



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0051073  
(43) 공개일자 2019년05월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02K 9/20 (2006.01) H02K 11/25 (2016.01)  
H02K 7/00 (2014.01) H02P 29/64 (2016.01)
- (52) CPC특허분류  
H02K 9/20 (2013.01)  
H02K 11/25 (2016.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7012334
- (22) 출원일자(국제) 2016년11월24일  
심사청구일자 2019년04월29일
- (85) 번역문제출일자 2019년04월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2016/084856
- (87) 국제공개번호 WO 2018/096636  
국제공개일자 2018년05월31일

- (71) 출원인  
가부시킴가이샤 엠링크  
일본국 카나가와켄 야마토시 추오린칸 3초메 28-22
- (72) 발명자  
시라키 마나부  
일본국 카나가와켄 야마토시 추오린칸 1-5-7, 가부시킴가이샤 엠링크내  
오모모 슈이치  
일본국 카나가와켄 야마토시 추오린칸 1-5-7, 가부시킴가이샤 엠링크내
- (74) 대리인  
신관호

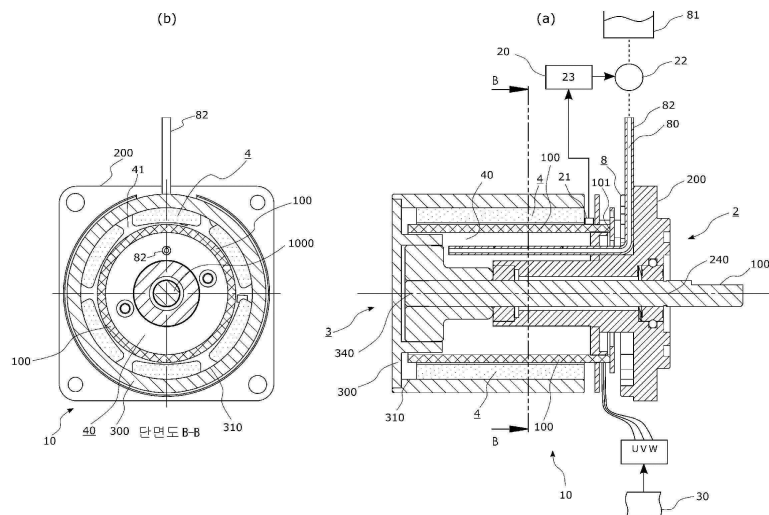
전체 청구항 수 : 총 57 항

(54) 발명의 명칭 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템

**(57) 요약**

정격 부하를 넘는 부하에서 상시 운전하는 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법 및 그것을 포함한 구동 시스템의 실현을 목표로 하는 것이고, 보다 구체적으로는, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 단면을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트에 회전 자유롭게 배치되는 원통형 또는 컵형 마운트(300)에서 내주면에 복수의 마그넷(4)이 배치되고 있는 로터(3)로 에어 갭을 포함한 공극(40)을 형성하는 무철심 회전 전기 기계에 있어서, 정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 에어 갭을 포함한 공극에 냉매액(80)을 공급하고, 발열하는 원통 코일이 냉매액을 기화하고, 냉매액의 기화 잠열로 원통 코일을 냉각하고, 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게, 냉매액의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템.

**대표도**



(52) CPC특허분류

*H02K 7/003* (2013.01)

*H02P 29/64* (2016.02)

*H02K 2201/03* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트에서 그 원통형 마운트의 내주면에 복수의 마그넷이 배비(配備)되고 있는 로터로 에어 갭을 포함한 공극(空隙)을 형성하고, 상기 공극에 냉매액을 공급하는 경로를 상기 스테이터에 설치하고, 상기 스테이터에 관련하는 제어부와, 상기 로터에 관련하는 구동부를 배비하는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계이며,

상기 구동부를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 상기 제어부를 작동하고, 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하고, 발열하는 상기 원통 코일이 상기 냉매액을 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게, 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 상기 제어부가 작동하고, 상기 원통 코일이 상기 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 동작과, 그 동작에 의해서 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밑돌지 않게 상기 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하도록 한 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 3

제 1항 또는 제 2항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 냉매액을 상기 공극에 공급하기 위한 펌프와, 상기 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하기 위한 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 6

제 4항 또는 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

#### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 순환 수단에 의해 상기 냉매액의 기상(氣相)을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 8**

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배비하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 9**

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 한편의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트로 이루어지는 로터에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극을 형성하고,

상기 로터를 구성하는 상기 컵형 마운트는, 한편은 개방되고 다른 한편은 단혀진 저부를 가지고, 상기 저부에 동심원의 이너 요크 및 아우터 요크를 일체화하고, 상기 이너 요크의 외주면 및 / 또는 상기 아우터 요크의 내주면에 복수의 마그넷을 서로 원주 방향에 간극(間隙)을 비워 배비하고, 상기 간극에 대응하는 상기 이너 요크의 위치에 상기 이너 요크에 관통하는 슬릿을 설치하고 있고,

상기 원통 코일의 다른 한편의 단면을, 상기 컵형 마운트의 상기 저부와 사이에 극간(隙間)을 남겨 상기 원통 코일을 상기 제1 공극에 띄워 배치하고, 상기 컵형 마운트의 한편의 단면과 상기 개형 마운트와의 사이에 상기 원통 코일의 내주 측에 제2 공극이 형성되고, 상기 원통 코일의 외주 측에 제3 공극이 형성되고, 상기 제1 공극에 냉매액을 공급하는 경로가 상기 스테이터에 설치되고, 상기 스테이터에 관련하는 제어부와, 상기 로터에 관련하는 구동부가 배비되는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계이며,

상기 구동부를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 상기 제어부를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 상기 슬릿을 개재시켜 상기 원통 코일에 보내지는 상기 냉매액을 발열하는 상기 원통 코일이 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게, 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 10**

제 9항에 있어서,

정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 상기 제어부가 작동하고, 상기 원통 코일이 상기 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 동작과, 상기 동작에 의해서 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밑돌지 않게 상기 제1 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하도록 한 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 11**

제 9항 또는 제 10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하기 위한 펌프와, 그 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 12**

제 9항 내지 제 11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 13**

제 12항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하기 위한 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 14**

제 12항 또는 제 13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 제1 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 15**

제 14항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 순환 수단에 의해 상기 냉매액의 기상을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 16**

제 9항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컵형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배비하는 것을 특징으로 하는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 17**

제 1항 내지 제 16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 축 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 18**

제 1항 내지 제 16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 19**

제 1항 내지 제 18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 무철심 회전 전기 기계.

**청구항 20**

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트에서 그 원통형 마운트의 내주면에 복수의 마그넷이 배비되고 있는 로터에 의해서 에어 갭을 포함한 공극을 형성하고, 상기 공극에 냉매액을 공급하는 경로를 상기 스테이터에 설치하고, 상기 스테이터에 관련하는 제어부와, 상기 로터에 관련하는 구동부를 배비하는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계의 구동 방법이며,

상기 구동부를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동하는 공정과,

상기 제어부를 작동하고, 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 공정과,

발열하는 상기 원통 코일이 상기 냉매액을 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하는 공정과,

상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 21**

제 20항에 있어서,

상기 제어부를 작동하고, 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밑돌지 않게 상기 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 공정을 포함하고, 그 공정과 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 상기 공정을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 22**

제 20항 또는 제 21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부가, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 냉매액을 공급하는 펌프와, 그 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하며,

상기 코일 온도 검지 센서를 작동하고, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 공정과,

그 공정에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 펌프를 작동하고, 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 공정 및 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 기재된 구동 방법.

**청구항 23**

제 20항 내지 제 22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배치하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 24**

제 23항에 있어서,

상기 제어부가, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하며,

상기 코일 온도 검지 센서를 작동하고, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 공정과,

그 공정에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 전자 밸브를 작동하고, 상기 냉매액 용기로부터 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 공정 및 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 25**

제 23항 또는 제 24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 스테이터에 더 배치하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 26**

제 25항에 있어서,

상기 제어부가 상기 순환 수단을 작동하고, 상기 냉매액의 기상을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 27**

제 20항 내지 제 26항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배치하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 28**

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 한편의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트로 이루어지는 로터에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극을 형성하고,

상기 로터를 구성하는 상기 컵형 마운트는, 한편은 개방되고 다른 한편은 닫혀진 저부를 가지고, 상기 저부에 동심원의 이너 요크 및 아우터 요크를 일체화하고, 상기 이너 요크의 외주면 및 / 또는 상기 아우터 요크의 내주면에 복수의 마그넷을 서로 원주 방향에 간극을 비워 배치하고, 상기 간극에 대응하는 상기 이너 요크의 위치에 그 이너 요크에 관통하는 슬릿을 설치하고 있고,

상기 원통 코일의 다른 한편의 단면을, 상기 컵형 마운트의 상기 저부와 사이에 극간을 남겨 상기 원통 코일을 상기 제1 공극에 띄워 배치하고, 상기 컵형 마운트의 한편의 단면과 상기 개형 마운트와의 사이에 상기 원통 코일의 내주 측에 제2 공극이 형성되고, 상기 원통 코일의 외주 측에 제3 공극이 형성되고, 상기 제1 공극에 냉매액을 공급하는 경로가 상기 스테이터에 설치되고, 상기 스테이터에 관련하는 제어부와, 상기 로터에 관련하는 구동부가 배비되는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계의 구동 방법이며,

상기 구동부를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동하는 공정과,

상기 제어부를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 상기 슬릿을 개재시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보내는 공정과,

발열하는 상기 원통 코일이 상기 냉매액을 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하는 공정과,

상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게, 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 29**

제 28항에 있어서,

상기 제어부를 작동하고, 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밑돌지 않게 상기 제1 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 공정을 더 포함하고, 그 공정과 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 상기 슬릿을 개재시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보내는 상기 공정을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 30**

제 28항 또는 제 29항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부가, 코일 온도 검지 센서와, 상기 냉매액을 공급하기 위한 펌프와, 상기 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하며,

상기 코일 온도 검지 센서를 작동하고, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 공정과,

그 공정에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 펌프를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급해 상기 슬릿을 개재시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보내는 공정 및 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 31**

제 28항 내지 제 30항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 32**

제 31항에 있어서,

상기 제어부가, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서와, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 냉매액을 상기 제1 공극에 공급하기 위한 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하고,

상기 코일 온도 검지 센서를 작동하고, 상기 원통 코일의 온도를 검출하는 공정과,

상기 공정에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 전자 밸브를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급해 상기 슬릿을 개폐시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보내는 공정 및 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 33**

제 31항 또는 제 32항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 제1 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 34**

제 33항에 있어서,

상기 제어부가 상기 순환 수단을 작동하고, 상기 냉매액의 기상을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 35**

제 28항 내지 제 34항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 컵형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 방법.

**청구항 36**

제 20항 내지 제 35항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 긴(長手) 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 구동 방법.

**청구항 37**

제 20항 내지 제 35항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 청구항 20에서 35의 어느 쪽인가에 기재된 구동 방법.

**청구항 38**

제 20항 내지 제 37항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 구동 방법.

**청구항 39**

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트에서 그 원통형 마운트의 내주면에 복수의 마그넷을 내주면에 배비되고 있는 로터에 의해서 에어 갭을 포함한 공극을 형성하고, 상기 스테이터에 상기 공극에 냉매액을 공급하는 경로를 가지는 무철심 회전 전기 기계와, 상기 로터와 연동해 작동하는 상기 회전 전기 기계를 구동하는 구동장치와, 상기 스테이터에 배치되는 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 제어장치로 이루어지는, 상기 무철심 회전 전기 기계를 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 구동 시스템이며,

상기 구동장치를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동할 때에, 상기 제어장치를



작동하고, 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하고, 발열하는 상기 원통 코일이 상기 냉매액을 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 40**

제 39항에 있어서,

정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동할 때에, 상기 제어장치를 작동하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 공극에 상기 냉매액을 공급하는 동작과, 그 동작에 의해서 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밑돌지 않게 상기 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하도록 한 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 41**

제 39항 또는 제 40항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 냉매액을 공급하는 펌프와, 상기 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 코일 온도 검지 센서에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 펌프를 작동하고, 상기 공극에 상기 냉매액을 공급함과 동시에 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 42**

제 39항 내지 제 41항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배치하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 43**

제 42항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 냉매액을 공급하는 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 전자 밸브를 작동하고, 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 공극에 상기 냉매액을 공급함과 동시에 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 44**

제 42항 또는 제 43항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 무철심 회전 전기 기계의 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 45**

제 44항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 순환 수단에 의해 상기 냉매액의 기상을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 46**

제 39항 내지 제 45항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무철심 회전 전기 기계는, 상기 원통형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 47**

통전 가능한 무철심의 원통 코일의 한편의 단면을 고정하는 개형 마운트로 이루어지는 스테이터와, 상기 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트로 이루어지는 로터에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극을 형성하고,

상기 로터를 구성하는 상기 컵형 마운트는, 한편은 개방되고 다른 한편은 닫혀진 저부를 가지고, 상기 저부에 동심원의 이너 요크 및 아우터 요크를 일체화하고, 상기 이너 요크의 외주면 및 / 또는 상기 아우터 요크의 내주면에 복수의 마그넷을 서로 원주 방향에 간극을 비워 배치하고, 상기 간극에 대응하는 상기 이너 요크의 위치에 그 이너 요크에 관통하는 슬릿을 설치하고 있고,

상기 원통 코일의 다른 한편의 단면을, 상기 컵형 마운트의 상기 저부와 사이에 극간을 남겨 상기 원통 코일을 상기 제1 공극에 띄워 배치하고, 상기 컵형 마운트의 한편의 단면과 상기 개형 마운트와의 사이에 상기 원통 코일의 내주 측에 제2 공극이 형성되고, 상기 원통 코일의 외주 측에 제3 공극이 형성되고, 상기 스테이터에 상기 제1 공극에 냉매액을 공급하는 경로를 가지는 무철심 회전 전기 기계와, 상기 로터와 연동해 작동하는 상기 회전 전기 기계를 구동하는 구동장치와, 상기 스테이터에 배치되는 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 제1 공극에 상기 냉매액을 공급하는 제어장치로 이루어지는, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계를 가동하기 위한 구동 시스템이며,

상기 구동장치를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동할 때에, 상기 제어장치를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 발열하는 상기 원통 코일이 상기 슬릿을 개재시켜 상기 원통 코일에 보내지는 상기 냉매액을 기화하고, 상기 냉매액의 기화 잠열로 상기 원통 코일을 냉각하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 48**

제 47항에 있어서,

정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계를 가동할 때에, 상기 제어장치를 작동하고, 상기 원통 코일이 정격 운전시의 상기 허용 상한 온도를 넘지 않게 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하는 동작과, 그 동작에 의해서 상기 원통 코일이 적어도 상기 냉매액이 기화하는 하한 온도를 밀돌지 않게 상기 제1 공극에 대한 상기 냉매액의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 상기 원통 코일을 상기 허용 상한 온도와 상기 하한 온도와의 범위에 유지하도록 한 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 49**

제 47항 또는 제 48항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하는 펌프와, 그 펌프에 대한 온·오프 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 코일 온도 검지 센서에 연동해 상기 컨트롤러가 상기 펌프를 작동하고, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 상기 슬릿을 개재시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보냄과 동시에 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 50**

제 47항 내지 제 49항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경로에 연통하는 냉매액 용기를 상기 스테이터에 더 배치하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 51**

제 50항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하는 전자 밸브와, 상기 전자 밸브에 대한 개폐 지령에 의해서 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 컨트롤러를 포함하고, 상기 코일 온도 검지 센서와 연동해 상기 컨트롤러가 상기 전자 밸브를 작동하고, 상기 원통 코일보다 높은 위치에 배치된 상기 냉매액 용기로부터 상기 제1 공극의 상기 이너 요크의 내측에 상기 냉매액을 공급하고, 상기 슬릿을 개재시켜 발열하는 상기 원통 코일에 상기 냉매액을 보냄과 동시에 상기 냉매액의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 하는 것

을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 52**

제 50항 또는 제 51항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액 용기와 상기 공극과의 사이를 연통하는 순환 수단을 상기 무철심 회전 전기 기계의 상기 스테이터에 더 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 53**

제 52항에 있어서,

상기 제어장치가, 상기 순환 수단에 의해 상기 냉매액의 기상을 상기 냉매액 용기에 액상으로 회수하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 54**

제 47항 내지 제 53항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무철심 회전 전기 기계는, 상기 원통형 마운트의 중심부에 고정되고, 상기 개형 마운트의 중심부에 회전 자유롭게 연결되는 구동 샤프트를 배비하는 것을 특징으로 하는 구동 시스템.

**청구항 55**

제 39항 내지 제 54항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 긴 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 구동 시스템.

**청구항 56**

제 39항 내지 제 54항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 원통 코일은, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 구동 시스템.

**청구항 57**

제 39항 내지 제 56항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉매액은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 구동 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은, 보다 구체적으로는, 통전 가능한 무철심의 원통 코일의 단면을 고정하는 개형(蓋型) 마운트로 이루어지는 스테이터(고정자)와, 개형 마운트에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 또는 컵형 마운트에서 내주면에 복수의 마그넷이 배비(配備)되고 있는 로터(회전자)로 에어 갭을 포함한 공극(空隙)을 형성하는 무철심 회전 전기 기계에 있어서, 정격을 넘는 부하에서 가동할 경우에, 에어 갭을 포함한 공극에 냉매액을 공급하고, 발열하는 원통 코일이 냉매액을 기화하고, 냉매액의 기화 잠열로 원통 코일을 냉각하고, 원통 코일이 정격 운전시의 허용상한 온도를 넘지 않게 냉매액의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 전동 모터와 발전기는 같은 구조를 가지는 회전 전기 기계이다. 회전 전기 기계에 대해서, 전기 에너지를 기계 에너지로 변환하는 전동 모터를 이용해 설명한다. 전동 모터는, 자계와 전류의 상호작용으로 발생하는 전자력을 출력시키는 것이다. 분류 방법은 다양하지만, 크기는 브러쉬 침부의 DC 모터와 브러시리스 모터로 구분되고, 전

자는 자석을 스테이터(고정자)로, 코일을 로터(회전자)로 하고, 후자는 반대로 코일을 스테이터(고정자)로, 자석을 로터(회전자)로 하고 있고, 모두 회전자로부터 외부로 전자력을 출력하는 것이다. 한편, 자계 발생 방법의 차이에 의해 권선계자형과 영구자석형으로도 구분되고, 코일에 철심(코어)이 있는 것과 없는 것으로도 구분된다. 상기 구분에 따라서, 영구자석계자형의 무철심 브러시리스 전동 모터가 본 발명의 대상이 된다.

