 상기 회전자의 소정의 각 위치에 대해 상기 디지털 회로의 가능한 출력 상태의 시퀀스를 저장하는 테이블, (b) 상기 테이블로부터 각각 저장된 상태 조합을 선택하고 어떤 주어진 시간에 선택된 특정한 조합의 상태에 대응하는 논리 레벨을 갖는 각 스위칭 디바이스에 대해 디지털 스위칭 제어 신호를 발생시키는 루틴, (c) 고정자 권선에 RMS 전류를 제어하기 위해 상기 스위칭 제어 신호를 펄스 폭 변조하는 루틴, (d) 저장된 듀티 사이클값에 따라 펄스 폭 변조의 듀티 사이클을 셋팅하는 루틴, (e) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고 그것으로부터 회전자의 각 위치를 결정하는 위치 결정 루틴, (f) 회전을 계속하도록 각각 탐지된 회전자 위치에 대응하는 저장된 상태 조합을 선택하기 위해 상기 선택 루틴을 호출하는 루틴, (g) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고 그것으로부터 상기 회전자의 각속도를 결정하는 속도 결정 루틴, (h) 요구되는 회전자의 속도의 값을 저장하는 테이블,

(i) 결정된 회전자 속도를 속도 에러값을 발생하기 위해 요구되는 회전자 속도의 값과 비교하는 루틴, (j) 상기 속도 에러값을 수신하고, 회전자의 속도가 요구되는 속도보다 작을 때는 상기 저장된 듀티 사이클 값을 증가시키고 회전자 속도가 요구되는 속도보다 클때는 상기 저장된 듀티 사이클 값을 감소시키기 위해 상기 저장된 듀티 사이클 값을 갱신하는 루틴, (k) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고, 그것으로부터 스위칭 디바이스를 통해 각 권선에 전류의 공급이 제거된 후에 저장된 에너지의 소멸동안 각 위상 권선에 발생된 펄스의 듀레이션을 결정하는 펄스 듀레이션 결정 루틴, (l) 상기와 같이 결정된 듀레이션이 상기 최대값보다 크다면 상기 저장된 듀티 사이클 값을 감소된 값으로 셋팅하는 값을 발생시키기 위해, 상기와 같이 결정된 펄스 듀레이션을 펄스 듀레이션의 저장된 소정의 최대값과 비교하는 루틴, 및 (m) 상기 감소된 값을 판독하고 현재 저장된 듀티 사이클 값을 갱신하는 루틴을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

도면의 간단한 설명

도 1은 전자적으로 정류된 3권선 브러시없는 DC 모터의 회로도이다.
도 2는 도 1의 모터의 시계방향 회전을 일으키기 위한 정류 스위치에 대한 상태 시퀀스를 도시한다.
도 3은 본 발명에 따른 브러시없는 DC 모터와 제어기의 블록 회로도이다.
도 4는 도 3의 모터의 위상을 교차하는 전압을 도시하는 파형도이다.
도 5는 권선을 통한 모터 전류 통로를 도시하는 부분-회로도이다.
도 6은 상이한 모터 전류에서의 모터 동작 그래프이다.
도 7은 모터 권선 전류와 BEMF를 도시하는 파형도이다. 및
도 8은 도 3에 보여준 BEMF 디지타이저에 대한 회로도이다.

발명의 상세한 설명

도 3은 블록도 형태로 본 발명의 모터 제어 시스템을 도시한다. 주 하드웨어 블록은 영구 자석 3권선 모터(21), 모터 권선 정류 회로(22), 스위치 모드 DC 전력 공급(23), BEMF 디지타이저(24) 및 마이크로컴퓨터(25)이다. 마이크로컴퓨터(25)내의 블록은 아래에 설명될 소프트웨어 루틴에 의해 실행될 기능을 나타낸다.
본 ECM 시스템은 세 개의 권선(또는 위상)(A, B, 및 C)와 여섯 개의 극을 갖는 고정자를 구비한 모터와 관계하여 설명된다. 다른 고정자 구성이 사용될 수 있다. 상기 모터는 상이한 수의 극이 적용될 수 있음에도 불구하고, 네 개의 극 영구 자석 회전자를 갖는다. 권선(A, B, 및 C)은 도 3에 지시되는 바와 같이 본 실시예에서 스타 구성으로 함께 연결되어 있다.
정류회로(22)는 도 1과 도 2를 참조하여 이미 설명된 방법으로 각각의 권선(A, B, 및 C)를 정류하기 위해 직류 전력 공급(23)을 거쳐 연결된 전력 전계 효과 트랜지스터(FET)의 형태로 스위칭 디바이스 쌍을 포함한다. 각각의 모터 위상에 대한 상부와 하부 스위치를 구성하는 여섯 개의 스위칭 디바이스 각각은 마이크로컴퓨터(25)에 의해 발생된 게이트 신호(a+, a-, b+, b-, c+, c-)에 의해 스위칭된다. 스위치 모드 전력 공급(23)은 각 스위칭 디바이스 쌍에 걸쳐 인가되는 DC 전압을 공급한다.
BEMF 디지타이저(24)는 회전자에 의해 유도된 BEMF를 모니터링할 목적으로 모터 위상(A, B, 및 C)각각의 스위칭된 끝으로부터 입력 신호를 수신한다. 어떤 주어진 시간에 정류회로(22)로부터 전류가 공급되지 않는 모터 권선으로부터의 출력은 이러한 목적으로 사용된다. 사용된 BEMF 탐지는 도 1과 도 2를 참조하여 이미 설명되었다. BEMF 디지타이저(24)는 세 개의 입력의 아날로그 신호를 나타내는 합성 디지털 신호를 출력에 공급하고 공지된 비교기 기술에 의해 이러한 논리 레벨을 도출한다. 출력신호는 회전자 극이 그 위상과 관계된 권선 극을 통과함에 따라 개개의 아날로그 BEMF 전압의 '제로 교차'에 대응하는 논리 트랜지션을 포함할 것이다. 이러한 출력은 또한 아래에 설명되는 바와 같이 다른 정보를 포함한다.
BEMF 디지타이저(24)에 대한 적당한 회로는 도 8에 도시된다. 비교기(51)는 입력(56)에 기준 전압(V_{ref})을 공급받고 입력(55)에 세 개의 권선(A, B, 및 C)으로부터 BEMF 전압을 공급받는다. 입력(55)에 합성 권선 전압 신호의 레벨이 Vref를 초과할때(제로-교차점을 발생하기 위해), 비교기의 출력(57)은 상태를 변화하고 그렇게 함으로써 권선 전압 신호의 충분히 큰 편위를 디지타이징한다.
저항(52에서 54)은 권선 전압을 결합하고 따라서 비교기의 출력은 모든 세 개의 권선을 교차한 전압에 의해 결정된다. 비교기의 두 개의 상태 출력(57)은 마이크로프로세서 포트(27)로 전송된다. 이미 언급된 바와 같이 회전자 위치와 다른 제어 목적에 유용한 정류되지 않은 권선을 교차하는 전압이 있지만, 정류는 마이크로프로세서에 의해 결정되기 때문에, 권선은 모터 전류가 흐르지 않는 어떤 주어진 시간이 공지되고, 따라서 시간 윈도우는 권선 전압이 어떤 주어진 시간 간격에 디지타이저 출력으로 반영되는 것을 결정함으로써 발생된다.
시작하는 루틴에서, 사용되지 않은 권선에서의 BEMF의 크기는 비교기(51)의 상태를 변하기에는 불충분하고, 정류의 폐쇄 루프 피드백 제어는 사용될 수 없다. V_{ref}의 값(일정하지 않을 수 있음)과 저항(58)의 값은 제로-교차 상태 트랜지션이 폐쇄 루프 제어에 스위칭을 위한 요구되는 회전자 속도에서 출력(57)에 나타나도록 디지타이저의 히스테리시스를 셋팅하기 위해 선택된다. 이것은 전형적으로 몇몇의 응용에 대하여 330rpm이 된다.
본 발명에 있어서의 모터 제어는 부가적인 논리 또는 '전류 조정' 회로에 대한 필요성 없이 직접적으로 정류회로(22)에 대해 스위칭 신호를 공급하는 단일 프로그램된 마이크로프로세서(25)에 의해 수행된다. 모터 권선의 전류의 요구되는 펄스 폭 변조 또한 마이크로프로세서(25)에 의해 수행된다.