- [0004] 본 발명은, 영구자석계자형으로 무철심의 원통 코일로 이루어지는 코어레스(coreless)의 브러시리스 모터에 관한 것이다. 스테이터의 무철심의 원통 코일은, 절연층으로 덮인 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로부터 구성하든가, 또는, 절연층으로 덮인 선상 도체로부터 구성하든가의 어느 하나이다.
- [0005] 전동 모터는, 시동시에 정격 전류를 순간적으로 넘는 것은 있어도, 통상, 정격을 넘는 상태에서 연속 운전되는 것을 상정하고 있지 않다. 전동 모터를 과부하의 상태, 즉 정격 이상에서 연속 운전하면, 전류에 의해서 전동 모터의 원통 코일은 상정 이상으로 발열한다.
- [0006] 전동 모터의 구조 및 기능에 따르기도 하지만, 본 발명에 관련해 시험용 모터로서 제작된 코어레스 모터(CP50)를 이용해 냉매액 공급의 제어부를 작동시키지 않고 정격을 넘는 각 조건에서 과부하 시험해 보면, 후술 되듯이, 불과 수십 초에 원통 코일의 허용 상한 온도 130℃를 넘는다. 이것으로부터 용이하게 상정될 수 있는 최악의 사태는, 원통형 코일이 소손(燒損)해 파괴되는 것이다. 비록 파괴에까지 도달하지 않아도, 성능면에서, 코어레스 모터의 장시간의 정상 운전을 기대할 수 없게 된다. 원통 코일의 발열이나 마그네틱의 가열에 따르는 전동 모터의 성능 저하를 막기 위해, 전동 모터에 냉각 기능을 부가하는 것은, 말할 필요도 없이 주지이며, 관용 수단에 지나지 않는다.
- [0007] 그러한 냉각 기능의 유무에 관계없이, 전동 모터의 통상 운전시에 코일이나 마그네틱의 온도 상승에 대해서 보증된 사용 한도가, 제조원으로부터 정격으로서 표시된다(비특허 문헌 1의 41페이지). 정격은, 제조원이 보증하는 독자 기준이지만, 카탈로그나 제원표에 기재된다. 그것은, 예를 들면, 모터가 소정의 전압에서 양호한 특성을 발휘하면서 발생하는 최대 출력이 정격 출력이 되고, 정격 출력에서 운전되고 있을 때의 회전 속도는 정격 회전 속도이고, 그때의 토크 T가 정격 토크이며, 그때의 전류가 정격 전류이다. 사용을 지정하고 있지 않은 경우는, 무기한으로 운전할 수 있는 연속 정격을 정격으로 하고 있다. 그 외의 정격으로서, 운전 기간을 한정한 단시간 정격이나, 주기적으로 운전과 정지를 반복하는 반복 정격 등이 있다.
- [0008] 본 발명은, 과부하에서 상시 운전하는 발상에 근거해 개발된 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 코어레스 모터에 관한 것이다. 여기서 말하는 「정격」은, 예를 들면, 소정의 전압에서 코어레스 모터를 정격 토크 또는 정격 출력으로 가동하는 경우를 가리킨다.
- [0009] 덧붙여서, 시험용 모터로서 제작된 코어레스 모터(CP50)는, 이른바 전동 모터이다. 자세한 것은 후술 되지만, 여기서 말하는 정격은, 냉매액의 공급량은 제로로 하고, 냉매액 공급의 제어부를 작동하지 않고 연속 운전을 행하고, 한편, 원통 코일의 온도가 허용 상한 온도 130℃를 넘지 않는 조건으로 한 것이며, 정격 토크  $T_0=0.28\text{Nm}$ , 정격 전류  $I_0=9.7\text{Arms}$ , 정격 회전 속도  $n_0=6537\text{rpm}$ , 정격 출력  $P_0=191.67\text{W}$ 이다(도 11).
- [0010] 다음에 원통 코일의 발열이나 마그네틱의 가열에 따르는 전동 모터의 성능 저하를 막기 위한 냉각 기능을 전동 모터에 부가하는 것은 주지이다. 이것은 이하의 종래 기술로부터 인식된다.
- [0011] 특표 2012-523817호 공보(특허 문헌 1)에는, 코일 주위에 코일의 작동 온도보다 낮은 비점을 가지는 냉매액을 흡수하고, 코일을 적시는 확산 재료를 배치해 비등하는 냉매액의 기화열로 코일을 냉각하는 것이 기재되어 있다.
- [0012] 특개 평10-336968 공보(특허 문헌 2)에는, 로터의 원심 펌프 작용과 고저차를 이용해 라디에이터를 포함한 기액 2상을 냉매 순환시켜, 차량용 회전 전전기 내를 냉각하도록 한 시스템이 기재되어 있다.
- [0013] 특개 2006-14522호 공보(특허 문헌 3)에는, 발전기 내에 비점 온도가 허용 한도 온도 이하의 냉매를 저장하고, 발전기의 운전시에 냉매를 기화시켜 발전기 내에서 액화하는 것을 교대로 반복하면서 효율적으로 발전기를 냉각하는 것이 기재되어 있다.
- [0014] 특개 2006-158105호 공보(특허 문헌 4)에는, 냉매의 리저브 탱크를 포함한 자기 순환 경로에 있어서 액상의 냉매를 로터의 발열로 기화하고, 기화 냉매로 효율적으로 냉각하는 것이 기재되어 있다.
- [0015] 특개 2009-118693호 공보(특허 문헌 5)에는, 로터 냉각 장치에 있어서, 냉매가 로터의 냉각 벽면에 편재하지 않게, 벽면으로 향해서 소량씩 연속적으로 공급하고, 기화 잠열로 냉각하는 방법이 기재되어 있다.

- [0016] 특개 2015-95961호 공보(특허 문헌 6)에는, 모터의 밀폐 케이스 내에서, 그 케이스 내에 봉입된 냉매를 스테이터의 코일 열로 기화하고, 방열부에서 액화하고, 밀폐 케이스 내에서 순환하는 모터의 냉각 구조가 기재되어 있다. 이 냉각 구조는, 특허 문헌 3이나 특허 문헌 4에 기재된 것과 공통된다.
- [0017] 특개 2009-118686호 공보(특허 문헌 7)에는, 마그네틱의 냉각과 코일의 냉각에 대해서 각각의 냉매 유통 경로를 설치하고, 그것들이 절체(切替) 가능한 수단을 배치한 회전 전기의 냉각 구조가 기재되어 있다.
- [0018] 특개 2014-17968호 공보(특허 문헌 8)에는, 하이브리드 차량에 탑재되는 회전 전기(電機)의 냉각 시스템이 기재되어 있다. 그 회전 전기는, 전자장관을 다수배 적층한 스테이터 코어에 권장된 코일부를 포함하는 것이다. 이것에 개시된 철심을 가지는 회전 전기의 냉각 시스템은, 코일부의 권선 온도가 180℃ 이상이 되는 것이 10회를 넘으면, 코일부의 권선 주위의 절연 피막이 증발 또는 기화해 소실하고, 방전 내압 성능을 저하시켜 버리므로, 그렇게 되지 않게, 특정 부위의 권선 주위에 냉매의 부착 상태를 형성하도록 냉매의 공급량을 조정하는 제어부를 배비하도록 한 것이다.
- [0019] 특개 평6-217496호 공보(특허 문헌 9)에는, 발전기의 로터의 내측에 증발 응축실을 마련하고, 외부로부터 냉각액을 축 방향으로 제트류로 보내고, 원심력을 이용해 증발 응축실 측으로 편위해 유동시키는 냉각액실에 연결하는 액실에 폐액용의 임펠러가 설치된 발전기가 기재되어 있다.
- [0020] 특개 평5-308752호 공보(특허 문헌 10)에는, 로터와 그 로터를 둘러싸는 환상의 스테이터가 기밀 상태의 하우징 내에 넣어진 모터에 있어서, 작동 유체가 봉입된 하우징 내의 환상의 공동에 연통하는 파이프로 모세관 작용을 가지는 위트를 배치한 모터의 방열 구조가 기재되어 있다.
- [0021] 특개 평8-130856호 공보(특허 문헌 11)에는, 원통형 코어에 감겨진 코일로 이루어지는 전기 자동차용 구동 장치 모터에 있어서 냉각용 오일펌프로부터 냉각유 분사부를 개재시켜 코일 엔드에 적하하는 냉각 회로가 기재되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0022] (특허문헌 0001) 일본 특표 2012-523817호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특개 평10-336968호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특개 2006-14522호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특개 2006-158105호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특개 2009-118693호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특개 2015-95961호 공보
- (특허문헌 0007) 일본 특개 2009-118686호 공보
- (특허문헌 0008) 일본 특개 2014-17968호 공보
- (특허문헌 0009) 일본 특개 평6-217496호 공보
- (특허문헌 0010) 일본 특개 평5-308752호 공보
- (특허문헌 0011) 일본 특개 평8-130856호 공보

**비특허문헌**

- [0023] (비특허문헌 0001) 「사상 최강 칼라 도해 최신 모터 기술의 모든 것을 이해할 수 있는 책」 아카즈 관 감수 나쓰메(ナツメ) 출판 기획 주식회사(2013년 7월 20일 발행)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0024] 스테이터와 로터라고 하는 부품의 전자기 작용에 의해서 회전하는 전동 모터에 내재하는 기술적 과제는, 스테이터에 배치되는 전기자의 코일의 발열 작용이다. 전동 모터의 능력이나 대소는, 통상, 전동 모터의 출력으로 표현된다. 그 출력  $P_0$ 는, 회전 속도  $n(\text{rpm})$ 와 토크  $T(\text{N} \cdot \text{m})$ 와의 적으로 나타내진다. 전동 모터의 입력 전력  $P_1$  ( $\text{W}$ )로 하면, 입력 전력  $P_1$ 와 출력  $P_0$ 와의 차이는 열손실  $P_L$ 로서 열에너지로 변환되어 주위에 방출된다. 이것이 전기자 코일의 발열 작용이며, 전동 모터의 피하기 어려운 기술적 문제이다. 예를 들면, 코어레스 모터에 한정하지 않고, 전동 모터는, 정격을 넘는 부하에서 계속 가동하면, 그 발열 작용에 의해서 단시간에 전기자 코일의 허용 상한 온도를 돌파하고, 소손해 파괴되는 것은 당업자에게 있어 주지의 사항이다. 그것은 또, 전기자 코일의 발열 작용이 전기자 코일의 저항값을 높여 전동 모터의 출력 변동을 야기한다고 하는 문제를 내재하고 있고, 따라서, 전기자 코일을 일정 온도 범위로 완전 제어해 출력 변동을 최소화하는 것은, 전동 모터의 궁극적 기술적 과제이기도 하다.

[0025] 그 과제 해결은, 전기자 코일의 온도를 얼마나 제어하는가 라는 것이 된다. 지금까지 봐 온 것처럼 여러 가지 제안이 이루어져 왔지만, 전기자 코일을 일정 온도 범위로 완전 제어한다고 하는 궁극적 과제에 대한 발본적인 과제 해결에는 이르지 않았다.

**과제의 해결 수단**

[0026] 그런데 본 발명자 등은, 과부하에서 상시 운전하는 발상에 근거하는 전동 모터의 개발에 도전해, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템을 실현해, 이 기술적 과제를 해결하기에 이르렀다. 이것은, 본 발명의 실시시 형태에 근거해 제작된 코어레스 모터(CP50)를 이용한 구동 시험으로부터 확인할 수 있다.

[0027] 코어레스 모터(CP50)의 전압을 24V로 설정해, 토크를 측정했다. 이것이 정격 토크  $T_0=0.28\text{Nm}$ 이다. 본 발명자 등은, 코어레스 모터(CP50)에 정격 토크  $T_0$ 를 넘는 부하를 연속적으로 부여하면서, 전기자 코일인 원통 코일의 발열을 완전하게 제어하고, 그것에 의해, 코어레스 모터(CP50)의 장시간 운전이 가능한 것을 확인했다.

[0028] 본 발명의 제1의 양태는, 도 1의 단면 모식도 및 도 2의 파단 사시도에 나타나는 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)이다. 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트(300)에서 원통형 마운트(300)의 내주면(310)에 복수의 마그넷(4)이 배치되고 있는 로터(3)로 에어 갭을 포함한 공극(空隙)(40) 형성하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)를 스테이터(2)에 설치하고, 스테이터(2)에 관련하는 제어부(20)와, 로터(3)에 관련하는 구동부(30)를 배치하는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)이다.

[0029] 그것은 또, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배치하고, 냉매액 용기(81)와 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)을 더 배치할 수 있다.

[0030] 본 발명의 제1의 양태로부터 분명한 것 같이, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 구동부(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 가동할 때에, 제어부(20)를 작동하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하고, 발열하는 원통 코일(100)이 냉매액(80)을 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 것을 특징으로 한다.

[0031] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 그것이 정격을 넘는 부하에서 가동될 때, 제어부(20)가 작동하고, 원통 코일(100)이 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 동작과, 그 동작에 의해서 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않게 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )의 범위에 유지하는 것이, 보다 바람직하다.

[0032] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 5의 모식도에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 감출하는 코일 온도 감지 센서(21)와, 코일 온도 감지 센서(21)와 연통해 냉매액(80)을 공극(40)에 공급하는 펌프



(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함할 수 있다.

- [0033] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 6의 모식도에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함할 수도 있다.
- [0034] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 순환 수단(82)에 의해 냉매액(80)의 기상(氣相)(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하도록 해도 괜찮다.
- [0035] 본 발명의 또 다른 실시 형태로서, 도 1 및 도 2에 나타나듯이, 구동 샤프트(1000)가 원통형 마운트(300)의 중심부(340)에 고정하고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결하도록 배비된 무철심 회전 전기 기계(10)로 할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 제2의 양태는, 도 3의 단면 모식도 및 도 4의 파단 사시도에 나타나는 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)이다. 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 한편의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트(400)로 이루어지는 로터(3)에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극(40)을 형성하고, 로터(3)를 구성하는 컵형 마운트(400)는, 한편은 개방되고 있고, 다른 한편은 닫혀진 저부(410)를 갖고, 저부(410)에 동심원의 이너 요크(420) 및 아우터 요크(430)를 일체화하고, 이너 요크(420)의 외주면(422) 및 / 또는 아우터 요크(430)의 내주면(431)에 복수의 마그넷(4)을 서로 원주 방향에 간극(間隙)(41)을 비워 배비하고, 간극(41)에 대응하는 이너 요크(420)의 위치에 이너 요크(420)를 관통하는 슬릿(423)을 설치하고 있다.
- [0037] 그것은 또한, 원통 코일(100)의 다른 한편의 단면(102)을 컵형 마운트(400)의 저부(410)와의 사이에 극간(隙間)(411)을 남겨 원통 코일(100)을 제1 공극(40)에 띄워 배치하고, 컵형 마운트(400)의 한편의 단면(401)과 개형 마운트(200)와의 사이에 원통 코일(100)의 내주 측(110)에 제2 공극(50)이 형성되고, 원통 코일(100)의 외주 측(120)에 제3 공극(60)이 형성되고, 제1 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)가 스테이터(2)에 설치되고, 스테이터(2)에 관련하는 제어부(20)와, 로터(3)에 관련하는 구동부(30)가 배비되는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)이다.
- [0038] 그것은 또, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배비하고, 냉매액 용기(81)와 제1 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)을 더 배비할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 제2의 양태로부터 분명한 것 같이, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 구동부(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하로 가동할 때에, 제어부(20)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개폐시켜 원통 코일(100)에 보내지는 냉매액(80)을 발열하는 원통 코일(100)이 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 가동하도록 한 것을 특징으로 한다.
- [0040] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 그것이 정격을 넘는 부하에서 가동될 때, 제어부(20)가 작동하고, 원통 코일(100)이 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 동작과, 그 동작에 의해서 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않게 제1 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )와의 범위에 유지하는 것이, 보다 바람직하다.
- [0041] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 5의 모식도에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하는 펌프(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 6의 모식도에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함할 수

도 있다.

- [0043] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 제어부(20)는, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 순환 수단(82)에 의해 냉매액(80)의 기상(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하도록 해도 괜찮다.
- [0044] 본 발명의 또 다른 실시 형태로서, 도 3 및 도 4에 나타나듯이, 구동 샤프트(1000)가 컵형 마운트(400)의 중심부(340)에 고정하고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결하도록 배비된 무철심 회전 전기 기계(10)로 할 수 있다.
- [0045] 본 발명의 제1 및 제2의 양태에 있어서의 하나의 실시 형태로서, 원통 코일(100)은, 절연층으로 덮인 축 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 것이든가, 또는, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 것이든가의, 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0046] 본 발명의 제1 및 제2의 양태에 있어서의 다른 실시 형태로서, 냉매액(80)은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0047] 본 발명의 제3의 양태는, 도 1 및 도 2에 나타나는 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법이다. 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트(300)에서 내주면(310)에 복수의 마그넷(4)이 배비되고 있는 로터(3)에 의해서 에어 갭을 포함한 공극(40)을 형성하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)를 스테이터(2)에 설치하고, 스테이터(2)에 관련하는 제어부(20), 로터(3)에 관련하는 구동부(30)를 배비하는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법이다.
- [0048] 또한, 본 발명의 구동 방법에 있어서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배비하고, 냉매액 용기(81)와 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)를 더 배비할 수 있다.
- [0049] 발명의 제3의 양태로부터 분명한 것 같이, 그것은, 구동부(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동하는 공정과, 제어부(20)를 작동하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 공정과, 발열하는 원통 코일(100)이 냉매액(80)을 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하는 공정과, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0050] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 그것은 또한, 제어부(20)를 작동하고, 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않게 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 공정을 포함하고, 그 공정과 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 공정을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )와의 범위에 유지하는 공정을 더 포함하는 것이, 보다 바람직하다.
- [0051] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 그것은 또, 제어부(20)가, 도 5에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 냉매액(80)을 공급하는 펌프(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 더 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)를 작동하고, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 공정과, 그 공정에 연동해 컨트롤러(23)가 펌프(22)를 작동하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 공정 및 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함한 구동 방법으로 할 수 있다.
- [0052] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 그것은 또, 제어부(20)가, 도 6에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)를 작동하고, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 공정과, 그 공정에 연동해 컨트롤러(23)가 전자 밸브(24)를 작동하고, 냉매액 용기(81)로부터 공극(40)에 냉매액을 공급하는 공정 및 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함한 구동 방법이라도 좋다.
- [0053] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 제어부(20)가 순환 수단(82)을 작동하고, 냉매액(80)의 기상(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하는 공정을 더 포함한 구동 방법으로 할 수도 있다.



- [0054] 본 발명의 또 하나의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 구동 샤프트(1000)가 원통형 마운트(300)의 중심부(340)에 고정되고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결된 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법으로 할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 제4의 양태는, 도 3 및 도 4에 나타나는 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법이다. 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 한편의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트(400)로 이루어지는 로터(3)에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극(40)을 형성하고, 로터(3)를 구성하는 컵형 마운트(400)는, 한편은 개방되고 있고, 다른 한편은 닫혀진 저부(410)을 가지고, 저부(410)에 동심원의 이너 요크(420) 및 아우터 요크(430)를 일체화하고, 이너 요크(420)의 외주면(422) 및 / 또는 아우터 요크(430)의 내주면(431)에 복수의 마그넷(4)을 서로 원주 방향에 간극(41)을 비워 배치하고, 간극(41)에 대응하는 이너 요크(420)의 위치에 이너 요크(420)를 관통하는 슬릿(423)을 설치하고 있다.
- [0056] 그것은 또한, 원통 코일(100)의 다른 한편의 단면(102)을 컵형 마운트(400)의 저부(410)와의 사이에 극간(411)을 남겨 원통 코일(100)을 상기 제1 공극(40)에 띄워 배치하고, 컵형 마운트(400)의 한편의 단면(401)과 개형 마운트(200)와의 사이에 원통 코일(100)의 내주 측(110)에 제2 공극(50)이 형성되고, 원통 코일(100)의 외주 측(120)에 제3 공극(60)이 형성되고, 제1 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)가 스테이터(2)에 설치되고, 스테이터(2)에 관한 제어부(20)와, 로터(3)에 관한 구동부(30)가 배비되는, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법이다.
- [0057] 또한, 본 발명의 구동 방법에 있어서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배비하고, 냉매액 용기(81)와 제1 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)을 더 배비할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 제4의 양태로부터 분명한 것 같이, 그것은, 구동부(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 상기 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동하는 공정과, 제어부(20)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보내는 공정과, 발열하는 원통 코일(100)이 냉매액(80)을 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하는 공정과, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0059] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 그것은 또한, 제어부(20)를 작동하고, 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않게 제1 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 공정을 포함하고, 그 공정과 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보내는 공정을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )와의 범위에 유지하는 공정을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0060] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 그것은 또, 제어부(20)가, 도 5에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 냉매액(80)을 공급하는 펌프(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 더 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)를 작동하고, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 공정과, 그 공정에 연동해 컨트롤러(23)가 펌프(22)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보내는 공정 및 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함한 구동 방법으로 할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 그것은 또, 제어부(20)가, 도 6에 나타나듯이, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 냉매액(80)을 제1 공극(40)에 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)를 작동하고, 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 공정과, 그 공정에 연동해 컨트롤러(23)가 전자 밸브(24)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보내는 공정 및 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 공정을 포함한 구동 방법으로 할 수도 있다.
- [0062] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 제어부(20)가 순환 수단(82)을 작

동하고, 냉매액(80)의 기상(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하는 공정을 더 포함한 구동 방법으로 할 수도 있다.

- [0063] 본 발명의 또 하나의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 구동 샤프트(1000)가 컵형 마운트(400)의 중심부(440)에 고정되고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결된 무철심 회전 전기 기계(10)의 구동 방법으로 할 수 있다.
- [0064] 본 발명의 제3 및 제4의 양태에 있어서의 하나의 실시 형태로서, 원통 코일(100)은, 절연층으로 덮인 축 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 것이든가, 또는, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 것이든가의, 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0065] 본 발명의 제3 및 제4의 양태에 있어서의 다른 실시 형태로서, 냉매액(80)은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0066] 본 발명의 제5의 양태는, 도 1 및 도 2의 무철심 회전 전기 기계(10)의 모식도와 도 5 및 도 6의 구동 시스템(1)의 모식도에 의해서 나타나는, 무철심 회전 전기 기계(10)를, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 구동 시스템(1)이다.
- [0067] 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 배치되는 원통형 마운트(300)에서 원통형 마운트(300)의 내주면(310)에 복수의 마그넷(4)이 배치되고 있는 로터(3)에 의해서 에어 갭을 포함한 공극(40)을 형성하고, 스테이터(2)에 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)를 가지는 무철심 회전 전기 기계(10)과, 로터(3)와 연동해 작동하는 무철심 회전 전기 기계(10)를 구동하는 구동장치(30)와, 스테이터(2)에 배치되는 원통 코일(100)의 온도를 검출하는 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 제어장치(20)로 이루어지는, 무철심 회전 전기 기계(10)를, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 구동 시스템(1)이다.
- [0068] 또한, 본 발명의 구동 시스템(1)에 있어서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배치하고, 냉매액 용기(81)와 제1 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)을 더 배치할 수 있다.
- [0069] 본 발명의 제5의 양태로부터 분명한 것 같이, 구동 시스템(1)은, 구동장치(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동할 때에, 제어장치(20)를 작동하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하고, 발열하는 원통 코일(100)이 냉매액(80)을 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동하도록 한 것을 특징으로 한다.
- [0070] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 구동 시스템(1)은 또한, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동할 때에, 제어장치(20)를 작동하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 동작과, 그 동작에 의해서 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않게 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )와의 범위에 유지하는 것이, 보다 바람직하다.
- [0071] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 제어장치(20)가, 도 5에 나타나듯이, 냉매액(80)을 공급하는 펌프(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)에 연동해 컨트롤러(2)가 펌프(22)를 작동하고, 공극(40)에 냉매액(80)을 공급함과 동시에 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 구동 시스템(1)으로 할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 제어장치(20)가, 도 6에 나타나듯이, 냉매액(80)을 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 전자 밸브(24)를 작동하고, 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 공극(40)에 냉매액(80)을 공급함과 동시에 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 구동 시스템(1)으로 할 수도 있다.
- [0073] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 제어장치(20)가 순환 수단(82)을 작동하고, 냉매액(80)의 기상(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하는 구동 시스템(1)으로 할 수 있다.

- [0074] 본 발명의 또 하나의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 구동 샤프트(1000)를 원통형 마운트(300)의 중심부(340)에 고정하고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결하도록 배치된 무철심 회전 전기 기계(10)로 이루어지는 구동 시스템(1)으로 할 수도 있다.
- [0075] 본 발명의 제6의 양태는, 도 3 및 도 4의 무철심 회전 전기 기계(10)의 모식도와 도 5 및 도 6의 구동 시스템(1)의 모식도에 의해서 나타나는, 무철심 회전 전기 기계(10)를 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 구동 시스템(1)이다.
- [0076] 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일(100)의 한편의 단면(101)을 고정하는 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)와, 개형 마운트(200)에 회전 자유롭게 배치되는 컵형 마운트(400)로 이루어지는 로터(3)에 의해서 에어 갭을 포함한 제1 공극(40)을 형성하고, 로터(3)를 구성하는 컵형 마운트(400)는, 한편은 개방되고 다른 한편은 닫혀진 저부(410)를 가지고, 저부(410)에 동심원의 이너 요크(420) 및 아우터 요크(430)를 일체화하고, 이너 요크(420)의 외주면(422) 및 / 또는 아우터 요크(430)의 내주면(431)에 복수의 마그넷(4)을 서로 원주 방향에 간극(41)을 비워 배치하고, 간극(41)에 대응하는 이너 요크(420)의 위치에 이너 요크(420)를 관통하는 슬릿(423)을 설치하고 있다.
- [0077] 그것은 또한, 원통 코일(100)의 다른 한편의 단면(102)을, 컵형 마운트(400)의 저부(410)와의 사이에 극간(411)을 남겨 원통 코일(100)을 제1 공극(40)에 띄워 배치하고, 컵형 마운트(400)의 한편의 단면(401)과 개형 마운트(200)와의 사이에 원통 코일(100)의 내주 측(110)에 제2 공극(50)이 형성되고, 원통 코일(100)의 외주 측(120)에 제3 공극(60)이 형성되고, 스테이터(2)에 제1 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 경로(8)를 가지는 무철심 회전 전기 기계(10)와, 로터(3)와 연동해 작동하는 무철심 회전 전기 기계(10)를 구동하는 구동장치(30)와, 스테이터(2)에 배치되는 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 제1 공극(40)에 냉매액(80)을 공급하는 제어장치(20)로 이루어지는, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동하기 위한 구동 시스템(1)이다.
- [0078] 또한, 본 발명의 구동 시스템(1)에 있어서, 무철심 회전 전기 기계(10)는, 스테이터(2)에, 경로(8)에 연통하는 냉매액 용기(81)를 배치하고, 냉매액 용기(81)와 제1 공극(40)과의 사이를 연통하는 순환 수단(82)을 더 배비할 수 있다.
- [0079] 본 발명의 제6의 양태로부터 분명한 것 같이, 구동 시스템(1)은, 구동장치(30)를 작동하고, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동할 때에, 제어장치(20)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 발열하는 원통 코일(100)이 슬릿(423)을 개재시켜 원통 코일(100)에 보내지는 냉매액(80)을 기화하고, 냉매액(80)의 기화 잠열로 원통 코일(100)을 냉각하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 것을 특징으로 한다.
- [0080] 본 발명의 하나의 실시 형태로서, 구동 시스템(1)은 또한, 정격을 넘는 부하에서 무철심 회전 전기 기계(10)를 가동할 때에, 제어장치(20)를 작동하고, 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하는 동작과, 그 동작에 의해서 원통 코일(100)이 적어도 냉매액(80)이 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않게 제1 공극(40)에 대한 냉매액(80)의 공급을 멈추는 동작을 반복하는 것에 의해서, 원통 코일(100)을 허용 상한 온도( $t_M$ )와 하한 온도( $t_N$ )와의 범위에 유지하는 것이, 보다 바람직하다.
- [0081] 본 발명의 또 하나의 실시 형태로서, 제어장치(20)가, 도 5에 나타나듯이, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하는 펌프(22)와, 펌프(22)에 대한 온·오프 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)에 연동해 컨트롤러(23)가 펌프(22)를 작동하고, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보냄과 동시에 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 구동 시스템(1)으로 할 수 있다.
- [0082] 본 발명의 한층 더 또 하나의 실시 형태로서, 제어장치(20)가, 도 6에 나타나듯이, 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하는 전자 밸브(24)와, 전자 밸브(24)에 대한 개폐 지령에 의해서 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 컨트롤러(23)를 포함하고, 코일 온도 검지 센서(21)와 연동해 컨트롤러(23)가 전자 밸브(24)를 작동하고, 원통 코일(100)보다 높은 위치에 배치된 냉매액 용기(81)로부터 제1 공극(40)의 이너 요크(420)의 내측(421)에 냉매액(80)을 공급하고, 슬릿(423)을 개재시켜 발열하는 원통 코일(100)에 냉매액(80)을 보냄과 동시에 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 구동 시스템(1)으로 할 수도 있다.

- [0083] 본 발명의 다른 실시 형태로서, 그것은 또한, 도 5 또는 도 6에 나타나듯이, 제어장치(20)가 순환 수단(82)을 작동하고, 냉매액(80)의 기상(800)을 냉매액 용기(81)에 액상(80)으로 회수하는 구동 시스템(1)으로 할 수 있다.
- [0084] 본 발명의 또 하나의 다른 실시 형태로서, 구동 샤프트(1000)를 컵형 마운트(400)의 중심부(440)에 고정하고, 개형 마운트(200)의 중심부(240)에 회전 자유롭게 연결하도록 배치된 무철심 회전 전기 기계(10)로 이루어지는 구동 시스템(1)으로 할 수도 있다.
- [0085] 본 발명의 구동 시스템(1)에 있어서, 무철심 회전 전기 기계(10)의 원통 코일(100)은, 절연층으로 덮인 긴(長手) 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체로 원통형으로 형성되는 것이든가, 또는, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 형성되는 것이든가의, 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0086] 본 발명의 구동 시스템(1)에 있어서, 냉매액(80)은, 물, 에탄올, 암모니아, 액체 질소, 액체 헬륨, 불소계 액체의 어느 하나인 것이 바람직하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0087] 도 1은, 본 발명의 실시 형태인, 원통 코일을 포함한 개형 마운트로 이루어지는 스테이터에 회전 자유롭게 대치되는 원통형 마운트로 이루어지는 로터를 갖춘 무철심 회전 전기 기계의 단면 모식도이다.
- 도 2는, 도 1에 나타나는 무철심 회전 전기 기계의 일부를 노치(notch)한 사시도이다.
- 도 3은, 본 발명의 다른 실시 형태인, 원통 코일을 포함한 개형 마운트로 이루어지는 스테이터에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트로 이루어지는 로터를 갖춘 무철심 회전 전기 기계의 단면 모식도이다.
- 도 4는, 도 3에 나타나는 무철심 회전 전기 기계의 일부를 노치한 사시도이다.
- 도 5는, 도 1 또는 도 3에 나타나는 무철심 회전 전기 기계의 스테이터에 관해서 배비되는 펌프에 의한 냉매액의 유량을 제어하는 제어부 또는 제어장치, 및, 로터에 관련해 배비되는 구동부 또는 구동장치, 를 포함한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템을 나타내는 모식도이다.
- 도 6은, 도 1 또는 도 3에 나타나는 무철심 회전 전기 기계의 스테이터에 관해서 배비되는 전자 밸브에 의한 냉매액의 유량을 제어하는 제어부 또는 제어장치, 및, 로터에 관련해 배비되는 구동부 또는 구동장치, 를 포함한 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및, 그것을 포함한 구동 시스템을 나타내는 모식도이다.
- 도 7은, 원통 코일을 포함한 개형 마운트로 이루어지는 스테이터에 회전 자유롭게 대치되는 컵형 마운트로 이루어지는 로터를 갖춘 무철심 회전 전기 기계의 피측정 모터(CP50)의 구동 시험의 개요도이다.
- 도 8은, 도 7에 나타나는 피측정 모터(CP50)의 치수를 나타내는 상세도이다.
- 도 9는, 피측정 모터(CP50)의 인가전압을 24V로 설정하고, 원통 코일에 냉매액(순수(純水))을 공급하는 일 없이 피측정 모터(CP50)를 가동해도, 원통 코일이 허용되는 상한 온도( $t_M=130^{\circ}\text{C}$ )를 넘지 않는 토크를 피측정 모터(CP50)의 정격 토크로 했을 경우의 시간(초)과 부하 토크 및 원통 코일의 온도(t)의 추이(推移)를 시동 개시부터 720초(12분)간 발췌한 것이다.
- 도 10은, 도 7에 나타나는 토크 센서를 개재시킨 발전기의 가변 부하에서 피측정 모터(CP50)의 부하를 증대시키고, 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않고, 한편, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 제어시의 원통 코일의 최소 온도( $t_{c2}$ )의 온도차( $\Delta t$ )를 좁히도록 가동시켜, 인가전압을 24V로 설정했을 때의 최대 토크와 냉매액 유량을 측정하는 냉매액 공급의 제어 플로우이다.
- 도 11은, 피측정 모터(CP50)가 정격 토크를 넘는 부하 토크(T)( $T_1=0.33\text{Nm}$ ,  $T_2=0.36\text{Nm}$ ,  $T_3=0.39\text{Nm}$ ,  $T_4=0.42\text{Nm}$ )의 각각으로 구동시켰을 때의 전류(Arms), 회전수(rpm), 출력(W), 펌프 반송량(ml/min), 10분간에 있어서의 펌프 가동 시간 합계(sec), 10분간에 있어서의 냉매(순수)량(ml)을 표로 한 것이다.
- 도 12는, 도 11의 표의 부하 토크(T)에 대한 전류(Arms) 및 10분간에 있어서의 냉매(순수)량(ml)을 그래프로 한 것이다.
- 도 13은, 부하 토크  $T=0.33\text{Nm}$ 의 경우에 있어서, 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 타이밍의 추이, 및, 시동으로부터 180~360초간의 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.



도 14는, 부하 토크  $T=0.36\text{Nm}$ 의 경우에 있어서, 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이, 및, 시동으로부터 180~360초간의 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.

도 15는, 부하 토크  $T=0.39\text{Nm}$ 의 경우에 있어서, 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이, 및, 시동으로부터 180~360초간의 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.

도 16은, 부하 토크  $T=0.42\text{Nm}$ 의 경우에 있어서, 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이, 및, 시동으로부터 180~360초간의 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.

도 17은, 부하 토크를  $T_1=0.33\text{Nm}(300\text{초}) \Rightarrow T_1=0.42\text{Nm}(300\text{초}) \Rightarrow T_1=0.33\text{Nm}(120\text{초})$ 로 했을 경우의 원통 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이, 시동으로부터 180~420초간의 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.

도 18은, 도 17에 나타난 부하 토크를 변화시킨 측정 모터(CP50)를 냉매액의 공급 개시 온도  $t_{L1}=110^\circ\text{C}$ (이것을 넘는 온도 t에서 냉매액을 공급하고), 냉매액의 정지 온도  $t_{L2}=90^\circ\text{C}$ (이것을 밑도는 온도 t에서 냉매액의 공급을 멈추도록)로 설정했을 때의 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이, 시동으로부터 180~420초간의 코일 온도(t), 펌프의 on/off의 펄스 추이를 나타낸다.

도 19는, 대표적 냉매액의 융점( $^\circ\text{C}$ ), 비점( $^\circ\text{C}$ ), 기화열(kJ/kg)의 일람표이다.

도 20은, 피측정 모터(CP50)를 이용한 구동 시험에 있어서, 불소계 냉매를 부하 토크  $T=0.317\text{Nm}$ 로 냉각 없음(無)과 냉각 있음(有)의 경우의 원통 코일의 온도(t)의 추이를 나타낸다.

도 21은, (참고도)무철심 회전 전기 기계의 제2 공극에만 냉매액으로 공급하는 구성을 가지는 무철심 회전 전기 기계이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0088] 본 발명자 등은, 코어레스 모터(CP50)에 정격 토크  $T_0=0.28\text{Nm}$ 를 넘는 부하를 연속적으로 부여하면서, 전기자 코일인 원통 코일의 온도를 완전하게 제어하고, 그것에 의해, 코어레스 모터(CP50)의 연속 운전이 가능한 것을 확인했다.

[0089] 본 발명의 원통 코일(100)을 포함한 스테이터(2)를 갖춘 무철심 회전 전기 기계(10)(이하, 「코어레스 모터(10)」라고 칭한다.)의 기본 구조의 특징은, 제1로, 스테이터(2)에 일단이 고정된 전기자 코일로서, 절연층으로 덮인 긴 방향으로 이간하는 선상부를 가지는 도전성 금속 시트의 적층체, 또는, 절연층으로 덮인 선상 도체로 원통형으로 성형된 원통 코일(100)을 이용한 것이다. 그것은, 통전 가능한 무철심의 원통 코일이며, 바람직하게는, 2층 또는 4층으로 이루어지는 두께가 5mm 이하의 일정한 강성을 가지는 것이다.

[0090] 기본 구조의 특징의 제2는, 원통 코일(100)의 한편의 단면을, 스테이터(2)를 구성하는 개형 마운트(200)의 내주면에 의해서 폐쇄하고, 원통 코일(100)의 개방된 다른 한편의 단면을, 자성체로 이루어지는 로터(3)의 원통형 마운트(300) 또는 컵형 마운트(400)의 저부와 복수의 마그넷(영구자석)(4)이 배비된 원통형 마운트(300)의 내주면 또는 컵형 마운트(400)의 아우터 요크(430)에 의해서 자계가 형성되는 에어 갭을 포함한 공극 또는 제1 공극(40)에 띄운 상태로 삽입 배치하는 구조를 가지는 코어레스 모터(10)인 것이다.

[0091] 그렇게 되면, 원통 코일(100)의 내면 또는 컵형 마운트(400)로 이루어지는 로터(3)의 이너 요크(420)의 내측에 냉매액(80)을 보내는 것에 의해서, 냉매액(80)은, 자계가 형성된 에어 갭을 통과할 때 발열하는 원통 코일(100)의 내면에서 기화된다. 그것에 의해, 원통 코일(100)은, 기화 잠열로 내면이 냉각되고, 열전달에 의해 외면을 포함한 원통 코일 전체가 순식간에 냉각된다. 이것이 본 발명의 코어레스 모터의 냉각 구조의 특징의 하나이다.