마이크로프로세서(25)는 전형적으로 8 비트 단일 칩 CPU 이고 적당한 타입은 텍사스 인스트루먼트의 TMS370이다. 마이크로컴퓨터의 기본적인 구성성분은 공지되어 있기 때문에, CPU, 버스, 클록, RAM 및 ROM과 같은 마이크로프로세서 하드웨어 구성성분은 도 3에 도시되지 않는다. 오히려, 마이크로컴퓨터(25)내에 도시된 블록의 설명을 돕기위하여, 각각은 마이크로프로세서(25)에 의해 실행된 소프트웨어 루틴에 의해 수행될 제어기능을 나타내고 또는 대안으로 데이터 테이블 또는 메모리에 데이터 저장 위치를 나타낸다.

도 2에 도시되는 바와 같이 정류 스위칭 패턴은 모터의 시계반대방향 회전을 발생하기 위해 스위칭 패턴의 제 2 시퀀스에 따라 테이블(28)에 저장된다. 정류 스위치에 대한 제어 펄스는 모터(21)에 요구되는 회전의 특정한 방향에 대해 다음 정류를 발생하기 위해 요구되는 테이블(28)의 스위칭 상태 패턴의 위치를 지시하는 포인터 값을 포함하는 정류 제어 펄스 발생기 루틴(29)에 의해 합성된다. 여섯 개의 정류 구동 신호는 각 정류상에 단지 두 개의 이러한 변화 상태에도 불구하고 합성되는 것이 요구된다.

초기 위상에서 시작 루틴(30)은 일정한 낮은 주파수(또는 낮지만 느리게 증가하는 주파수)를 갖는 스위칭 패턴 시퀀스를 통하여 포인터(29)를 '클로킹'한다. 이것은 디지타이저(24)의 히스테리시스를 극복하기 위해 충분히 높은 속도로 회전자장을 발생하기 위해 고정자 위상을 정류한다. 영구 자석 회전자는 회전하는 고정자장을 따른다.

모터가 각각의 사용되지 않는 위상 권선으로부터 입력 포트(27)에서 디지털 BEMF를 발생시키기 위해 충분한 속도에서 회전할 때, 모터 시작 루틴은 폐쇄 루프 제어 모드에서 설명된 개방 루프 제어 모드로부터 분기한다. 이것은 위치 탐지 루틴(31)이 입력 포트(27)에서 합성 디지털 BEMF 신호를 판독하는 원인이 되고 위상이 순간적으로 정류되는 정보를 사용함으로써 사용되지 않은 위상의 BEMF에 기인하고 평행 패턴 또는 각 위상에서 각 '제로 교차'에 이어지는 디지털 워드를 발생시키기 위해 그리고 루틴(29)에 이 패턴을 통과 시키기 위해 트랜지션을 결정한다. 테이블(28) 내의 룩업 테이블을 액세스함으로써, 이 루틴은 루틴(31)에 의해 공급된 패턴의 지시에 따라 회전자 위치를 고려한 모터의 계속되는 회전을 확실히 하기 위해 인가된 적당한 테이블(28)의 정류 스위칭 패턴을 찾는다. 따라서 회전자의 위치는 고정자 위상의 정류를 결정한다.

합성된 정류제어 펄스는 정류회로(22)에 공급될 때 변조된 펄스 폭이다. 즉, 루틴(32)은 모터 전류가 위치(33)에 유지된 듀티 사이클의 현재값에 따라 흐르는 것을 통해 정류 디바이스에 적당한 루틴(29)에 의해 합성된 펄스상에 듀티 사이클을 부과한다. 듀티 사이클은 회전자 토오크가 모터 전류에 비례하고 이것은 펄스 폭 변조(PWM)의 듀티 사이클에 의해 결정되기 때문에 모터(21)를 가속시키고 감속시키기 위해 그리고 회전자상에 변하는 부하를 도모하기 위해 변경된다.

속도 탐지 루틴(34)은 BEMF 제로 교차 패턴을 판독하고 타이머 루틴(36)에 관계하여 회전자의 각 속도를 나타내는 값을 결정한다. 루틴(37)은 이 값을 테이블(38)에 저장된 소정의 속도값(n)과 비교한다. 만일 계산된 회전자 속도가 n보다 작다면 위치(33)에 유지된 듀티 사이클 값은 증가(1%까지)할 것이고 만일 계산된 회전자 속도가 n보다 크다면 33에서의 듀티 사이클 값은 감소(1% 까지)될 것이다. 테이블(38)로부터 선택된 소정 속도값은 어떤 특정한 시간에 모터 응용에 의존할 것이다. 아래에 논의된 예에서, 전형적인 소정 동작 속도는 3000rpm이다.

정류회로 스위칭 디바이스를 보호하기 위해, 전류 제한 기능이 부과되어야 한다. 도 6을 참조하여 아래에 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 출원인은 RMS 모터 전류(즉, 어떤 주어진 시간에 연결된 위상의 쌍의 전류)가 정류 스위치로부터의 공급이 제거된 후에 각 권선에 흐르는 자유롭게 변하는 전류의 시간 듀레이션에 직접적으로 비례한다는 것을 발견하였다. 이 전류는 물론 에너지를 저장하기 위한 인턱더의 공지된 특성과 인가된 전압 제거상의 그 에너지를 소멸시키기 위한 필요에 기인한다. 공지된 기술에서와 같이, '자유롭게 변하는(freewheel)' 다이오드는 그러한 전류를 수월하게 흐르게 하기 위해 정류 스위칭 디바이스에 병렬로 연결된다.