[0092] 기본 구조의 특징의 제3은, 정격을 넘는 부하에서 코어레스 모터(10)를 가동할 때에 작동하는 제어부 또는 제어장치(20)를 스테이터(2)에 관련지어 배치하고, 그것은 가동중의 원통 코일(100)의 온도 상승을 검지하는 코일 온도 검지 센서(21)를 포함하는 것이다. 이 특징은, 제어부 또는 제어장치(20)가, 코일 온도 검지 센서(21)에 연동해 원통 코일(100)이 정격 운전시의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않게, 냉매액(80)의 공급량을 조정하는 것이다. 그것에 의해, 정격을 넘는 부하에서 연속 가동하는 코어레스 모터(10)가 실현된다. 본 발명의 코어레스 모터(10)에 대해서, 도 13으로부터 도 18, 및, 도 20에 나타나듯이, 여러 가지 과부하 상태를 상정한 구동 시험을 행했다.

- [0093] 도 7은, 원통 코일(100)을 포함한 개형 마운트(200)로 이루어지는 스테이터(2)에 회전 자유롭게 배치되는 컵형 마운트(400)로 이루어지는 로터(3)를 갖춘 무철심 회전 전기 기계(10)의 일 실시 형태에 근거하는 피측정 모터(CP50)의 구동 시험 장치의 개요도이다. 도 8은, 피측정 모터(CP50)의 실측 구조의 상세도이다.
- [0094] 도 7로부터 분명한 것 같이, 피측정 모터(CP50)인 코어레스 모터(10)의 직경  $\Phi=6\text{mm}$ 의 출력축(1000)에 토크계(35)(UNIPULSE TM301)를 접속한 토크 센서(34)(UNIPULSE UTM II-5Nm)를 개재시켜 발전기(32)(m-link CPH80-E) 연결시킨다. 발전기(32)가 발전하는 전력을 가변 부하(33)(m-link VL300)로 소비시켜, 코어레스 모터(10)에 임의의 부하를 주어 구동시킨다. 코어레스 모터(10)의 전류는, 구동부 또는 구동장치(30)(삼상 PWM 방식 m-link MLD750-ST)와 코어레스 모터(10)와의 사이에 전력계(31)(HIOKI PW3336)을 넣어 측정했다. 전력계(31)에 의해 전류 I(A), 전압 V(V), 전력 Pi(W)를 측정할 수 있다.
- [0095] 다음에 CPU를 포함한 제어부 또는 제어장치(20)(m-link TH300)는, 원통 코일(100)에 설치되는 코일 온도 감지 센서(21)에 의한 온도(t) 및 전압을 기록하는 장치(GRAPHTEC GL-100)를 개재시키고, 온도(t) 및 전압이 입력된다. 제어부 또는 제어장치(20)는, 적당 설정된 온도(t)로 냉매액 공급 펌프(22)(NITTO UPS-112)를 작동하고, 또한, 정지 동작을 행하고, 냉매액 용기(81)로부터 코어레스 모터(10)의 제1 공극(40)에 냉매액(80)을 공급한다. 냉매액(80)의 유량은, 제어부 또는 제어장치(20)에 관련지어 배비되는 냉매 유량 가변 장치(26)(TOKYO-RIKOSHA TYPE RSA-5)에 의해서 냉매액 공급 펌프(22)의 구동 전압을 가변하는 것으로서 조정하도록 했다. 코어레스 모터(10)는 또한, 파이프(82)를 포함한 경로(8), 및, 로터(3)의 이너 요크(420)에 축 방향으로 복수의 슬릿(423)을 설치한다.
- [0096] 도 8에 나타나는 피측정 모터인 코어레스 모터(10)의 치수에 대해 개설한다. 스테이터(2)에 연결 고정해 로터(3)에 회전 자유롭게 연결하는 출력축의 축 방향의 길이는  $L=81.7\text{mm}$ 이다. 스테이터(2)의 직사각형 저부의 한 변은  $x=50\text{mm}$ , 로터(3)의 아우터 요크의 외경은  $\Phi=46.3\text{mm}$ , 내경은  $\Phi=40\text{mm}$ , 두께는  $\Delta=3.15\text{mm}$ 이다. 로터축부의 직경은  $\Phi=22.5\text{mm}$ , 이것은 이너 요크(420)의 내경( $\Phi$ )에 상당한다. 외경은  $\Phi=27.5\text{mm}$ 이며, 두께는  $\Delta=2.5\text{mm}$ 이다. 아우터 요크(430)의 내면에 배비된 4개의 마그넷(4)의 두께는  $\Delta=3.5\text{mm}$ 이다. 이너 요크(420)와 아우터 요크(430)로 형성되는 에어 갭의 폭은  $\Psi=2.75\text{mm}$ 이며, 에어 갭에 띄운 상태로 배비되는 원통 코일(100)의 두께는,  $\Delta=1.50\text{mm}$ 이다.
- [0097] 피측정 모터(CP50)인 코어레스 모터(10)를 이용한 구동 시험은, 원통 코일(100)에 직접 냉매액인 순수(80)를 살포하고, 순수(80)의 기화 잠열로 발열하는 원통 코일(100)을 냉각하는 작용 효과, 및, 그 냉각 작용에 의해, 정격을 넘는 부하 조건에 있어서도, 코어레스 모터(10)의 연속 운전이 가능한 것을 검증하기 위해서다.
- [0098] 코어레스 모터(10)의 시험 순서는, 이하와 같다. 도 7에 나타나는 구동부 또는 구동장치(30)(삼상 PWM 방식 m-link MLD750-ST)(이하 「구동장치(30)」라고 한다.)에 인가전압을 전압  $V_0=24\text{(V)}$ 로 설정했다. 전압  $V_0$ 를 24(V)보다 높은 36(V)나 48(V)로 설정하고, 일량을 같게 시험하는 것도 가능하지만, 물론, 각각의 경우에 다른 결과가 되는 것은 말할 필요도 없다.
- [0099] 다음에, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 코어레스 모터(10)에게 주는 부하 토크(T)를 증대시켜 간다. 부하 토크(T)의 설정에 맞추도록 냉매액(순수)(80)의 유량은, 제어부 또는 제어장치(20)(이하 「제어장치(20)」라고 한다.)에 관련지어 배비되는 냉매액 유량 가변 장치(26)에 의해서 냉매액 공급 펌프(22)의 구동 전압을 가변하는 것으로서 조정한다. 코어레스 모터(10)로 이용되는 원통 코일(100)의 허용 상한 온도는  $130^\circ\text{C}$ 이다. 따라서, 조정은,  $t_M=130^\circ\text{C}$ 를 넘지 않고, 한편, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀들지 않는 상태에서, 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 제어시의 원통 코일의 최소 온도( $t_{c2}$ )의 온도차( $\Delta t$ )를 좁히도록 가동하고, 그 때의 부하 토크(T) 및 냉매액(순수)(80)의 유량을 측정했다.
- [0100] 도 10은, 도 7에 나타나는 토크 센서(34)를 개재시킨 발전기(32)의 가변 부하(33)로 코어레스 모터(CP50)(10)의 부하를 증대시켜, 허용 상한 온도  $t_M=130^\circ\text{C}$ 를 넘지 않고, 한편, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀들지 않는 상태에서, 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 제어시의 원통 코일의 최소 온도( $t_{c2}$ )의 온도차( $\Delta t$ )를 좁히도록 가동하기 위한 제어 플로우이다.
- [0101] 도 10으로부터 분명한 것 같이, 코일 온도 감지 센서(21)를 읽어들이어(제1 읽어들이), 원통 코일(100)의 온도  $t_{L1}=123^\circ\text{C}$ 로, 이것을 넘는 온도(t)에서 냉매액을 공급하는 경우에 냉매액 공급 펌프(22)가 가동된다. 또한, 코일 온도 감지 센서(21)을 읽어들이어(제2 읽어들이), 기화 잠열로 발열하는 원통 코일(100)이 냉각돼 온도(t)가

$t_{12}=122^{\circ}\text{C}$ 로, 이것을 밀도는 온도( $t$ )로 냉매액의 공급을 멈추는 경우에 냉매액 공급 펌프(22)를 정지한다. 그 사이에, 원통 코일의 온도( $t$ )가 이들 설정 온도에 이르지 않을 때는, 코일 온도 검지 센서(21)의 제1 읽어들임, 및, 제2 읽어들임이 반복된다.

- [0102] 이와 같이, 코어레스 모터(10)의 구동장치(30)로의 인가전압을 24V로 설정했을 때의 최대 토크( $T_M$ )를 측정해, 그때의 냉매액(순수)(80)의 매분의 유량( $L_M$ )을 측정했다. 냉매액 공급 펌프(22)의 작동 조건은, 이하와 같다.
- [0103] (1) 냉각 개시 온도  $t_{11}=123^{\circ}\text{C}$ (제1 읽어들임)
- [0104] (2) 냉각 정지 온도  $t_{12}=122^{\circ}\text{C}$ (제2 읽어들임)
- [0105] (1) 및 (2)의 읽어들임으로 냉매액 공급 펌프(22)를 절체(切替)하고, 코어레스 모터(10)를 작동시켰을 때에, 토크  $T_M=0.42\text{Nm}$ , 유량  $L_M=1.141\text{ml / min}$ 이었다.
- [0106] 최대 토크( $T_M$ ) 및 최대 유량( $L_M$ )으로 한 기술적 근거는, 토크( $T$ )가  $0.42\text{Nm}$ 를 넘어 가동하면, 냉매액(80)의 유량도 증대한다. 그런데 냉매액(80)의 증대에 따라, 냉매액(80)이 원통 코일(100)로 기화되지 않고 안개형상(霧狀)(액상)인 채 코어레스 모터(10)의 외부에 방출되는 것을 확인했다. 따라서, 토크  $T_M=0.42\text{Nm}$ 는, 코어레스 모터(10)를 정격 토크  $T_0=0.28\text{Nm}$ 를 넘는 부하에서 연속 운전할 수 있는 한계 토크가 된다.
- [0107] 도 9는, 원통 코일(100)에 냉매액인 순수(80)를 공급하는 일 없이, 원통 코일(100)이 허용 상한 온도  $t_M=130^{\circ}\text{C}$ 를 넘지 않고, 연속 운전 가능한 토크를 나타낸다. 코어레스 모터(10)를 부하 토크  $T_0=0.28\text{Nm}$ 로 연속 운전했을 때, 도 9로부터 분명한 것 같이, 원통 코일(100)의 온도는, 50초에서  $100^{\circ}\text{C}$ 에 이르고, 300초(5분)에서  $120^{\circ}\text{C}$ 를 넘는다. 720초(12분)에서  $127^{\circ}\text{C}$ 에 이르고, 그 후, 허용 상한 온도  $t_M=130^{\circ}\text{C}$  이하에서 온도 평형이 된다. 도 9는, 단적으로는, 냉매액이 공급되지 않을 때의 연속 운전 가능한 정격 토크가  $T_0=0.28\text{Nm}$ 인 것을 나타내고 있다.
- [0108] 다음에, 구동장치(30)로의 인가전압을 24V로 설정했을 때의 코어레스 모터(10)에 정격 토크( $T_0$ )를 넘는 부하 토크( $T$ )를 부여한다. 그러면, 도 12로부터 분명한 것 같이, 부하 토크( $T$ )의 증대에 비례해 전류는 증가하고, 거기에 따르는 원통 코일(100)의 발열에 의해서, 냉매액(순수)(80)의 공급량이 증가한다. 이것으로부터, 구동 시스템(1)이 올바르게 제어된 결과, 과부하 상태의 연속 운전이 가능한 것을 확인할 수 있다.
- [0109] 구체적으로는, 정격 토크( $T_0$ )를 넘는 부하에서 코어레스 모터(10)를 연속 운전하는 부하 토크( $T$ )를  $T_1=0.33\text{Nm}$ ,  $T_2=0.36\text{Nm}$ ,  $T_3=0.39\text{Nm}$ ,  $T_4=T_M=0.42\text{Nm}$ 로 설정하고, 또한,  $T_4=0.42\text{Nm}$ 로부터  $T_1=0.33\text{Nm}$ 으로 낮게 설정한 후에 재차  $T_4=0.42\text{Nm}$ 로 되돌리도록 설정한 5 케이스에 대해서, 코어레스 모터(10)를 작동시켰다.
- [0110] 코어레스 모터(10)는, 제어장치(20)가, 냉각 개시 온도  $t_{11}=123^{\circ}\text{C}$ (제1 읽어들임)로, 이것을 넘는 온도( $t$ )에서 냉매액을 공급하고, 냉각 정지 온도  $t_{12}=122^{\circ}\text{C}$ (제2 읽어들임)로, 이것을 밀도는 온도( $t$ )에서 냉매액의 공급을 멈추도록, 냉매액 공급 펌프(22)를 절체하고, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_M=130^{\circ}\text{C}$ 를 넘지 않고, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 제어시의 원통 코일의 최소 온도( $t_{c2}$ )의 온도차( $\Delta t$ )를 좁히도록 제어하는 것으로써, 정격 토크( $T_0$ )를 넘는 어느 설정 토크에 대해서도, 정상적인 연속 운전이 가능한 것을 확인했다.
- [0111] 냉매액 공급 펌프(22)의 작동 조건은, 냉각 개시(제1 읽어들임) 온도  $t_{11}=123^{\circ}\text{C}$ 로 했다. 이것은 냉각 개시시의 오버 슈트(overshoot)에 의한 온도 상승분을 담보하고, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_M=130^{\circ}\text{C}$ 를 넘지 않는 설정치이다. 또, 냉각 정지(제2 읽어들임) 온도  $t_{12}=122^{\circ}\text{C}$ 로 했다. 이것은 냉각 정지시의 오버 슈트에 의한 온도 하강분을 담보하고, 또한 냉각 개시(제1 읽어들임) 온도  $t_{11}=123^{\circ}\text{C}$ 와의 히스테리시스를  $1^{\circ}\text{C}$ 로 하는 것으로 외래 노이즈 등에 의한 오동작을 방지해 시스템을 안정적으로 동작시키는 설정 값이다. 이 작동 조건에 의해서 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 제어시의 원통 코일의 최소 온도( $t_{c2}$ )의 온도차( $\Delta t$ )를 좁히고, 열 충격에 의한 원통 코일에서의 스트레스를 경감해 원통 코일의 전기 저항값 변화를 좁히는 것이 가능해진다.

- [0112] 이하, 동일 설비, 동일 제어 조건하에서 부하 토크(T)를 바꾸어 확인한 결과에 대해 설명한다. 각각의 결과는 도 13-도 17에 나타난다.
- [0113] 도 13은, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 부하 토크  $T_1=0.33\text{Nm}$ 로 설정된 코어레스 모터(10)의 구동 시험의 결과이다. 도 13(a)으로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 토크  $T_1$ 은 0.33Nm로 유지한 채로, 냉매액 공급 펌프(22)의 on/off의 펄스 동작에 의해서 원통 코일(100)을 일정한 온도 영역에 유지하도록, 코어레스 모터(10)는 작동된다. 보다 상세하게는, 원통 코일(100)의 온도(t)는, 코어레스 모터(10)의 시동 후, 100초 전후에서 냉각 개시 온도( $t_{L1}=123^\circ\text{C}$ )를 웃돈다. 이때에 냉매액(순수)(80)이 이너 요크에 관통하는 슬릿을 경유해 원통 코일에 직접 공급된다. 다음에 기화 잠열에 의해서 원통 코일(100)이 냉각되어 냉각 정지 온도( $t_{L2}=122^\circ\text{C}$ )를 밀돌 때, 냉매액(순수)(80)의 공급이 정지된다. 이들 펄스 동작의 반복에 의해서 원통 코일의 온도(t)는, 일정한 온도 영역인  $111^\circ\text{C}$ 에서  $125^\circ\text{C}$ 의 범위에서 추이한다. 도 13(a)은 연속 운전 시험에 있어서의 코어레스 모터(10)의 시동 개시부터 720초(12분)간을 발췌한 것이고, 720초(12분) 경과 후도 거의 같게 추이하는 것은 확인이 끝난 상태이다.
- [0114] 도 13(b)은, 냉각 개시 후인, 시동시부터 180초(3분)부터 360초(6분)의 3분간의 원통 코일(100)의 온도 파형을 확대한 도이다. 급냉각하는 상태는, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ\text{C}$ 로, 이것을 넘는 온도(t)에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하면, 오버 슈트에 의한 상승 후의 온도는  $2^\circ\text{C}$  이내 정도로 직후에 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는  $122^\circ\text{C}$ 로, 이것을 밀도는 온도(t)에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 11에서  $7^\circ\text{C}$  정도 저하한다. 구체적으로는, 부하 토크  $T_1=0.33\text{Nm}$ 로 설정된 제어시의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=125^\circ\text{C}$ , 최소 온도  $t_{c2}=111^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t=14^\circ\text{C}$ 가 된다. 따라서, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_M=130^\circ\text{C}$ 를 넘지 않고, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 원통 코일(100)이 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 최소 온도( $t_{c2}$ )의 차이( $\Delta t$ )를 좁히도록 제어하는 것에 의해서, 정상적인 연속 운전이 가능하게 되는 것을 확인했다.
- [0115] 도 14는, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 부하 토크  $T_2=0.36\text{Nm}$ 로 설정된 코어레스 모터(10)의 구동 시험의 결과이다. 도 14(a)로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 토크  $T_1$ 은 0.36Nm로 유지한 채로, 냉매액 공급 펌프(22)의 on/off의 펄스 동작에 의해서 원통 코일(100)을 일정한 온도 영역에 유지하도록, 코어레스 모터(10)는 작동된다. 원통 코일(100)의 온도(t)는, 코어레스 모터(10)의 시동 후, 90초 전후에서 냉각 개시 온도( $t_{L1}=123^\circ\text{C}$ )를 웃돈다. 이때에 냉매액(순수)(80)이 원통 코일에 직접 공급된다. 다음에 기화 잠열에 의해서 원통 코일(100)이 냉각되어 냉각 정지 온도( $t_{L2}=122^\circ\text{C}$ )를 밀돌 때, 냉매액(순수)(80)의 공급이 정지된다. 이들 펄스 동작의 반복에 의해서 원통 코일의 온도(t)는, 일정한 온도 영역인  $113^\circ\text{C}$ 에서  $128^\circ\text{C}$ 의 범위에서 추이한다. 도 14(a)는 연속 운전 시험에 있어서의 코어레스 모터(10)의 시동 개시부터 720초(12분)간을 발췌한 것이고, 720초(12분) 경과 후도 거의 같이 추이하는 것은 확인이 끝난 상태이다.
- [0116] 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 냉매액 공급 개시부터 10분간의 펌프 가동 시간의 합계는, 토크  $T_1$ 의 경우는 56초간이었지만, 토크  $T_2$ 의 경우는 85.5초간이다. 그 사이의 냉매액의 공급량도 토크  $T_1$ 의 경우는 3.62ml인데 토크  $T_2$ 의 경우는 5.53ml로, 토크  $T_1$ 의 경우의 1.5배이다(도 11, 도 12).
- [0117] 도 14(b)는, 냉각 개시 후인, 시동시부터 180초(3분)부터 360초(6분)의 3분간의 원통 코일(100)의 온도 파형을 확대한 도이다. 급냉각하는 상태는, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ\text{C}$ 로, 이것을 넘는 온도(t)에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하면, 오버 슈트에 의한 온도 상승은  $5^\circ\text{C}$  정도로 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는  $122^\circ\text{C}$ 로, 이것을 밀도는 온도(t)에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 9에서  $5^\circ\text{C}$  정도 저하한다. 구체적으로는, 부하 토크  $T_2=0.36\text{Nm}$ 로 설정된 제어시의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=128^\circ\text{C}$ , 최소 온도  $t_{c2}=113^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t=15^\circ\text{C}$ 가 된다. 토크  $T_1=0.33\text{Nm}$ 인 때에 비해 펄스 간격은 짧아진다. 이 케이스에 있어서도, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_M=130^\circ\text{C}$ 를 넘지 않고, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 원통 코일(100)이 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 최소 온도( $t_{c2}$ )의 차이( $\Delta t$ )를 좁히도록 제어하는 것에 의해서, 정상적인 연속 운전이 가능하게 되는 것을 확인했다.