이러한 발견에 근거하여, 각 사용되지 않은 권선에 발생하는 전류 펄스는 타이머(36)가 각각의 자유롭게 변하는 전류 펄스의 시간 듀레이션을 결정하는 것과 결합하는 루틴(40)에 의해 BEMF 디지타이저(24)의 출력으로부터 추출된다. 제 1 결정 루틴(41)은 펄스 폭(CP)이 위치(42)에 저장된 소정값(T_1)보다 큰지의 여부를 확신 시키고, 이것은 정류 디바이스에 대해 임계 최대 제한에서 모터 전류의 값에 대응한다. 만일 그렇다면 값(43)이 최소 ON 타임을 갖는 PWM 듀티 사이클을 발생하는 위치(33)에 셋팅된다. 아래에 논의된 예에서 이것은 전형적으로 17%가 될 것이다. 펄스 폭이 T_1 보다 작다면, 제 2 결정 루틴(50)은 전류 펄스폭이 위치(49)에 저장된 더 낮은 소정값 T_2 의 듀레이션을 초과하고 정상 최대 안전 동작 전류에 대응하는지의 여부를 확신시키고, 만일 그렇다면, 값(44)은 PWM 듀티 사이클 값(33)을 감소시키기 위해 사용된다. 전형적인 감소는 5%가 된다. 만일 전류 펄스 듀레이션이 T_2 보다 작다면 전류 제한이 요구되지 않고 PWM 듀티 사이클 제어는 속도 결정 루틴(37)을 통과한다.

많은 응용에서 모터(21)상의 부하 정도 또는 부하의 증가는 ECM 시스템이 사용되는 프로세스의 제어에 대한 유용한 정보를 구성할 수 있다. 회전자 부하의 어떤 변화는 모터 전류의 변화에 반영될 것이고 전류 펄스 측정 루틴(40)은 그러한 탐지 정보를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 부하 모니터링 루틴(45)은 루틴(41)에 의한 현재 결정된 전류 펄스 폭의 값으로 통과되고 펄스 폭의 그러한 갑작스런 변화를 확인하고 펄스 폭이 소정 임계값에 도달했다는 것을 결정함으로써 유용한 출력이 출력 포트(46)를 경유하여 외부 컨트롤러로 공급될 수 있다. 예를 들면, 모터가 세척 액체 펌프를 구동하기 위해 식기 세척기에 사용되는 곳에서 물 레벨은 펌 프가 흡입측상에 물을 유도하기 시작할 때 모터 전류의 갑작스런 증가를 검출함으로써 확인할 수 있다.

설명된 상기 타입의 ECM 시스템에서, 모터(21)의 최대 동작 효율은 BEMF를 리드하는 위상전류에 기인하여 이루어지지 않기 때문에 전류와 전압 피크가 일치하지 않는다. 이것은 제로 교차 검출후에 위상의 스위칭을 지연하기 위해 사용되는 시간을 계산함으로써 본 발명에서 개선된다. 따라서 지연 알고리즘(47)(아래에 더 상세히 설명됨)은 모터 권선에서의 전압과 전류의 피크가 일치하게, 그렇게 함으로써 모터의 효율을 최적화시키는 정류에서의 지연을 소개한다.

BEMF 디지타이저(24)로부터의 출력신호는 정류의 발생과 일치하는 과도현상을 포함한다. 하드웨어 필터를 사용하는 대신에, 본 발명에서는 이러한 과도현상은 소프트웨어로 필터링되어 제거된다. 루틴(48)은 입력 포트(27)상의 신호를 판독하지만 루틴(29)로부터 정류상의 타이밍 정보를 사용하는 각 정류 발생에서 판독 기능을 방해한다.
상기에 설명된 특정한 루틴의 동작은 이어지는 섹션에서 더 상세하게 설명된다.

모터 시작 루틴

모터 시작은 루틴(30)에 의해 두 단계로 실행된다. 제 1 단계는 고정자내의 자기장의 회전을 시작하는 것을 포함한다. 이것은 시계방향 또는 반시계방향 회전에 대하여 스위칭 패턴(도 2)을 통하여 단계적으로 실행된다. 영구 자석 회전자는 고정자의 회전 자장을 따를 것이다. 이 단계에서 시스템은 개방 루프이다.
상기 제 1 단계의 종료에서 회전 자장의 마지막 속도는 고정자의 회전을 탐지하기 위한 디지타이저(24)에 요구되는 최소 BEMF에 의해 결정된다. BEMF 크기는 회전자의 회전속도에 직접적으로 관계가 있다. 회전이 없다면, BEMF는 제로이다. 대안으로, 회전이 빠르면 빠를수록 BEMF는 더 커진다. 그러나, 고정자에서 회전장의 개방 루프 속도가 너무 빨라 회전자가 '캐취 업' 할 수 없다는 점이 있다. 이것은 결과적으로 모터가 적당하게 시작하지 못하게 될 것이다. 이러한 상한 속도 제한은 모터의 관성에 의해 결정된다. 바람직한 실시예의 한 응용에서, 초기 시작 속도 최대는 330rpm이다.
330rpm에서 충분한 BEMF가 폐쇄 회로 동작을 가능하게 하도록 발생된다. 종래기술의 논의에서 설명된 바와 같이, 소프트웨어는 BEMF에 응답하여 다음의 저장된 스위치 패턴으로 단지 변할 것이다. 도 4는 위상(B) 양단의 전압이 각 스위치 패턴 동안 얼마나 변하는지를 보여준다. 회전자의 위치는 BEMF 파형이 디지타이저(24)에 대하여 기준 전압(V_{ref})을 통과할때 결정된다. 다음에 소프트웨어는 다음의 스위치 패턴으로 변경하기에 최적의 시간을 결정한다. 회전자의 속도가 피드백 제어하에 있을때 정류는 BEMF '기준 교차'가 발생할때까지 발생하지 않을 것이다.
시작 루틴의 제 2 단계는 종래기술의 설명에서 설명된 바와 같이 PWM 듀티 사이클을 증가시킴으로써 요구되는 동작 속도로 회전자의 속도를 증가시키는 것을 포함한다.

속도 제어

폐쇄 루프 제어하에서 정류는 회전자를 '따를' 것이다. 바람직한 실시예의 한 응용에서 3000rpm은 회전자의 요구되는 속도이다. 이것은 회전자의 일 회전당 0.02초를 나타낸다. 일 실시예에서 모터 시스템은 4극 회전자와 6극 고정자를 갖는 모터를 제어하기 위해 의도된다. 그러한 모터에서, 두 '전기적' 회전 또는 BEMF 사이클은 회전자가 하나의 기계적 회전으로 회전하는 것이 요구된다. 각각의 전기적 회전은 여섯번의 정류를 요구한다. 이것은 정류 사이의 시간이 1.667msec이라는 것을 의미한다. 330rpm 에서 3000rpm의 초기 시작 속도로부터 회전 속도를 증가시키기 위해, 고정자의 전류는 정류 속도가 1.667msec와 동일할 때가지 증가되어야 한다.
일단 회전자가 동작 속도에 있다면, 회전자상에서의 부하의 변화는 속도에 영향을 미칠 것이다. 속도의 이런 변화는 회전의 요구 속도가 항상 유지되는 것을 확신시키기 위해 이미 설명된 방법으로 PWM 듀티 사이클을 변경함으로써 보상된다.
소프트웨어는 두개의 상이한 스텝 크기에서 PWM 듀티 사이클의 값을 변경할 것이다. 예를 들면:
1. 모터의 속도가 요구 속도의 10% 이내라면, PWM 속도는 1%까지 변경된다.
2. 모터의 속도가 10% 이내가 아니라면, PWM 속도는 5%까지 변경된다.
상기 속도는 본 발명의 일 응용을 예시하기 위해 언급되었다. 더 높은 속도에는 다른 응용이 선택될 수 있다.

자유롭게 변하는 전류 펄스

스위칭 디바이스 전류를 제한하는 루틴(40, 41 및 50)은 자유롭게 변하는 전류 펄스를 사용한다. 이것은 도 5(도 1의 간략화된 버전인)와 도 4를 참조하여 설 명된다. 도 5는 위상(A와 C)에 흐르는 전류를 보여준다. 이것은 위상(A)는 상부 스위치(A+)와 대응하고 위상(C)는 하부 스위치(3)(C-)에 대응한다. 이 전류는 실선 화살표로 표현된다.
점선 화살표는 이전 정류의 스위칭 패턴에 기인하여 흐르는 전류를 나타낸다. 이전 정류는 스위치(1)(A+)와(2)(B-)를 온했었다(도 2 참조). 전력 스위치(2)(B-)가 턴 오프하고 스위치(3)(C-)가 턴 온할 때, 위상(B)의 인덕터에서의 전류는 순간적으로 제로로 감소할 수가 없다. 인덕터는 전류흐름을 유지한다. 이것은 상부 스위치(4)에 병렬인 자유롭게 변하는 다이오드(5)가 전도하기 시작할 때까지 위상(B)의 끝에서 전압을 상승시킨다. 이 점에서 '위상 끝' 전압은 V+ 0.6볼트로 클램프되고 전류는 위상(B) 인덕터 밖으로 흐른다. 이 '자유롭게 변하는' 전류는 스위치가 턴 오프할때마다 발생한다. 전류가 제로로 감소되었을 때, 다이오드는 전도를 멈추고 위상(B) 양단의 전압은 단순히 BEMF에 기인한다. 위상(B)에 대한 자유롭게 변하는 전류 펄스가 도 4의 'CP'로 지정된다.
전류가 위상에 흐를 때 BEMF는 탐지될 수 없다. 자유롭게 변하는 전류는 BEMF의 탐지에 불연속의 원인이 된다. 이것은 여기에서 '전류 펄스'로 언급된다. 위상(B) 전압 파형은 도 4에 도시되고 전류 펄스를 분명히 볼 수 있다.

전류제어

정류 스위칭을 통한 전류는 사용되는 디바이스에 적당한 안전한 레벨로 제한되어야 한다. 바람직한 실시예에서 스위칭 디바이스로써 사용된 FET에 대한 제한은 정상인 2AMP 상태이고 연속적으로 펄스된 4AMP이다. 각 권선의 최대 전류는 레일 전압과 권선의 전압에 의해 분할된 권선에서 발생된 BEMF 사이의 차에 의해 결정된다.

$$\frac{[V_{rail}-V_{BEMF}]}{R_{winding}}=I_{motor}$$

전류 상승 속도는 권선의 인덕턴스에 의해 결정된다.

$$\frac{dI_{motor}}{dt}=\frac{[V_{rail}-V_{BEMF}]}{L}$$

시작에서 정류 디바이스를 통한 피크 전류가 항상 4AMP 아래에 있다는 것을 확인하기 위해, PWM 듀티사이클은 최소값으로 유지된다. 이 최소값은 또한 시작에서 허가되는 최대 토오크를 셋팅한다. 회전자와 연결된 리드의 관성은

시작에서 허용되는 최대 토오크가 모터를 시작한다는 것을 확인시키기에 충분히 낮아야 한다.
초기 PWM 값은 회전자의 초기 관성과 어떤 초기 부하를 극복하기 위해 충분한 시작 토오크가 있다는 것을 확신시키기 위해 선택된다. 이 값은 4개의 기준에 따라 정류 기초에 의해 정류상에 변경된다.
1. 모터 전류가 임계값이 된다면 사전-정의된 '안전' 값으로 PWM을 제한한다.
2. 모터 전류가 임계 제한에 접근한다면 PWM을 감소시킨다.
3. 모터가 속도 이하라면 PWM을 증가 시킨다.
4. 모터가 속도 초과라면 PWM을 감소 시킨다.
도 6은 이미 설명된 시스템에서의 모터 동작을 지시하는 그래프이다. 쌍곡선은 상이한 PWM 듀티 사이클(예를 들면, 9%, 18%, 27%등)에 대한 토오크 대 회전자 속도 그래프이다. 다소 수평적인 커브는 주어진 PWM 듀티 사이클 퍼센티지와 회전자 속도에서 스위칭 디바이스 RMS 전류의 플롯이다. 이 그래프는:
1. PWM 듀티 사이클과 모터 출력 토오크사이의 선형관계