- [0118] 도 15는, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 부하 토크  $T_3=0.39\text{Nm}$ 로 설정된 코어레스 모터(10)의 구동 시험의 결과이다. 도 15(a)로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 토크  $T_1$ 는  $0.39\text{Nm}$ 로 유지한 채로, 냉매액 공급 펌프(22)의 on/off의 펄스 동작에 의해서 원통 코일(100)을 일정한 온도 영역에 유지하도록, 코어레스 모터(10)는 작동된다. 원통 코일(100)의 온도(t)는, 코어레스 모터(10)의 시동 후, 50초 전후로 냉각 개시 온도( $t_{L1}=123^\circ\text{C}$ )를 웃돈다. 이때에 냉매액(순수)(80)이 원통 코일에 직접 공급된다. 다음에 기화 잠열에 의해서 원통 코일(100)이 냉각되어 냉각 정지 온도( $t_{L2}=122^\circ\text{C}$ )를 밑돌 때에, 냉매액(순수)(80)의 공급이 정지된다. 이들 펄스 동작의 반복에 의해서 원통 코일의 온도(t)는, 일정한 온도 영역인  $109^\circ\text{C}$ 에서  $128^\circ\text{C}$ 의 범위에서 추이한다. 도 15(a)는 연속 운전 시험에 있어서의 코어레스 모터(10)의 시동 개시부터 720초(12분)간을 발췌한 것이고, 720초(12분) 경과 후도 거의 같이 추이하는 것은 확인이 끝난 상태이다.
- [0119] 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 냉각액 공급 개시부터 10분간의 펌프 가동 시간의 합계는, 토크  $T_1$ 의 경우는 56초간이었지만, 토크  $T_3$ 의 경우는 128초간이다. 그 사이의 냉매액의 공급량도 토크  $T_1$ 의 경우  $3.62\text{ml}$ 인데 비해 토크  $T_3$ 의 경우  $8.28\text{ml}$ 로, 토크  $T_1$ 의 경우의 2.3배이다(도 11, 도 12).
- [0120] 도 15(b)는, 냉각 개시 후인, 시동시부터 180초(3분)부터 360초(6분)의 3분간의 원통 코일(100)의 온도 파형을 확대한 도이다. 급냉각하는 상태는, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ\text{C}$ 로, 이것을 넘는 온도(t)에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하면, 오버 슈트에 의한 온도 상승은  $5^\circ\text{C}$  정도로 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는  $122^\circ\text{C}$ 로, 이것을 밑도는 온도(t)에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 13에서  $5^\circ\text{C}$  정도 저하한다. 구체적으로는, 부하 토크  $T_3=0.39\text{Nm}$ 로 설정된 제어시의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=128^\circ\text{C}$ , 최소 온도  $t_{c2}=109^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t=19^\circ\text{C}$ 가 된다. 토크  $T_2=0.36\text{Nm}$ 인 때에 비해 펄스 간격은 더 짧아진다. 이 케이스에 있어서도, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_H=130^\circ\text{C}$ 을 넘지 않고, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밑돌지 않는 상태에서, 원통 코일(100)이 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 최소 온도( $t_{c2}$ )의 차이( $\Delta t$ )를 좁히도록 제어하는 것에 의해서, 정상적인 연속 운전이 가능하게 되는 것을 확인했다.
- [0121] 도 16은, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 부하 토크  $T_4=0.42\text{Nm}$ 로 설정된 코어레스 모터(10)의 구동 시험의 결과이다. 도 16(a)으로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 토크  $T_1$ 은  $0.42\text{Nm}$ 로 유지한 냉매액 공급 펌프(22)의 on/off의 펄스 동작에 의해서 원통 코일(100)을 일정한 온도 영역에 유지하도록, 코어레스 모터(10)는 작동된다. 원통 코일(100)의 온도(t)는, 코어레스 모터(10)의 시동 후, 40초 전후로 냉각 개시 온도( $t_{L1}=123^\circ\text{C}$ )를 웃돈다. 이때에 냉매액(순수)(80)이 원통 코일에 직접 공급된다. 다음에 기화 잠열에 의해서 원통 코일(100)이 냉각되어 냉각 정지 온도( $t_{L2}=122^\circ\text{C}$ )를 밑돌 때, 냉매액(순수)(80)의 공급이 정지된다. 이들 펄스 동작의 반복에 의해서 원통 코일의 온도(t)는, 일정한 온도 영역인  $107^\circ\text{C}$ 에서  $127^\circ\text{C}$ 의 범위에서 추이한다. 도 16(a)은 연속 운전 시험에 있어서의 코어레스 모터(10)의 시동 개시부터 720초(12분)간을 발췌한 것이고, 720초(12분) 경과 후도 거의 같이 추이하는 것은 확인이 끝난 상태이다.
- [0122] 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 냉각액 공급 개시부터 10분간의 펌프 가동 시간의 합계는, 토크  $T_1$ 의 경우는 56초간이었지만, 토크  $T_4$ 의 경우는 176.5초간이다. 그 사이의 냉매액의 공급량도 토크  $T_1$ 의 경우  $3.62\text{ml}$ 인데 비해 토크  $T_4$ 의 경우  $11.41\text{ml}$ 로, 토크  $T_1$ 의 경우의 3.2배이다(도 11, 도 12).
- [0123] 도 16(b)은, 냉각 개시 후인, 시동시부터 180초(3분)부터 360초(6분)의 3분간의 원통 코일(100)의 온도 파형을 확대한 도이다. 급냉각하는 상태는, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ\text{C}$ 로, 이것을 넘는 온도(t)에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하면, 오버 슈트에 의한 온도 상승은  $4^\circ\text{C}$  정도로 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는  $122^\circ\text{C}$ 로, 이것을 밑도는 온도(t)에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 15에서  $7^\circ\text{C}$  정도 저하한다. 구체적으로는, 부하 토크  $T_4=0.42\text{Nm}$ 로 설정된 제어시의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=127^\circ\text{C}$ , 최소 온도  $t_{c2}=107^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t=20^\circ\text{C}$ 가 된다. 토크  $T_3=0.39\text{Nm}$ 인 때에 비해 펄스 간격은 더 짧아진다. 이 케이스에 있어서도, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도  $t_H=130^\circ\text{C}$ 를 넘지 않고, 냉매액(순수)의

기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 원통 코일(100)이 제어시의 원통 코일의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 최소 온도( $t_{c2}$ )의 차이( $\Delta t$ )를 좁히도록 제어하는 것에 의해서, 정상적인 연속 운전이 가능하게 되는 것을 확인했다.

[0124] 도 13~도 16으로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)에 정격 토크  $T_0=0.28Nm$ 를 넘는 부하 토크  $T_1\sim T_4(0.33\sim 0.42Nm)$ 를 연속적으로 부여하면서, 원통 코일(100)의 온도를 제어하고, 그것에 의해, 코어레스 모터(10)의 연속 운전이 가능한 것을 확인했다. 이 시험 결과로부터  $T_1\sim T_4$ 의 어느 경우에 있어서도, 코어레스 모터(10)는, 원통 코일(100)이 공급되는 냉매액(순수)(80)을 기화하고, 그 기화 잠열로, 원통 코일(100)의 허용 상한 온도( $t_M$ )를 넘지 않고, 냉매액(순수)의 기화하는 하한 온도( $t_N$ )를 밀돌지 않는 상태에서, 원통 코일(100)의 최대 온도( $t_{c1}$ )와 최소 온도( $t_{c2}$ )의 차이( $\Delta t$ )를 좁히도록, 원통 코일(100)의 온도를 제어하는 것에 의해서, 정상적인 연속 운전이 가능한 것을 확인했다.

[0125] 4 케이스의 과부하 상태의 코어레스 모터(10)는, 원통 코일(100)로의 냉매액(순수)(80)의 공급량을 조정하는 것에 의해서, 최대 온도  $t_{c1}=125^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=111^\circ C$ ,  $\Delta t=14^\circ C(T_1)$ , 최대 온도  $t_{c1}=128^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=113^\circ C$ ,  $\Delta t=15^\circ C(T_2)$ , 최대 온도  $t_{c1}=128^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=109^\circ C$ ,  $\Delta t=19^\circ C(T_3)$ , 최대 온도  $t_{c1}=127^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=107^\circ C$ ,  $\Delta t=20^\circ C(T_4)$ 와 같이, 원통 코일(100)을 적정 온도 범위에 완전한 제어 상태에서 연속 운전 가능한 것이 검증되었다.

[0126] 4 케이스의 과부하 상태의 코어레스 모터(10)의 구동 시험에 의한 검증을 보강하기 위한 추가의 구동 시험을 행했다. 그것은, 발전기(32)의 가변 부하(33)로 설정되는 부하 토크를  $T_1=0.33Nm$ 로 설정해 코어레스 모터(10)의 시동으로부터 300초(5분)까지 구동하고, 다음의 300초부터 600초(추가로 5분)간에는 부하 토크를  $T_4=0.42Nm$ 로 설정해 코어레스 모터(10)를 구동하고, 다음의 600초부터 720초(추가로 2분)간에는 부하 토크를  $T_1=0.33Nm$ 로 재설정해 코어레스 모터(10)를 구동한 시험이다.

[0127] 도 17은, 코어레스 모터(10)를, 토크  $T_1$ 에서 5분, 토크  $T_4$ 에서 5분, 추가로 재차 토크  $T_1$ 에서 2분간, 연속적으로 구동한 시험 결과이다. 도 17(a)로부터 분명한 것 같이, 코어레스 모터(10)의 가동 시험중, 부하 토크를  $T_1=0.33Nm$ 로 설정해 코어레스 모터(10)의 시동으로부터 300초(5분)까지 구동하고, 다음의 300초부터 600초(추가로 5분)간에는 부하 토크를  $T_4=0.42Nm$ 로 설정한 조건에 있어서도 냉매액 공급 펌프(22)의 on/off의 펄스 동작의 반복에 의해서 원통 코일의 온도( $t$ )는, 일정한 온도 영역인  $109^\circ C$ 에서  $126^\circ C$ 의 범위에서 추이한다. 도 17(a)은 연속 운전 시험에 있어서의 코어레스 모터(10)의 시동 개시부터 720초(12분)간을 발췌한 것이고, 720초(12분) 경과 후와 같은 부하 변동에 있어서도 거의 같이 추이하는 것은 확인이 끝난 상태이다.

[0128] 냉매액 공급 펌프(22)의 작동 조건은, 지금까지의 케이스와 같이, 냉각 개시(제1 읽어들이) 온도  $t_{L1}=123^\circ C$ 를 넘었을 때이다. 이때에 냉매액(순수)(80)이 원통 코일에 직접 공급된다. 다음에 기화 잠열에 의해서 원통 코일(100)이 냉각되어 냉각 정지(제2 읽어들이) 온도  $t_{L2}=122^\circ C$ 를 밀돌 때에, 냉매액(순수)(80)의 공급이 정지된다.

[0129] 도 17(b)은, 부하 토크를  $T_1=0.33Nm$ 로부터  $T_4=0.42Nm$ 로 순식간에 변화시키고 있는 부분의 상세이다. 구체적으로는 시동시부터 180초(3분)부터 420초(7분)의 4분간의 원통 코일(100)의 온도 파형을 확대한 도이다. 보다 상세하게는, 180초(3분)부터 300초(5분)의 부하 토크  $T_1$ 는  $0.33Nm$ 이므로, 급냉각과 완만한 온도 상승은, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ C$ 로, 이것을 넘는 온도( $t$ )에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하면, 온도 상승은  $1^\circ C$  이내 정도로 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는  $122^\circ C$ 로, 이것을 밀도는 온도( $t$ )에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 11에서  $7^\circ C$  정도 저하한다. 구체적으로는 부하 토크  $T_1=0.33Nm$ 로 설정된 시동시부터 180초(3분)부터 300초(5분)의 2분간의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=124^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=111^\circ C$ ,  $\Delta t=13^\circ C$ 가 되고, 도 13의 결과인 최대 온도  $t_{c1}=125^\circ C$ , 최소 온도  $t_{c2}=111^\circ C$ ,  $\Delta t=14^\circ C$ 와 거의 합치한다.

[0130] 300초(5분)부터 420초(7분)의 사이의 부하 토크  $T_4$ 는  $0.42Nm$ 이므로, 온도의 급냉각과 급상승은, 도로부터 용이하게 판단된다. 제1 읽어들이 온도( $t_{L1}$ )는  $123^\circ C$ 로, 이것을 넘는 온도( $t$ )에서 냉매액(80)을 공급해 냉각 개시하

면, 온도 상승은 4℃ 정도로 반전한다. 반전 후의 제2 읽어들이 온도( $t_{L2}$ )는 122℃로, 이것을 밀도는 온도( $t$ )에서 냉매액(80)의 공급을 멈추어도, 오버 슈트로 하강 후의 온도는 13에서 10℃ 정도까지 저하한다. 구체적으로는 부하 토크  $T_4=0.42\text{Nm}$ 로 설정된 300초(5분)부터 420초(7분)의 사이의 2분간의 원통 코일의 최대 온도  $t_{c1}=126$ ℃, 최소 온도  $t_{c2}=109$ ℃,  $\Delta t=17$ ℃가 되고, 도 16의 결과인 최대 온도  $t_{c1}=127$ ℃, 최소 온도  $t_{c2}=108$ ℃,  $\Delta t=19$ ℃와 거의 합치한다. 이것에 의해 코어레스 모터(10) 가동중에 토크 0.42Nm를 상한으로 하는 부하 변동에 있어서도 올바르게 제어되어 연속 운전이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

[0131] 도 18은, 도 17에 나타난 부하 토크와 동일 조건으로 원통 코일(100)의 냉각 개시 온도( $t_{L1}$ )와 냉각 정지 온도( $t_{L2}$ )를 변화시켰을 때의 실험 결과이다. 코어레스 모터(10)를 시동하고, 원통 코일(100)이  $t_{L1}=110$ ℃인 때를 냉각 개시 온도로 설정하고, 또한,  $t_{L2}=90$ ℃인 때를 냉각 정지 온도로 설정하고, 토크  $T_1$ 에서 5분, 토크  $T_4$ 에서 5분, 재차 토크  $T_1$ 에서 2분간, 연속적으로 코어레스 모터(10)를 구동한 시험 결과이다. 냉각 개시 온도의  $t_{L1}$  및 냉각 정지 온도의  $t_{L2}$ 의 설정 값을 변경했을 경우에 있어서도, 구동 시스템(1)은, 정상적으로 작동하는 것을 확인할 수 있었다.

[0132] 이상의 구동 시험은, 냉매액을 도 19의 표에 기재된 기화열 2257kJ/kg의 순수를 이용해 행한 것이다. 도 19는 순수(80)를 포함한 냉매액의 융점 ℃, 비점 ℃, 기화열 kJ/kg의 일람표이다. 거기서, 냉매액(80)으로서, 융점 -123℃, 비점 34℃, 기화열 142kJ/kg의 불소계 액체를 이용하고, 부하 토크  $T=0.317\text{Nm}$ 로 설정한 코어레스 모터(10)에서, 냉매 없음(無)의 경우와 냉매 있음(有)의 경우의 구동 시험을 행했다.

[0133] 도 20은, 냉매액(80)에 불소계 냉매를 이용하고, 냉매액 공급 펌프(22)의 작동 조건을, 냉각 개시 온도  $t_{L1}=54$ ℃(제1 읽어들이)와 냉각 정지 온도  $t_{L2}=52$ ℃(제2 읽어들이)로 설정하고, 원통 코일(100)에 공급하면서 구동되었을 경우와, 공급되지 않는 경우와의 구동 시험에 있어서의 원통 코일(100)의 온도( $t$ )의 추이를 나타낸다. 이 구동 시험에 의해서, 가동되는 코어레스 모터(10)에 있어서, 불소계 냉매액(80)이 공급되었을 경우에는 원통 코일(100)을 50℃~60℃의 사이에서 추이시킬 수 있는 반면에, 불소계 냉매액(80)이 공급되지 않는 경우에는, 원통 코일(100)은 10분 정도에서 130℃를 넘는 것이 확인되었다.

[0134] 구동 시험의 결과는, 불소계 냉매액(80)이라도, 원통 코일(100)에 공급되고, 원통 코일(100)에서 기화된 기화 잠열에 의한 원통 코일(100)에 대한 냉각 동작이 제어장치(20)에 의해서 적절하게 제어되는 것을 밝혔다. 그것은 또, 순수 이외의 다른 냉매액(80)을 이용하는 코어레스 모터(10)에 있어서, 원통 코일(100)에 대한 냉각 동작이 적절하게 제어할 수 있으면, 코어레스 모터(10)의 연속 운전이 가능한 것을 검증하는 것이고, 냉매를 변경하는 것으로 코일의 온도 제어 영역을 변경하는 것이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

[0135] 도 8의 코어레스 모터(10)를 이용한 본 구동 시험으로부터 분명한 것 같이, 본 발명은, 정격 부하를 넘는 부하에서 연속 운전하는 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법 및 그것을 포함한 구동 시스템이며, 적어도 이하의 구성을 가지는 것이다.

[0136] 무철심 회전 전기 기계는, 전형적으로는, 원통형 마운트의 내주면에 복수의 마그넷이 배비된 로터든가, 또는, 저부에 동심원의 이너 요크 및 아우터 요크를 일체화시킨 컵형 마운트의 이너 요크의 외주면 및/또는 아우터 요크의 내주면에 복수의 마그넷을 서로 원주 방향에 간극을 비워 배비하고, 그 간극에 대응하는 이너 요크의 위치에 이너 요크를 관통하는 슬릿을 가지는 로터든가, 그 어느 쪽인가를 한편의 구성 요건으로 하는 것이고, 로터에 대응하는 다른 한편의 구성 요건인 스테이터는, 통전 가능한 무철심의 원통 코일 가지고, 그 원통 코일의 한편의 단면이 고정되는 개형 마운트로 이루어지는 것이다.