$$\text{토오크} = \frac{\text{파워}}{\text{속도}}$$ 그리고 출력 전력 = $V_{BEMF} * I_{motor}$

따라서 $$\text{토오크} = \frac{(V_{BEMF} * I_{motor})}{\text{속도}}$$

일정한 속도(314 rad/sec 또는 3000rpm)에서 V_{BEMF} 는 일정하게 머물 것이다. I_{motor} 의 변화(상이한 PWM 듀티 사이클을 경유한)는 모터의 토오크가 적당하게 선형 관계로 변하게할 것이다. 이것은 주어진 속도에 대하여 PWM 듀티 사이클과 부하 변화 사이의 관계가 선형이라는 것을 의미한다.
2. 모터 전류가 4AMP를 초과하지 않는다는 것을 확신시키기 위해 PWM 듀티 사이클을 최소화. 30% 또는 이하의 모든 PWM 듀티 사이클 커브는 결코 4AMP 수평선을 교차하지 않는다. 이것은 각각의 회전자 속도, 모터 전류가 이 듀티 사이클에 대해 4AMP를 초과하지 않을 것이라는 것을 의미한다. 이것은 시작과 모터 실패 조건하에서 최대 PWM 값을 결정한다.
3. 정상 동작은 모터 전류가 2AMP RMS를 초과하지 않게할 것이다. 314 rad/sec(3000 rpm)의 속도에서 그리고 100%의 PWM 듀티 사이클에서, 그래프는 모터에서의 전류가 2AMP RMS를 초과하지 않는다는 것을 보여준다.
도 6은 또한 RMS 모터 전류(AMP로 측정된 오른편 Y축) 대 전류 펄스의 듀레이션(msec로 측정된)의 그래프를 보여준다. 이 그래프는 전류 펄스의 듀레이션이 모터의 RMS 전류에 직접적으로 비례한다. 이것은 모터의 RMS 전류가 전류 펄스의 듀레이션을 측정함으로써 결정되게 한다. 이것은 교대로 종래기술 ECM을 대표하는 전용 하드웨어 전류 제한 회로의 제거를 가능하게 한다.

<u>전류 제한</u>

전류 제한은 어떤 실패 또는 시작 조건하에서 PWM 듀티 사이클 값(33에서 17%)을 제한함으로써 이루어진다. 실패 조건은 루틴(50)이 전류 펄스 듀레이션이 1msec보다 더 길다는 것을 루틴(40)으로부터 통과된 데이터로부터 확인되었을 때 발생된다. 이것은 FET를 통해 흐르는 대략 3AMP RMS에 대응한다. 이 조건이 검출되면, 듀티 사이클 값은 즉시 17%로 제한되고 소프트웨어는 모터는 풀 속도로 복원하려고 할 것이다. 소정 수의 시도가 모터를 풀 속도로 복원하는데 실패하면 소프트웨어는 사용자에게 에러를 알릴 것이다.

<u>전류 트립</u>

전류 트립은 스위치 모드 전력 공급(SMPS)(23)에 의해 수월해진다. 제 1 인덕터의 전류가 2.25 - 3.15AMP보다 상승하면 다음에 최상 스위치는 SMPS 의 다음 스위치가 초기화될때까지 턴 오프한다. 이것은 제 2 인덕터로 전달될 수 있는 에너지량을 제한한다.
이러한 조건을 발생하게 하는 전형적인 실패는 동일한 시간에 소프트웨어 제어 또는 하드웨어 실패의 손실에 기인하는 상부와 하부 FET이다. FET를 통하여 흐를 전류량은 얼마나 많은 에너지가 변압기의 제 2 인덕터와 40V 레일를 가로지르는 평탄한 커패시터내에 있는지에 의존한다. 특별히 N 채널이 손상되기 전에 조절할 수 있는 피크 에너지는 30미리주울이다.

<u>최적 모터 효율</u>

알고리즘(47)의 기능은 모터 전력에 대한 방정식으로부터 이해되는 바와 같이, 모터 효율을 최적화하기 위해 위상에서 전류 파형과 BEMF를 유지하는 것이다:
$Powermotor = V_{BEMF} * I_{motor} * \cos(\text{위상각})$
가능한한 작게 위상각을 유지하는 것은 이전 정류에 특정한 많은 양의 시간에 모든 정류를 지연하는 것을 포함한다. 이 동적 정류 지연을 계산하는 방정식은:

$$\text{최적지연} = \frac{\text{요구 정류 률} - \text{전류펄스듀레이션}}{2}$$

이 방정식은 그래픽적으로 도출될 수 있다. 도 7은 두 개의 트레이스를 도시한다. 정현파 트레이스는 영구자석 스핀 주위에 따라 고정자의 권서에서 유도된 BEMF이다. 부등변 사각형 트레이스(I_{phase})은 주어진 권선을 통하여 흐르는 전류이다. 목표는 $t_1 = t_6$ 을 만드는 것이다. 이것은 전류 파형이 위상각을 최소화하기 위해, BEMF에 비하여 집중되는 것을 알 수 있다.
정류간 시간 (TBC) = $t_5 + t_6 + t_7$
따라서 $t_6 = TBC - t_5 - t_7$
재배열하면, $t_7 = t_1 = t_6$
이므로
$t_6 + t_7 = TBC - t_5$
$2t_6 = TBC - t_5$

$$t_6 = \frac{(TBC - t_5)}{2}$$

로 이해할 수 있다.
여기에서 t_6 = 최적 지연
t_5 = 전류 펄스 듀레이션
TBC = 전류 정류률
이다.
이 알고리즘은 각 정류를 동적으로 실행하게 한다. 그러나 실질적으로 일정한 속도의 응용에서 동작 지연 시간 값은 각 모터 작동 모드동안 인가되기 위해 마이크로프로세서(25)에서 미리 계산되고 미리 부하된다.
이러한 경우에서의 계산은 요구된 정류 속도와 컴퓨터 모델링 또는 가정에 의해 결정된 전류 펄스 듀레이션의 값에 근거한 정류간의 시간값을 사용한다.
본 모터 시스템은 비교적 낮은 PWM 속도로 구현 될 수 있고 낮은 소음 작동을 이룰 수 있다. 큰 인덕턴스(예를 들어 돌출 극)를 사용함으로써 모터는 낮은 PWM 속도의 사용을 수월하게 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
어떤 순간에 한 개의 모터 권선이 파워오프되고, 권선 정류를 초기화하기 위해 사용되는 정보인 역 EMF 제로 교차를 검출하기 위해 사용되며, 정류 디바이스를 제어하는 신호의 펄스 폭 변조가 모터 가속을 제어하기 위해 사용되고, 단방향 전류 디바이스가 정류 디바이스에 병렬로 연결된 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터에 있어서, 전류 공급이 이 권선으로부터 제거된 후에 상기 단방향 전류 디바이스에 의한 저장된 에너지의 소멸에 기인하여 이 권선에 발생된 전류 펄스의 듀레이션이 모터 전류의 측정을 제공하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터.

청구항 2.
제 1 항에 있어서, 상기 모터 전류의 측정은 모터 전류를 안전한 값으로 제한하기 위해 상기 펄스 폭 변조 듀티 사이클을 제어하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 브러시없는 DC 모터.

청구항 3.
삭제

청구항 4.
삭제

청구항 5.
전자적으로 정류된 모터 시스템에 있어서,
적어도 하나의 위상 권선을 갖는 고정자와 회전자를 갖는 브러시없는 DC 모터;
직류 전력 공급, 상기 적어도 하나의 권선 또는 선택된 쌍의 고정자 권선에 전류를 공급하기 위하여 상기 전력 공급에 연결된 스위칭 디바이스, 및 스위칭 디바이스를 통한 전류 공급이 제거된 후에 각각의 권선에 저장된 에너지를 소멸하기 위해 전류 통로를 제공하는 단방향 전류 디바이스를 포함하는 정류회로;
상기 적어도 하나의 권선상의 전압을 탐지하고 상기 전압을 A기준 신호 전압에 비교함으로써 회전자의 회전에 의해 상기 적어도 하나의 권선에 유도된 역 EMF의 제로-교차를 검출하는 디지타이저 회로;
메모리와 입력-출력 포트를 포함하고, 제 1 포트는 상기 디지타이저 회로의 출력에 연결되고 포트의 제 2 그룹은 스위칭 제어 신호를 제공하기 위해 상기 정류회로에 연결된 프로그램된 디지털 프로세서;를 포함하며,
상기 프로세서가 상기 스위칭 제어 신호를 발생시키도록 하기 위해 상기 메모리에 소프트웨어를 저장하고, 상기 소프트웨어는
(a) (i) 상기 스위칭 디바이스에 연속적으로 그리고 순환적으로 인가된다면, 고정자 권선이 회전 자장을 발생하게 하는 상기 정류회로의 각각의 스위칭 디바이스에 대한 상태 조합의 시퀀스, 및 (ii) 회전자가 대응하는 소정의 위치에 있을 때 회전을 계속하게 하기 위하여 회전자에 토오크를 발생시키는 스위칭 디바이스 상태조합중 하나에 각각 대응하는 상기 회전자의 소정의 각 위치에 대해 상기 디지털 회로의 가능한 출력 상태의 시퀀스를 저장하는 테이블,
(b) 상기 테이블로부터 각각 저장된 상태 조합을 선택하고 어떤 주어진 시간에 선택된 특정한 조합의 상태에 대응하는 논리 레벨을 갖는 각 스위칭 디바이스에 대해 디지털 스위칭 제어 신호를 발생시키는 루틴,
(c) 고정자 권선에 RMS 전류를 제어하기 위해 상기 스위칭 제어 신호를 펄스 폭 변조하는 루틴,
(d) 저장된 듀티 사이클값에 따라 펄스 폭 변조의 듀티 사이클을 셋팅하는 루틴,
(e) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고 그것으로부터 회전자의 각 위치를 결정하는 위치 결정 루틴,
(f) 회전을 계속하도록 각각 탐지된 회전자 위치에 대응하는 저장된 상태 조합을 선택하기 위해 상기 선택 루틴을 호출하는 루틴,
(g) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고 그것으로부터 상기 회전자의 각속도를 결정하는 속도 결정 루틴,
(h) 요구되는 회전자의 속도의 값을 저장하는 테이블,
(i) 결정된 회전자 속도를 속도 에러값을 발생하기 위해 요구되는 회전자 속도의 값과 비교하는 루틴,
(j) 상기 속도 에러값을 수신하고, 회전자의 속도가 요구되는 속도보다 작을 때는 상기 저장된 듀티 사이클 값을 증가시키고 회전자 속도가 요구되는 속도보다 클때는 상기 저장된 듀티 사이클 값을 감소시키기 위해 상기 저장된 듀티 사이클 값을 갱신하는 루틴,

(k) 상기 디지타이저의 출력을 판독하고, 그것으로부터 스위칭 디바이스를 통해 각 권선에 전류의 공급이 제거된 후에 저장된 에너지의 소멸동안 각 위상 권선에 발생된 펄스의 듀레이션을 결정하는 펄스 듀레이션 결정 루틴,
(l) 상기와 같이 결정된 듀레이션이 상기 최대값보다 크다면 상기 저장된 듀티 사이클 값을 감소된 값으로 셋팅하는 값을 발생시키기 위해, 상기와 같이 결정된 펄스 듀레이션을 펄스 듀레이션의 저장된 소정의 최대값과 비교하는 루틴, 및
(m) 상기 감소된 값을 판독하고 현재 저장된 듀티 사이클 값을 갱신하는 루틴을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 고정자는 적어도 세 개의 위상 권선을 가지며, 상기 스위칭 디바이스는 상기 전력 공급에 선택된 권선 쌍을 연속적으로 연결하며, 상기 디지타이저는 모든 권선에 유도된 역 EMF 의 제로 교차를 검출하기 위해 각각의 권선에 연결되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 7.

제 5 항에 있어서, 상기 디지타이징 회로가 제로-교차를 검출할 때 위상 권선의 스위칭을 지연함으로써 전류와 역 EMF사이의 위상각을 감소시키기 위한 루틴을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 지연 루틴은 상기 권선에 전류의 공급이 제거된 후에 저장된 에너지의 소멸동안 순간적으로 앞서 정류된 위상에 발생되는 전류 펄스의 듀레이션과 순간적으로 앞선 정류사이의 시간 간격사이의 차의 반과 동일한 지연을 구현하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 9.

제 5 항에 있어서, 상기 선택 루틴이 상기 테이블로부터 저장된 상태 조합을 연속적으로 선택하게하고 일정한 낮은 주파수에서 또는 소정 속도가 달성될때까지 상기 위치 결정 루틴으로부터 데이터에 영향을 주지않는 낮은 점진적으로 증가하는 주파수에서 각 스위칭 디바이스에 스위칭 제어 신호를 제공하게하는 모터 시작 루틴이 포함되고, 상기 위치 결정 루틴으로부터의 데이터가 다음에 스위칭 디바이스 제어 신호를 결정하기 위해 상기 선택 루틴을 호출하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 10.

제 5 항에 있어서, 상기 속도 에러 값을 저장된 임계값과 비교하고 만일 에러 값이 임계값을 초과하면 저장된 듀티 사이클 값은 에러 값이 임계값을 초과하지 않는 경우보다 더 큰 값으로 증가되거나 또는 감소되는 루틴이 포함되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 11.

제 5 항에 있어서, 펄스 듀레이션이 상기 제 2 소정값보다 더 크다면 소정량만큼 상기 저장된 사이클 값을 감소시키기 위해 상기 소정의 최대값보다 적은 제 2 저장된 소정값과 상기 펄스 듀레이션을 비교하는 루틴이 포함되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 12.

제 5 항에 있어서, 갱신 듀티 사이클 값을 저장된 소정의 최대값과 비교하고 갱신값이 최대값을 초과하면 듀티 사이클 값이 상기 최대값으로 셋팅되는 루틴을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 13.