[0137] 그것은 또한, 도 1 및 도 2와 도 3 및 도 4로부터 분명한 것 같이, 스테이터에 고정된 원통 코일의 내측과 로터 및 스테이터의 중심부로 형성되는 공간에 냉매액을 공급하는 경로를 가지고 있고, 구동부 또는 구동장치에 의해서 구동될 때에 제어부 또는 제어장치를 작동하고, 발열하는 원통 코일의 온도를 적당히 검지하는 것에 의해서, 그 경로를 개제시켜 원통 코일의 내주면에 직접 보내는 냉매액의 공급량을 조정하는 구성을 가지는 것이다. 이것은, 구동 시스템을 나타내는 도 5 및 도 6으로부터 용이하게 이해되는 것이다.

[0138] 본 발명의 무철심 회전 전기 기계, 그 구동 방법, 및 그것을 포함한 구동 시스템은, 정격을 넘는 여러 가지 부하 조건에 적용 가능하다 것은, 구동 시험 개요도인 도 7의 발전기(32)에 있어서의 가변 부하(33)로부터 용이하게 추정할 수 있다. 게다가, 구동 시험에 이용한 코어레스 모터와 같은 구성을 가지는 것이면, 그 대소는 불문

하는 것은 말할 필요도 없다.

[0139] 참고도로서 예시한 도 21의 무철심 회전 전기 기계는, 냉매액으로 공급하는 구성이, 도 3 및 도 4에 나타난 냉매액이 공급되는 위치가 제1 공극이 아니고, 제2 공극에 위치한 실시예이다. 이 실시예에 있어서도, 제2 공극에 보내지는 냉매액이 발열하는 원통 코일에 이르고, 냉매액을 거기서 기화하고, 그 기화 잠열로 원통 코일의 냉각을 충분히 할 수 있고, 그것에 의해, 정격을 넘는 부하에서 가동하기 위한 무철심 회전 전기 기계로 할 수 있는 것이라고 생각한다. 다만, 이 구성에 근거하는 코어레스 모터의 구동 시험은 실시되어 있지 않다.

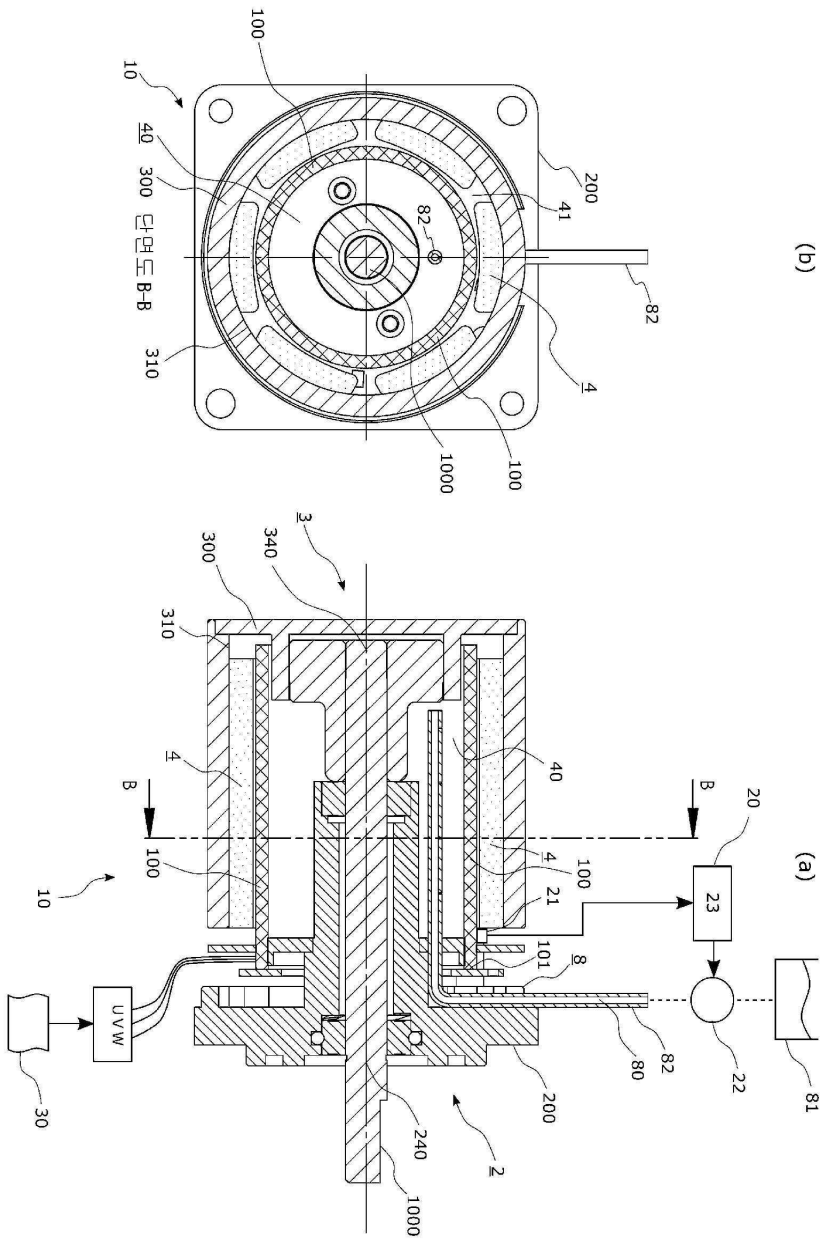
[0140] 본 발명은, 바람직한 실시 형태에 관련해서 기재되었지만, 당업자이면, 본 발명의 범위로부터 이탈하는 일 없이, 여러 가지 변경이 이루어져, 균등물이 거기에 붙은 요소에 대체될 수 있는 것이 이해될 것이다. 따라서, 본 발명을 실시하기 위해서 고려된 최선의 실시형태로서 개시된 특정의 실시형태로 한정되는 것이 아니고, 특허 청구의 범위에 속하는 모든 실시 형태를 포함하는 것이다.

### 부호의 설명

- [0141]
- 1: 구동 시스템
  - 2: 스테이터(고정자)
  - 3: 로터(회전자)
  - 4: 마그넷
  - 8: 냉매액을 공급하는 경로
  - 10: 무철심 회전 전기 기계 또는 코어레스 모터
  - 20: 제어부 또는 제어장치
  - 21: 코일 온도 검지 센서
  - 22: 펌프
  - 23: 컨트롤러
  - 24: 전자 밸브
  - 25: 온도·전압 기록 장치
  - 26: 냉매액 유량 가변 장치
  - 30: 구동부 또는 구동장치
  - 31: 전력계
  - 32: 발전기
  - 33: 가변 부하
  - 34: 토크 센서
  - 35: 토크계
  - 40: 에어 캡을 포함한 공극 또는 제1 공극
  - 41: 마그넷 상호의 간극
  - 50: 제2 공극
  - 60: 제3 공극
  - 80: 냉매액 또는 액상
  - 800 냉매액의 기상
  - 81: 냉매액 용기

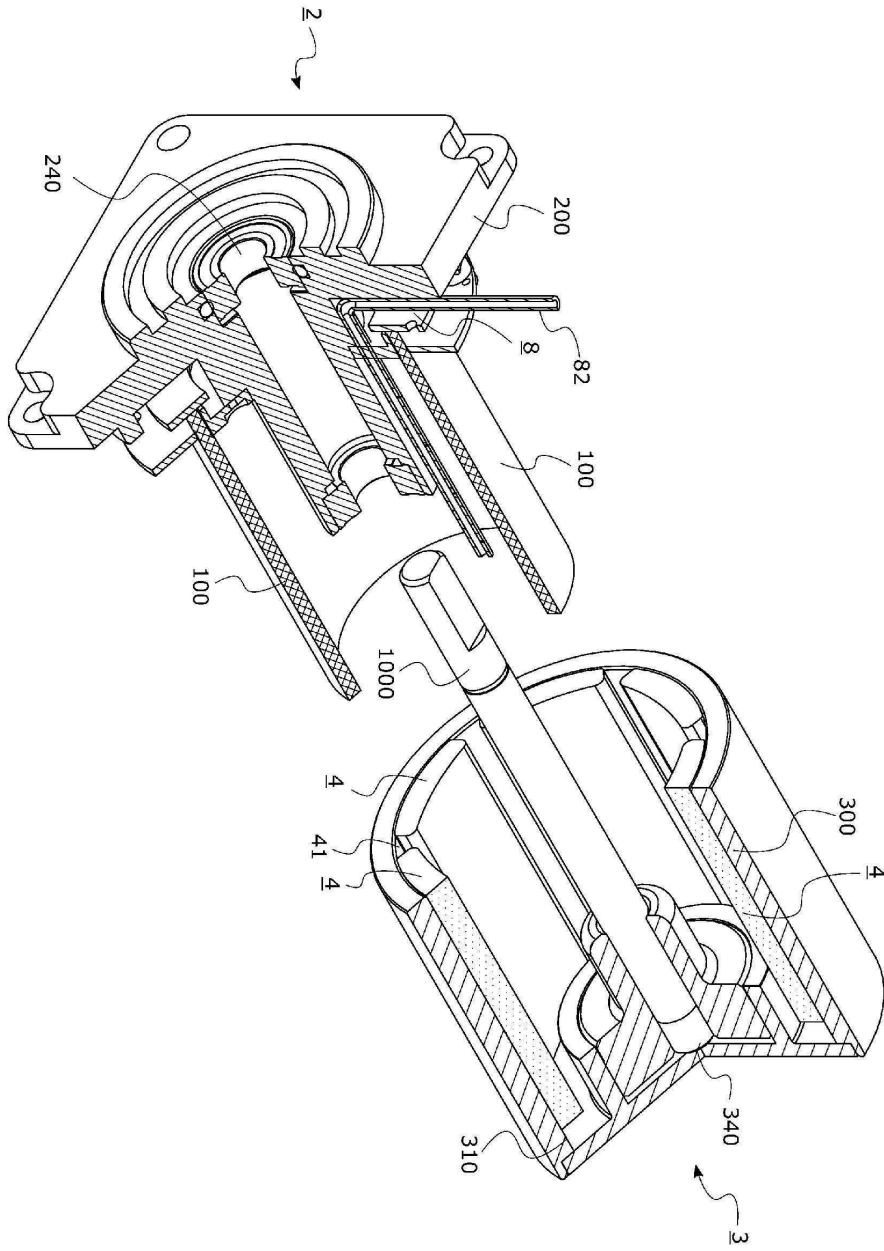
- 82: 순환 수단 또는 순환 반송 파이프
- 100: 원통 코일
- 101: 원통 코일의 한편의 단면
- 102: 원통 코일의 다른 한편의 단면
- 110: 원통 코일의 내주 측
- 120: 원통 코일의 외주 측
- 200: 스테이터(2)를 구성하는 개형 마운트
- 240: 개형 마운트의 중심부
- 300: 로터(3)를 구성하는 원통형 마운트
- 310: 원통형 마운트의 내주면
- 340: 원통형 마운트의 중심부
- 400: 로터(3)를 구성하는 컵형 마운트
- 401: 컵형 마운트의 한편의 단면
- 410: 컵형 마운트의 저부
- 420: 컵형 마운트(400)를 구성하는 이너 요크
- 421: 이너 요크(420)의 내측
- 422: 이너 요크(420)의 외주면
- 423: 이너 요크(420)를 관통하는 슬릿
- 430: 컵형 마운트(400)를 구성하는 아우터 요크
- 431 아우터 요크의 외주면
- 1000: 구동 샤프트