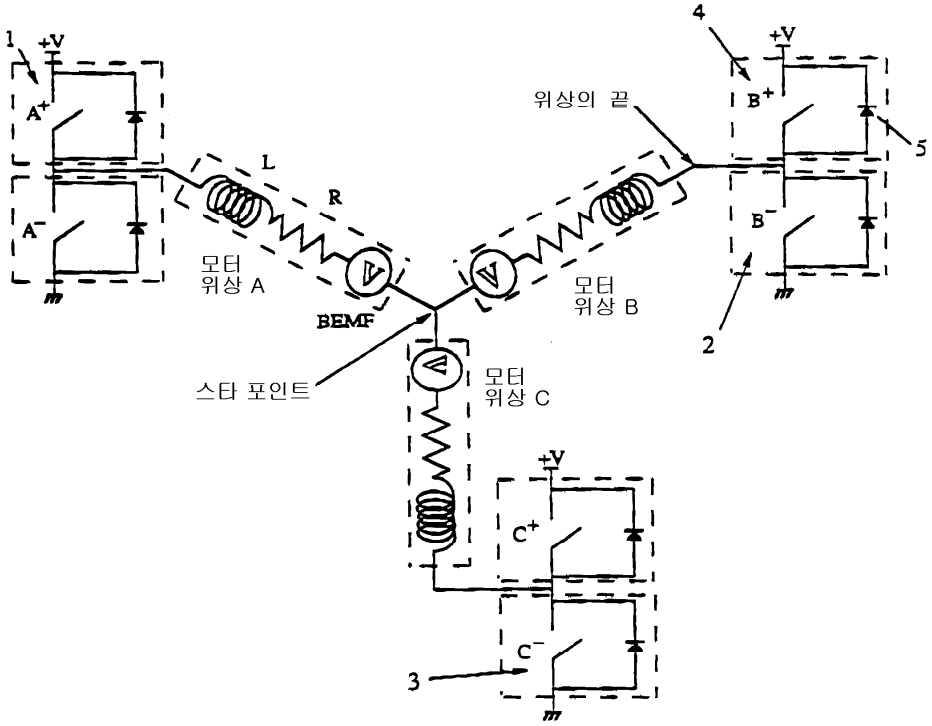
제 12 항에 있어서, 듀티 사이클의 제 2 최대값이 저장되고 상기 시작 루틴이 실행될 때 사용되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

청구항 14.

제 5 항에 있어서, 디지타이저의 출력이 스위칭 디바이스 제어 신호에 트랜지션이 있을 때 판독되지 않게 하기 위해 상기 선택 루틴으로부터 통과된 데이터에 따라 상기 디지타이저의 출력을 판독하는 루틴을 제어하는 루틴이 포함되는 것을 특징으로 하는 전자적으로 정류된 모터 시스템.

도면

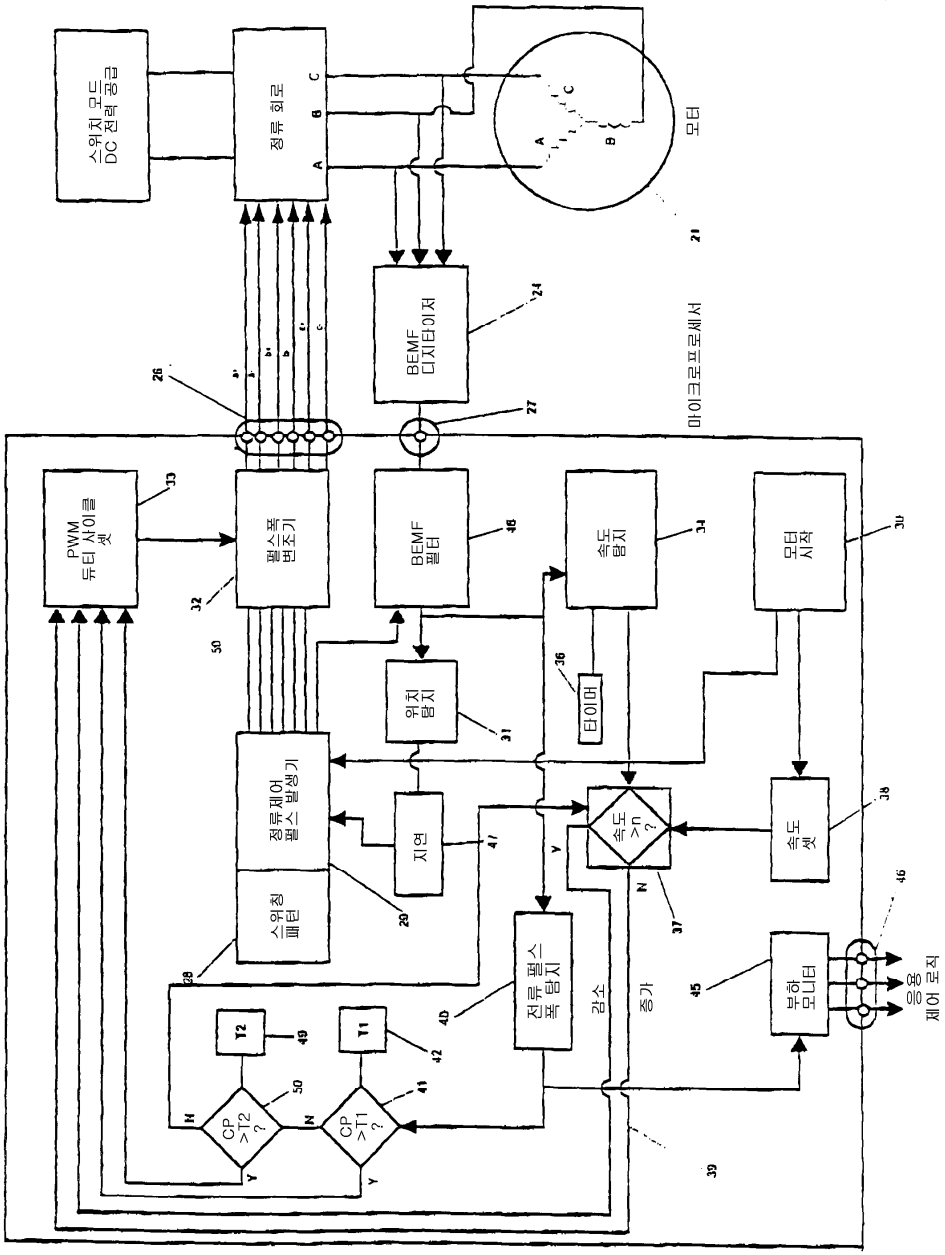
도면1



도면2

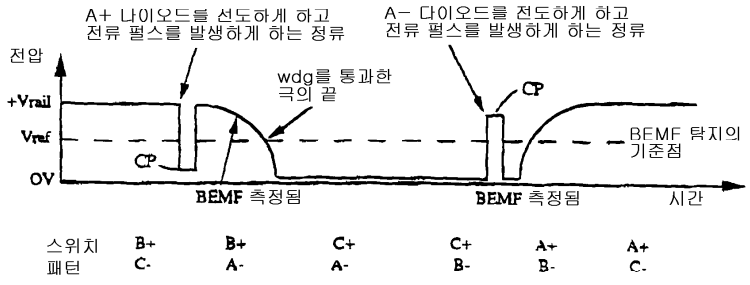
A+	A+	B+	B+	C+	C+
B-	C-	C-	A-	A-	B-

도면3

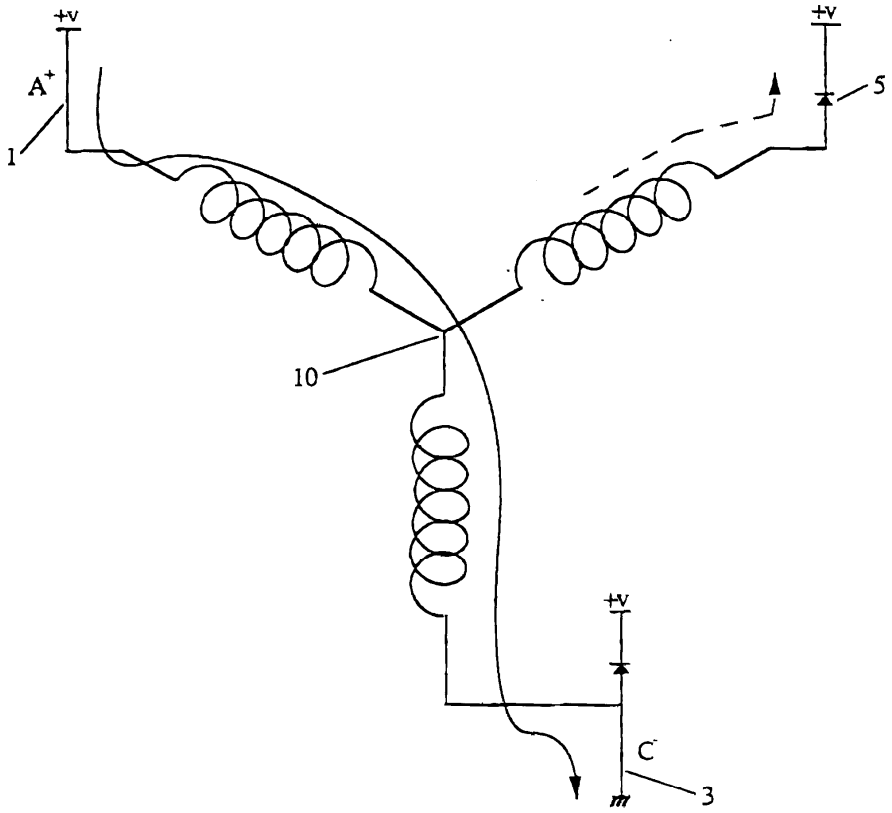


도면4

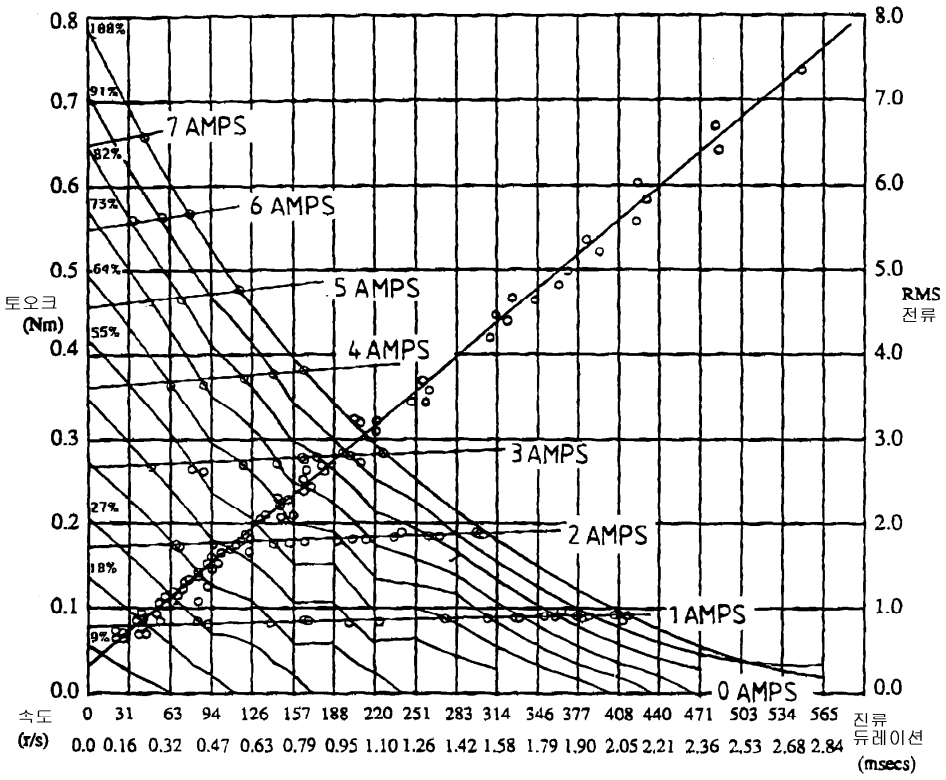
위상 B를 거쳐 측정된 전압



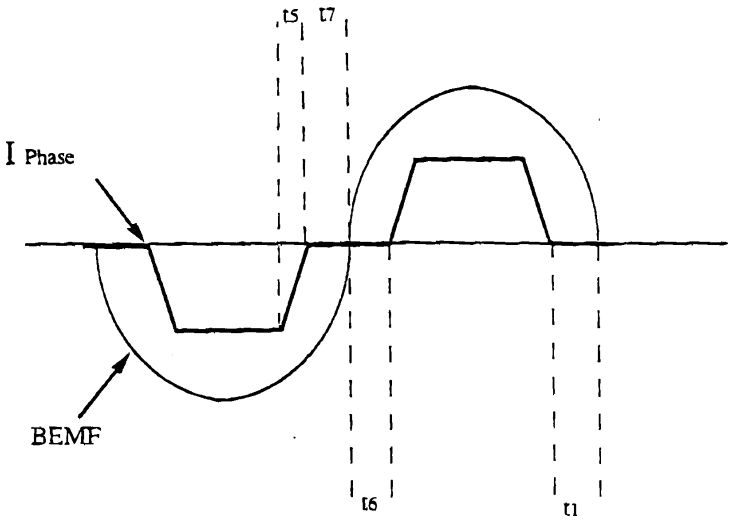
도면5


+V
A+
1
+V
5
10
+V
C
3

도면6


0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
토오크
(Nm)
100%
91%
82%
73%
64%
55%
27%
18%
9%
7 AMPS
6 AMPS
5 AMPS
4 AMPS
3 AMPS
2 AMPS
1 AMPS
0 AMPS
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
RMS
전류
속도
(r/s)
0 31 63 94 126 157 188 220 251 283 314 346 377 408 440 471 503 534 565
0.0 0.16 0.32 0.47 0.63 0.79 0.95 1.10 1.26 1.42 1.58 1.79 1.90 2.05 2.21 2.36 2.53 2.68 2.84
진류
듀레이션
(msecs)

도면7



도면8