도면  
도면1





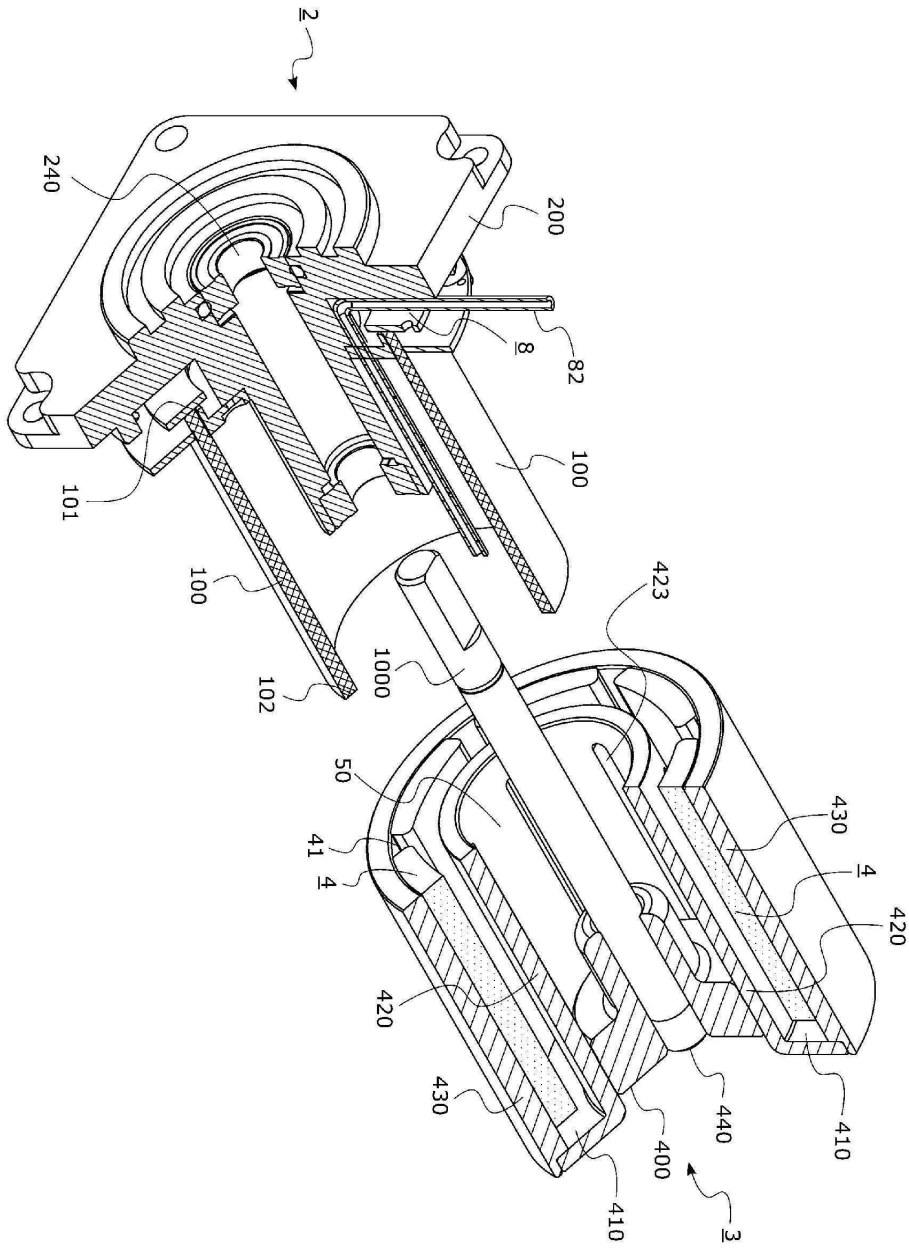
도면2



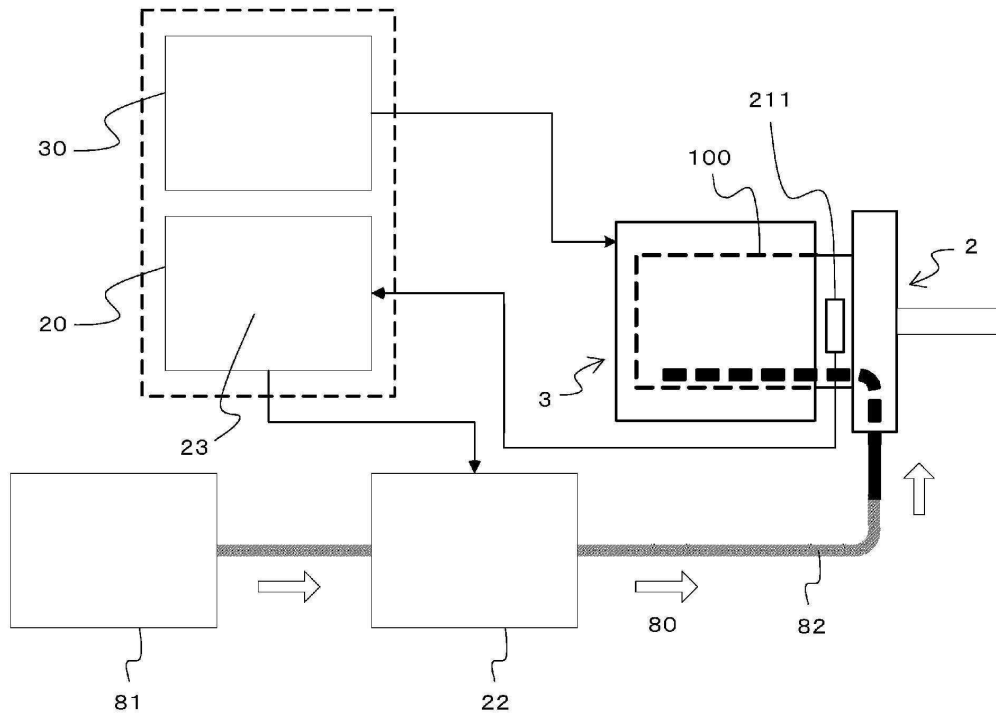




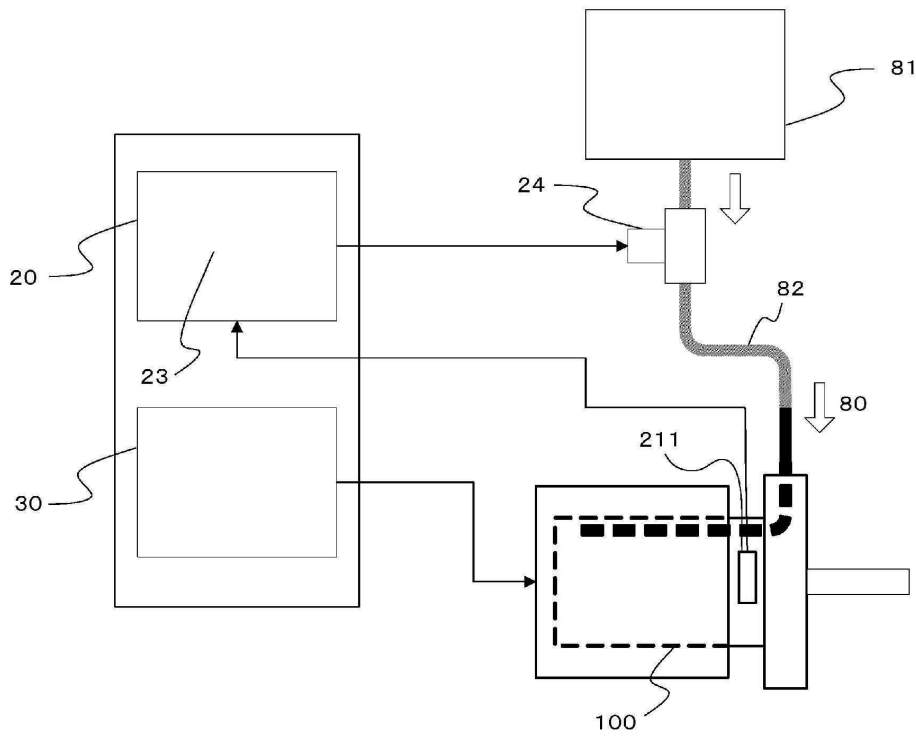
도면4



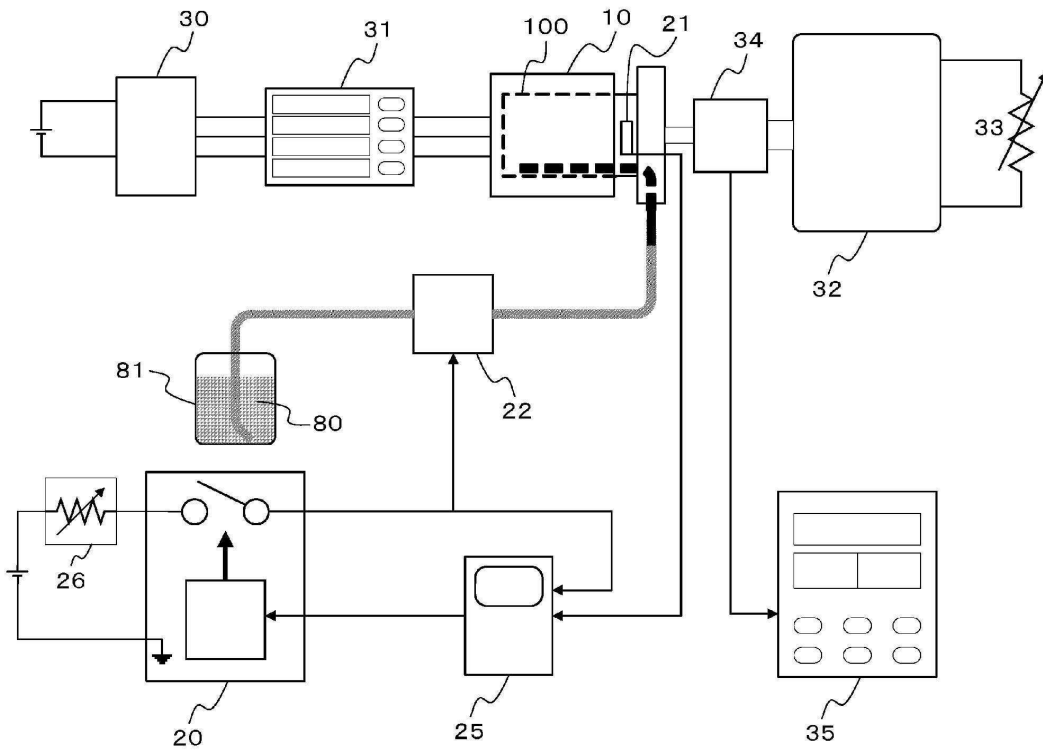
도면5



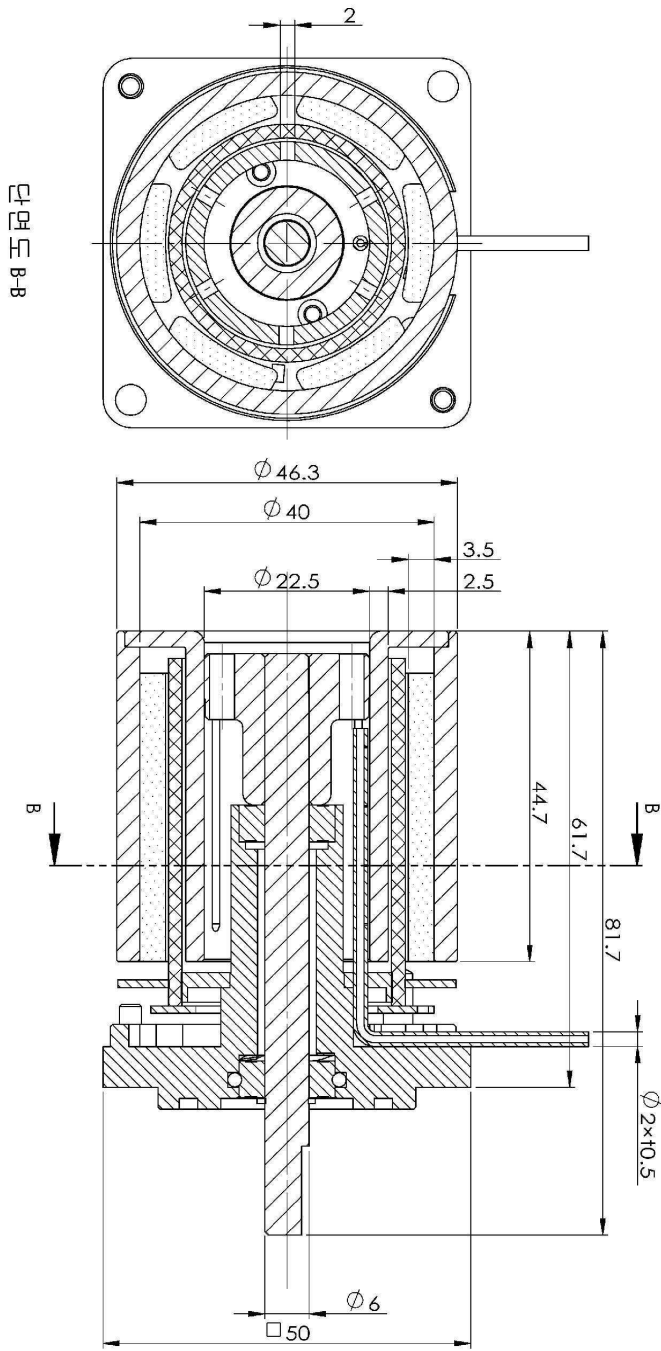
도면6



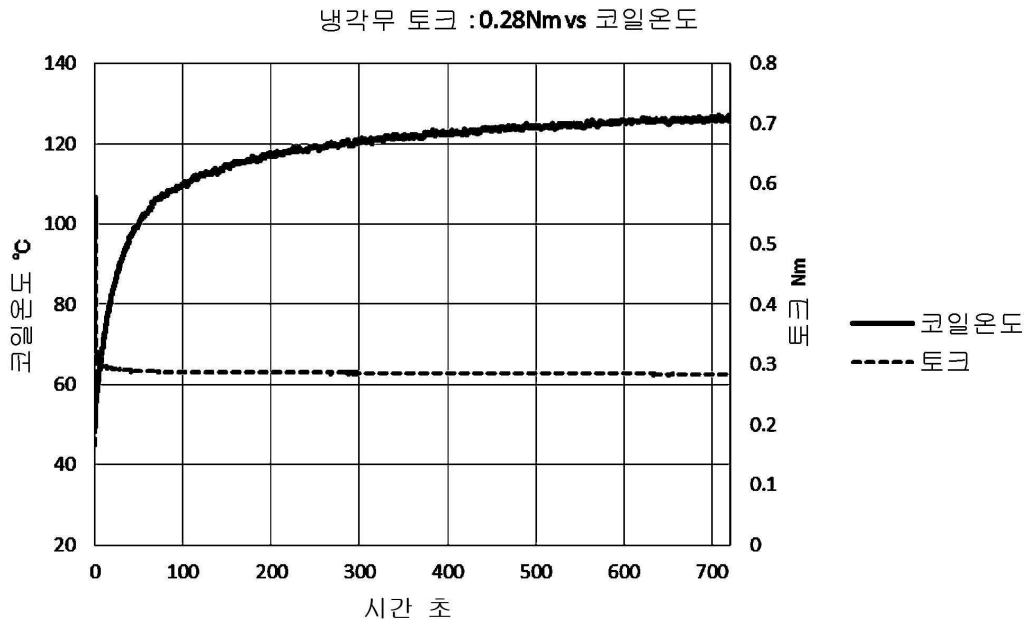
도면7



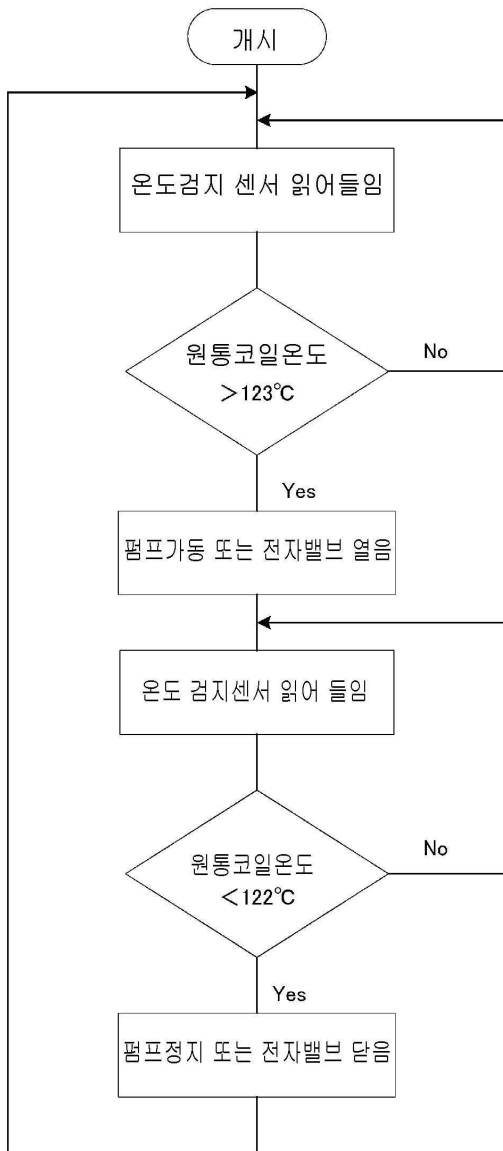
도면8



도면9



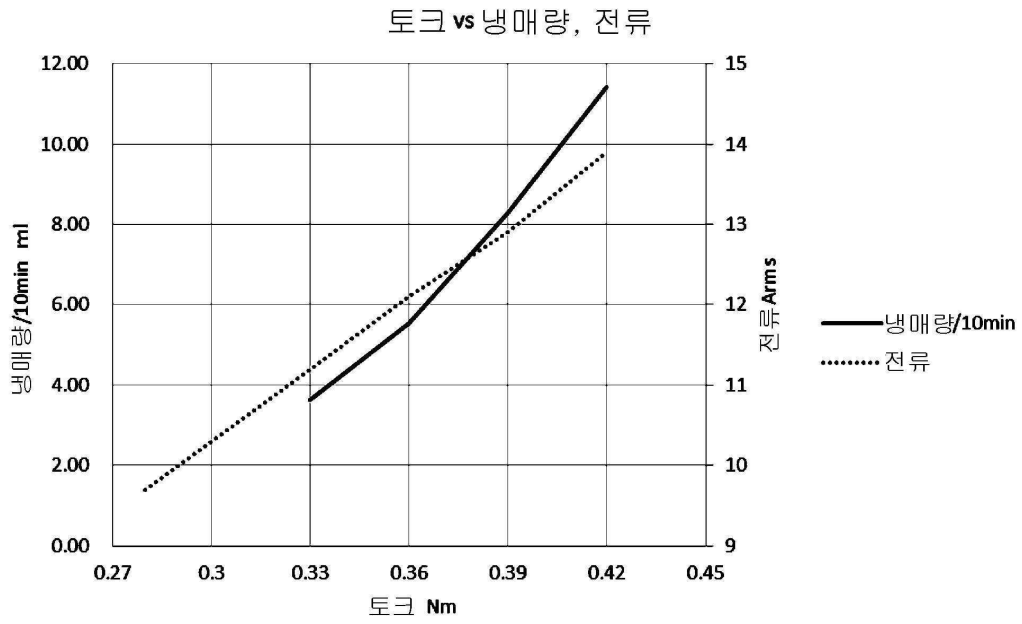
도면10



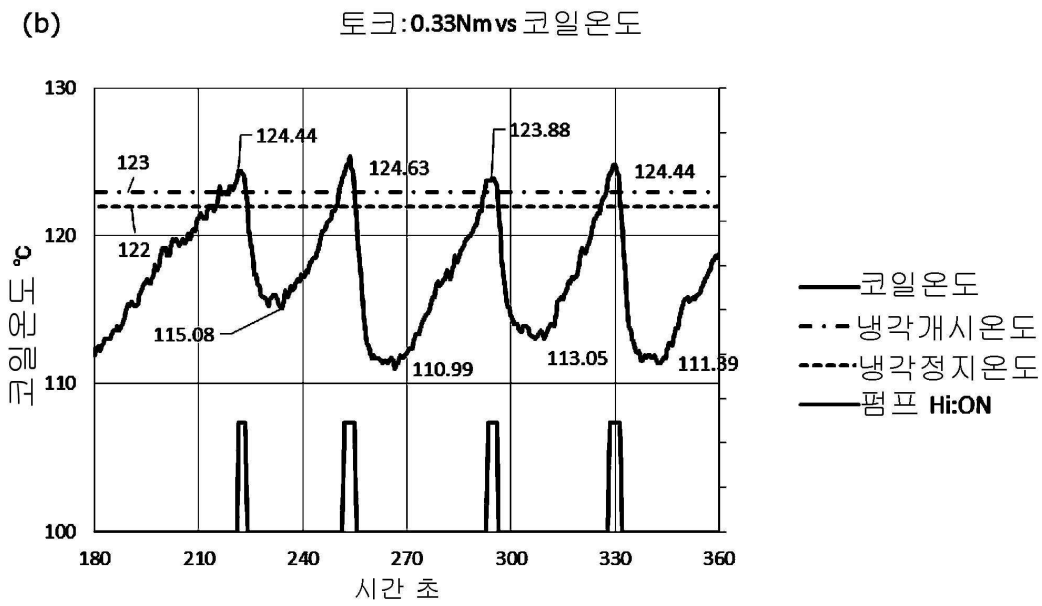
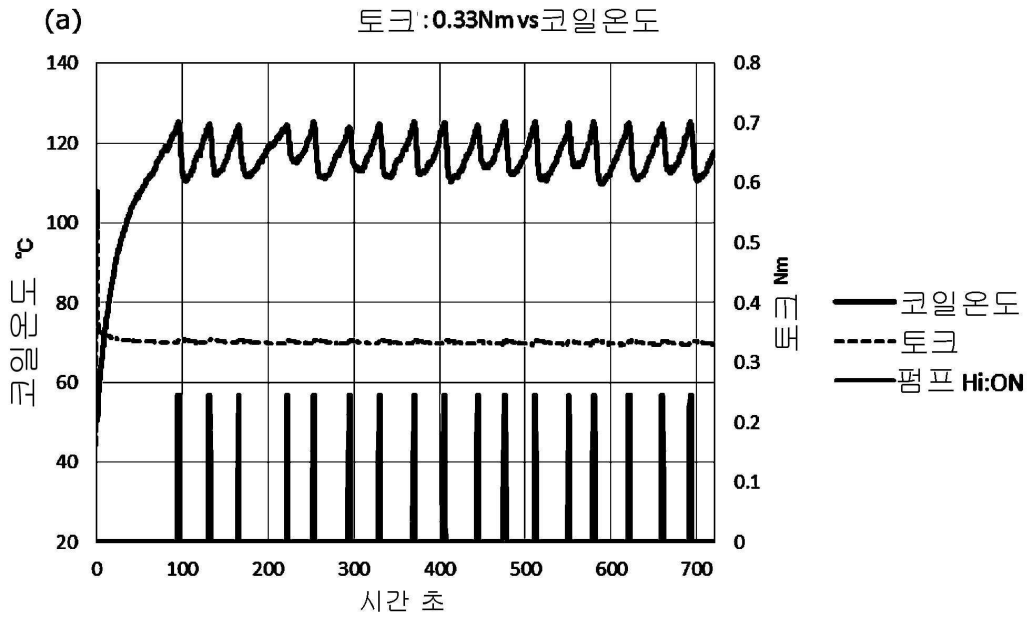
도면11

토크 Nm	전류 Arms	회전수 rpm	출력 W	펌프 반송량 ml/min	펌프가동시간 합계 @10min sec	냉매량@10min ml	비고
0.28	9.7	6537	191.67	0	0	0	냉각무, 코일온도 127°C@720s
0.33	11.2	6255	216.16	3.88	56	3.62	
0.36	12.1	6049	228.04	3.88	85.5	5.53	
0.39	12.9	5860	239.33	3.88	128	8.28	
0.42	13.9	5688	250.17	3.88	176.5	11.41	

도면12

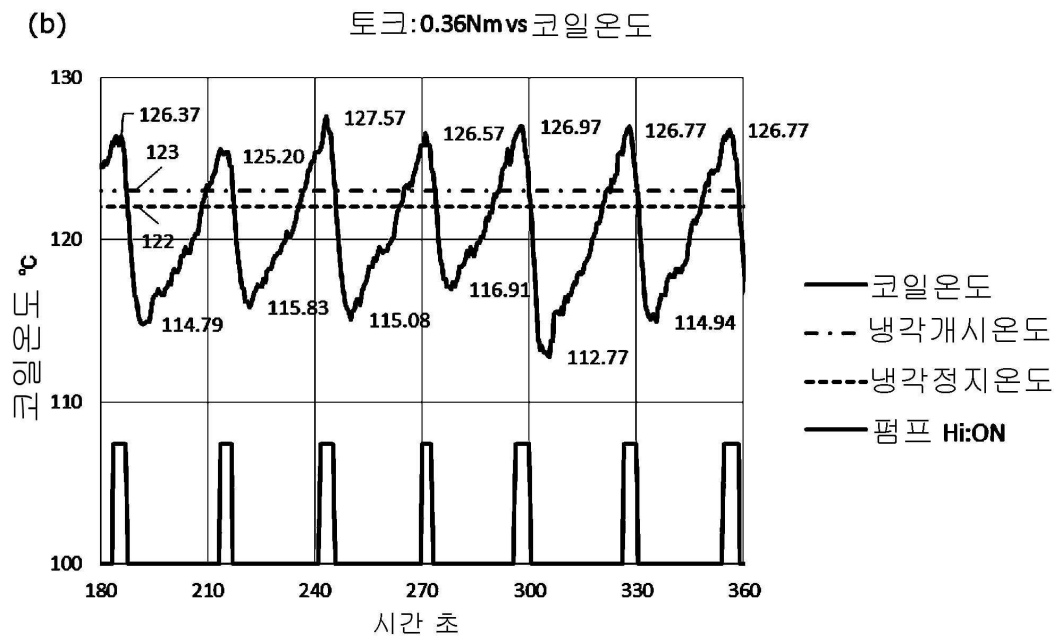
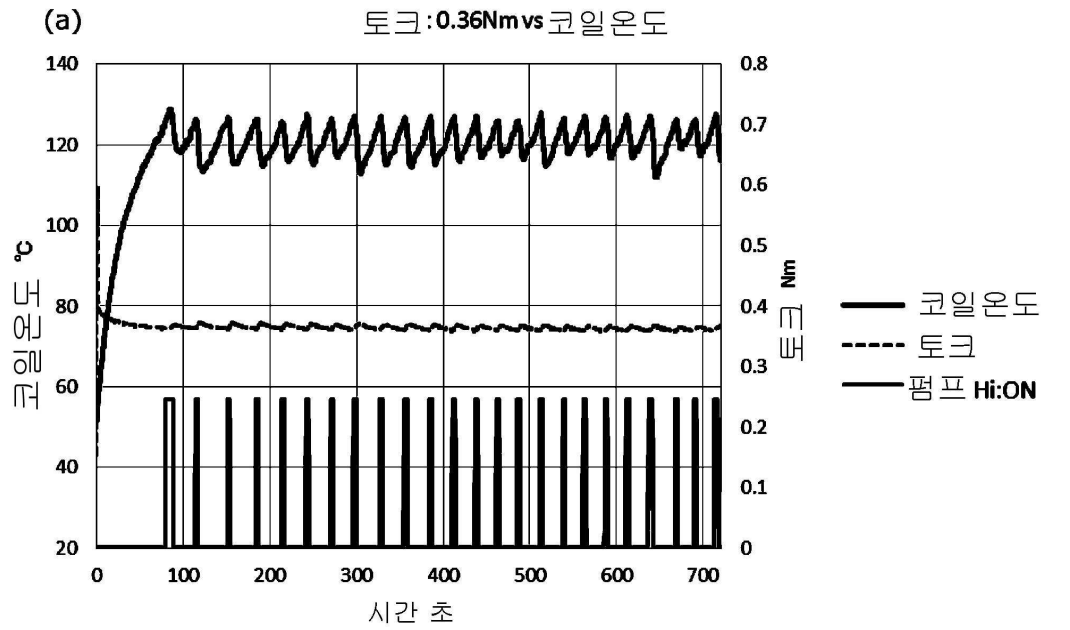


도면13

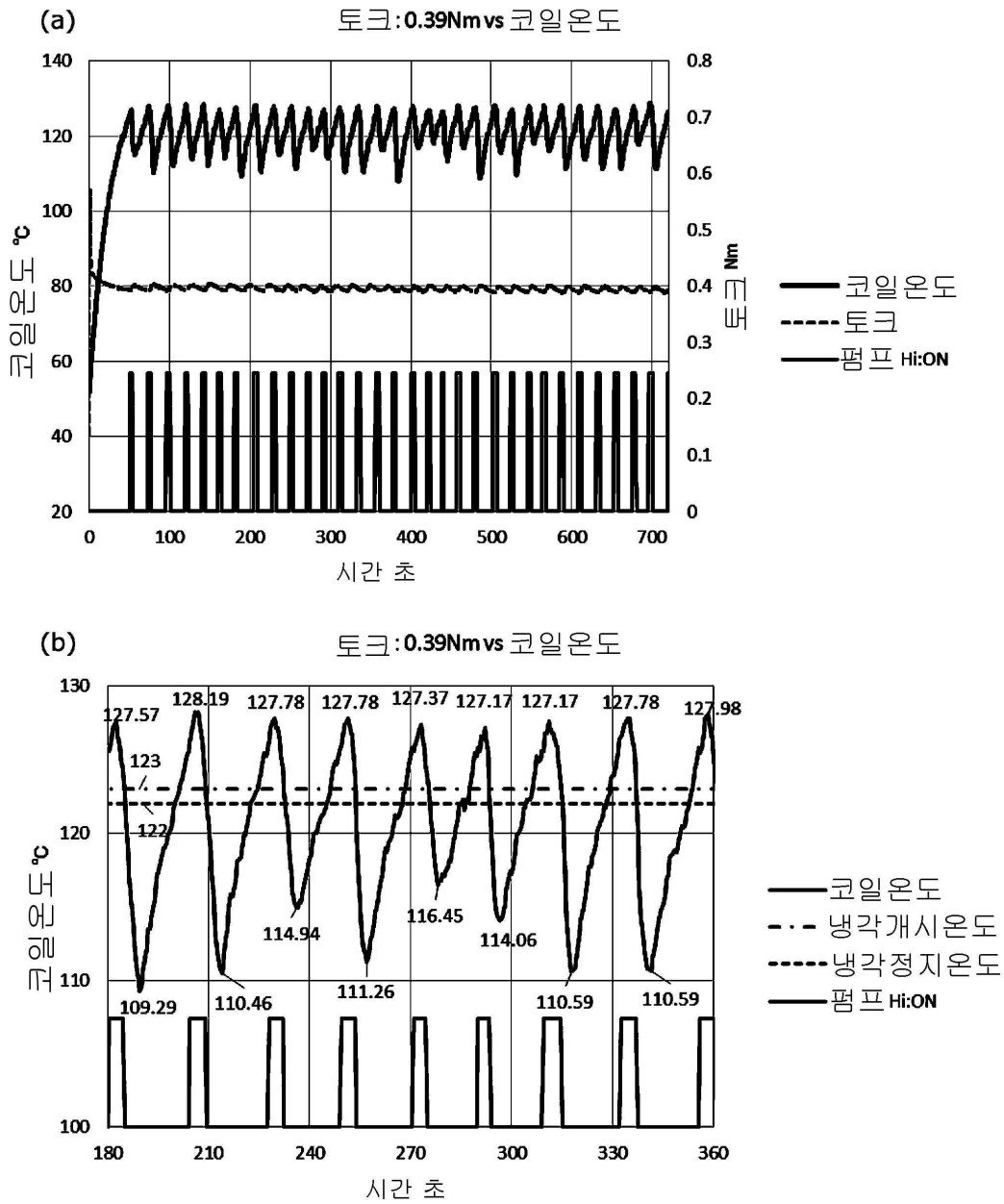




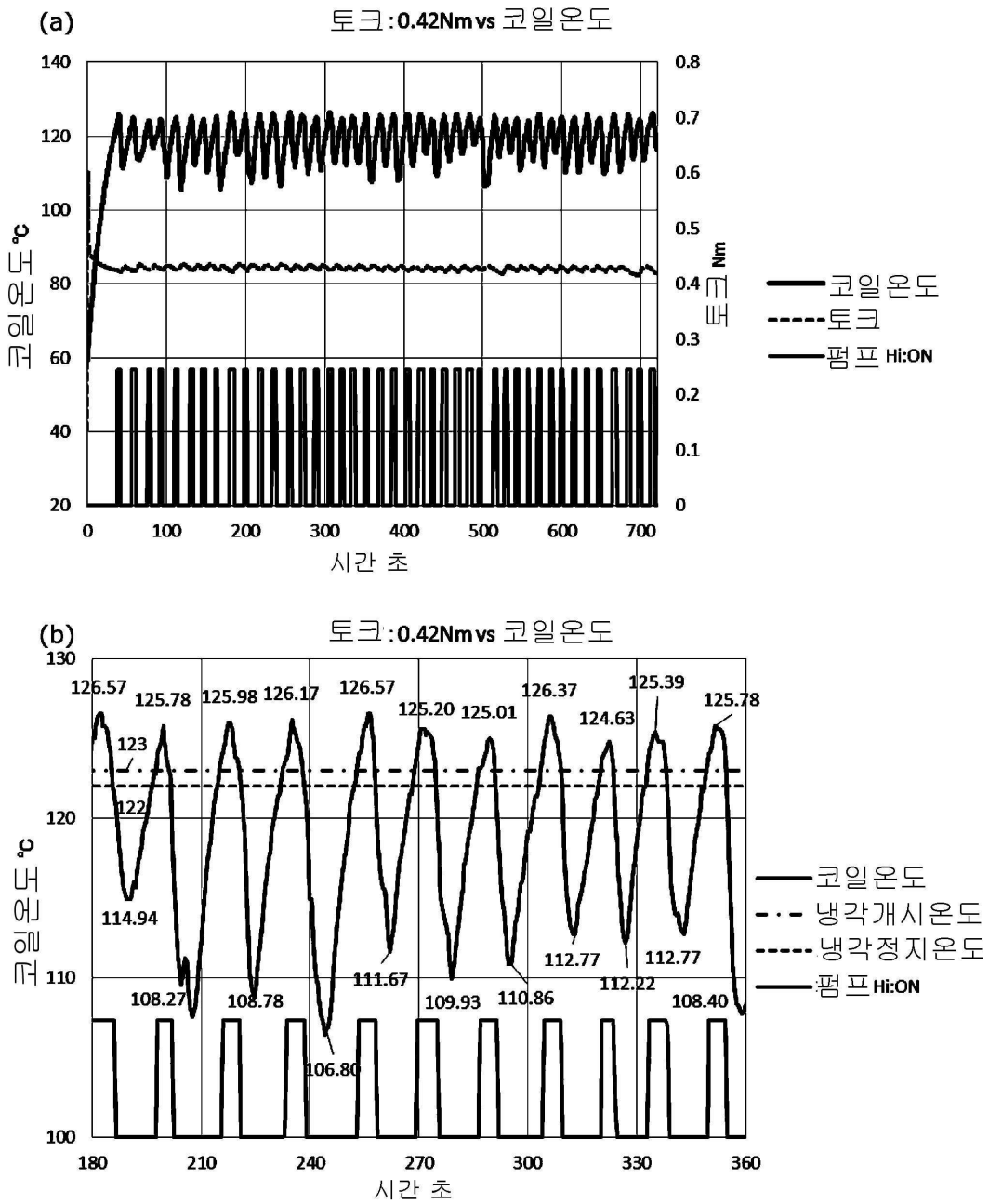
도면14



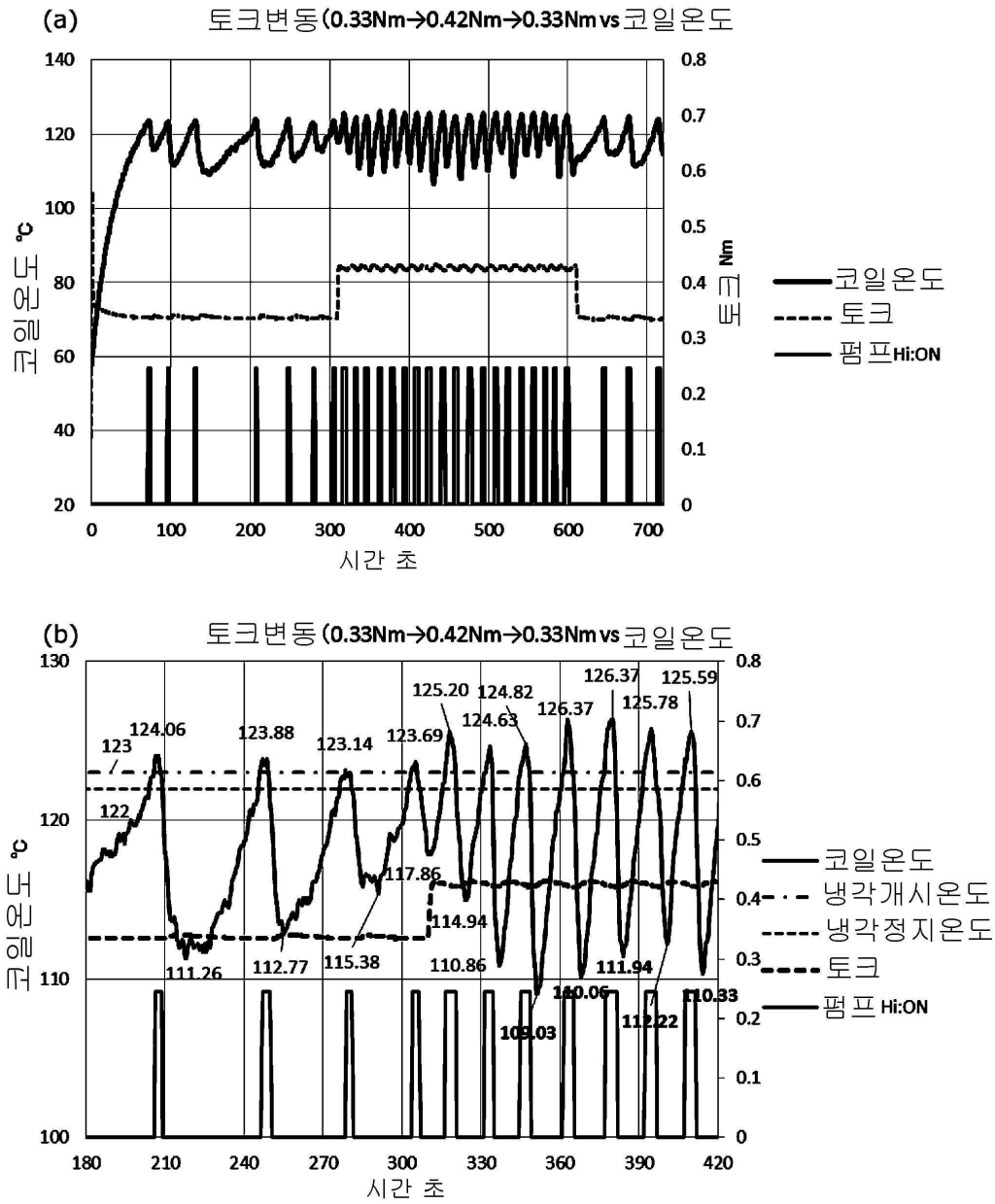
도면15



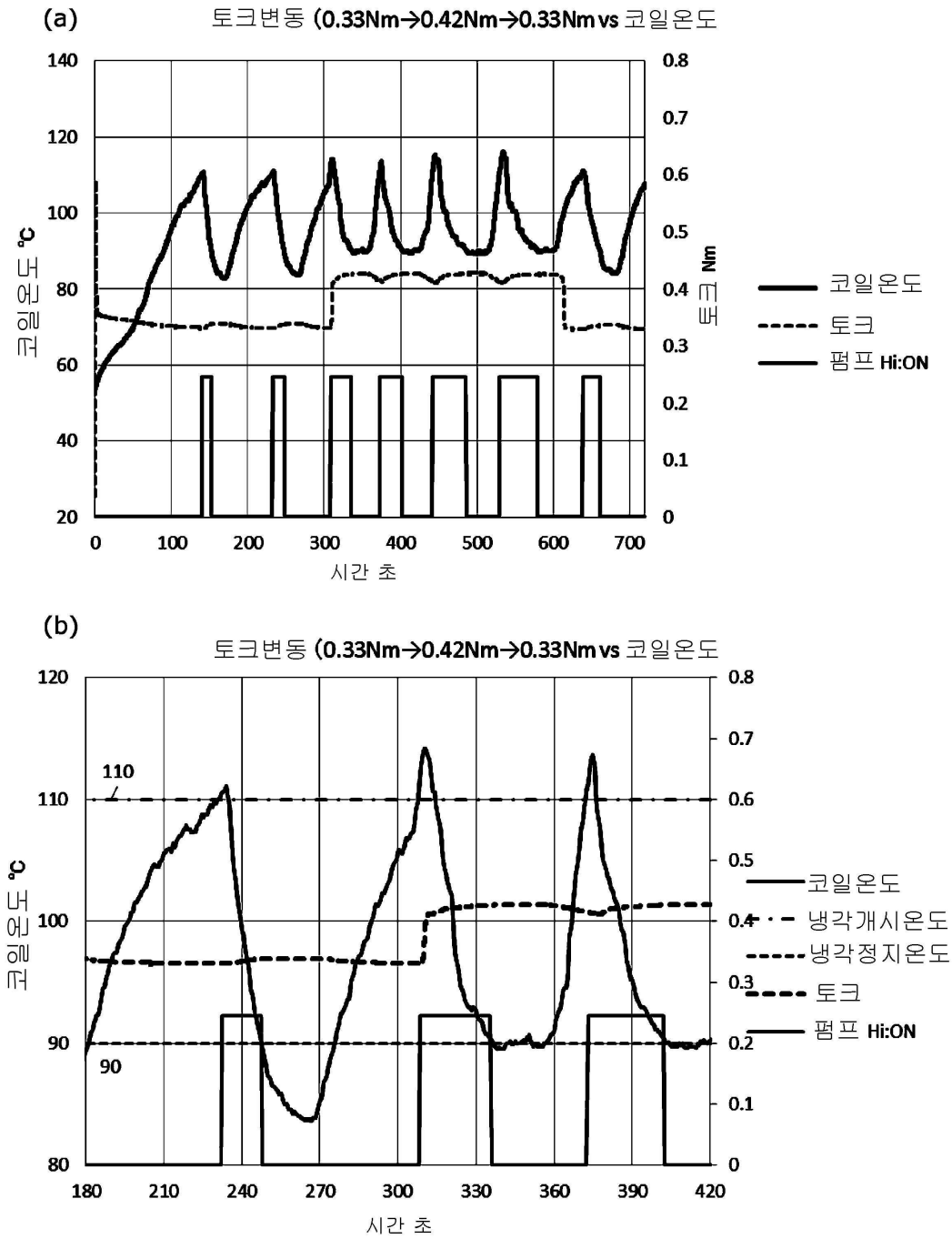
도면16



도면17



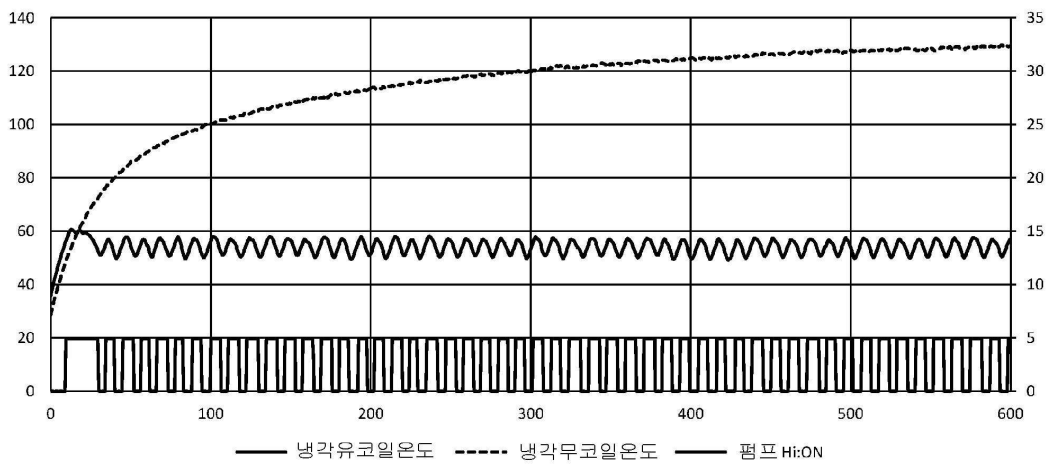
도면18



도면19

물질	융점 °C	비점 °C	기화열 kJ/kg
물	0	100	2257
에탄올	-114.5	78.32	838
암모니아	-77.7	-33.48	1372
액체 질소	-209.86	-195.8	199
액체 헬륨	-272.2	-268.9	20.4
불소계 액체 (3M™ Novec™ 7000)	-123	34	142

도면20



도면21

