



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년04월20일
H02K 1/22 (2006.01)	(11) 등록번호	10-0709301
H02K 19/28 (2006.01)	(24) 등록일자	2007년04월12일

(21) 출원번호	10-2005-0105243	(65) 공개번호
(22) 출원일자	2005년11월04일	(43) 공개일자
심사청구일자	2005년11월04일	

(73) 특허권자 창원대학교 산학협력단
 경남 창원시 사림동 9 창원대학교내

 이중호
 대전 유성구 지족동 열매마을 607동 1504호

(72) 발명자 이중호
 대전 유성구 지족동 열매마을 607동 1504호

 홍정표
 경남 창원시 성주동 프리빌리시아파트 103동 304호

(74) 대리인 이상목

(56) 선행기술조사문헌
 공개특허공보 특1999-23163호('99.3.25. 공개) 공개특허공보 특2001-34236호(2001.4.25. 공개)
 * 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 윤세원

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 이방성재질로 제작된 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스전동기의 회전자구조 및 설계방법

(57) 요약

본 발명은 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 재질을 이방성 재질을 사용하여 q 축 인덕턴스를 감소시키면서 d 축의 인덕턴스를 증가시켜 전동기의 토크 및 역률이 향상된 전동기회전자구조에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 전동기회전자의 재질을 이방성 재질을 사용하여 q 축의 인덕턴스를 감소시키면서 d 축의 인덕턴스를 증가시킨 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크 및 역률이 향상된 전동기회전자구조에 관한 것으로 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회

전자 재질을 등방성 재질이 아닌 이방성 재질을 사용하여 회전자 립 부분에 흐르는 누설자속(ϕ_{wk})를 감소시켜 회전자의 q 축의 인덕턴스를 감소시키고 d 축의 인덕턴스를 증가시키도록 구성된 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 회전자구조를 구현하므로 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크 및 역률을 향상시키는데 그 특징이 있다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조에 있어서,

전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위한 회전자를 구성하기 위하여 d 축의 자속이 강하고 q 축의 자속이 약한 이방성재질로 제작된 일정 수의 세그먼트와,

q 축의 누설자속을 감소시키기 위하여 상기 세그먼트 사이에 형성한 자기장벽으로 이루어진 이방성재질로 제작된 회전자구조.

청구항 2.

청구항1에 있어서,

상기 세그먼트의 수는 회전자의 크기를 고려하여 최대한 많은 수로 형성하되, 홀수로 형성하여 중앙에 세그먼트가 위치하도록 구성된 이방성재질로 제작된 회전자구조.

청구항 3.

4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조에 있어서,

전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 d 축의 자속이 강하고 q 축의 자속이 약한 이방성재질을 얻기 위하여 설계하고자하는 회전자의 외경을 고려하여 4개의 동심원형상의 자계를 형성하는 수단과,

상기 4개의 동심원형상의 자계가 형성된 이방성재질에서 4개의 동심원의 중심을 통과하는 원주의 크기를 가진 회전자를 형성하는 수단과,

상기 이방성 재질로 형성된 전동기회전자의 q 축의 누설자속을 감소시키기 위하여 상기 동심원의 중심과 회전자의 중심을 연결하는 q 축 상에 하나 이상의 자속장벽을 구비한 이방성재질로 제작된 회전자구조.

청구항 4.

청구항3에 있어서,

상기 자계가 형성된 4개의 동심원의 중심과 회전자의 중심을 연결하는 q 축 상의 회전자에 형성되는 자기장벽의 수와 폭은 d 축의 자기인덕턴스 값을 증가시키고 q 축의 자기인덕턴스 값을 감소시키는 구조로 이루어진 이방성재질로 제작된 회전자구조.

청구항 5.

유한요소법과 순차 비제약 최소화 기법을 이용한 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자 설계 방법에 있어서,

설계하고자하는 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 모델에 따라 고정자의 슬롯 수, 자기장벽 및 립을 일정한 상수 값으로 입력하는 단계와,

전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 d 축의 자속은 강하고 q 축의 자속은 약한 이방성재질을 얻기 위하여 설계하고자하는 회전자의 직경을 고려하여 4개의 동심원형상의 자계를 형성하는 단계와,

상기 4개의 동심원형상의 자계가 형성된 이방성재질에서 4개의 동심원의 중심을 통과하는 원주의 크기를 가진 전동기회전자를 형성하는 단계와,

상기 형성된 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 1/4 모델에서 자속장벽의 폭과 면적을 변화시키기 위하여 필요한 변수 (W, P)들을 $q(q)$ 축을 기준으로 하여 대칭적으로 변화시키면서 유한요소법에 의하여 디(d)방향 인덕턴스 값과 $q(q)$ 방향 인덕턴스의 차이 값(L_d-L_q)이 최대가 되는 값을 찾는 단계와,

상기 디(d)방향 인덕턴스 값과 $q(q)$ 방향 인덕턴스의 차이 값(L_d-L_q)이 최대가 되는 값에서 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(K_w)를 순차 비제약 최소화 기법으로 연산하는 단계와,

상기 연산된 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(K_w)의 값에 의하여 회전자의 자속장벽의 수와 폭을 결정하는 하는 단계로 이루어진 이방성재질을 가진 단편형 동기 릴럭턴스 전동기 회전자 설계 방법.

$$K_w = \sum (W_{air}) / \sum (W_{iron})$$

청구항 6.

청구항5에 있어서,

상기 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 1/4 모델에서 자속장벽의 폭과 면적을 변화시키기 위하여 필요한 변수(W, P)들의 수는 각각 한 쌍으로 이루어지며, 자속장벽의 수가 증가함에 따라 변수(W, P)를 증가시켜 순차 비제약 최소화 기법에 의하여 해를 구하는 이방성재질을 가진 단편형 동기 릴럭턴스 전동기 회전자 설계 방법.

청구항 7.

청구항5 또는 청구항6의 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자 설계 방법에 의하여 이방성재질로 설계 제작된 이방성재질을 가진 단편형 동기 릴럭턴스 전동기 회전자 구조.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 재질을 2극 또는 4극의 이방성 재질을 사용하여 q 축의 인덕턴스를 감소시키면서 d 축의 인덕턴스를 증가시키는 회전자 구조로 제작하여 전동기의 토크 및 역률을 향상시킨 전동기회전자구조에 관한 것이다.

종래의 일반적으로 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(Synchronous Reluctance Motor; SynRM)는 등방성의 금속재질로 회전자를 구성하되, 성층방법에 따라 축방향 성층형과, 횡 방향 성층형으로 분류되며, 축방향 성층형의 경우에 돌극비는 증가

하지만 구조가 복잡하고 축에 회전자 철심을 고정시켜야 하는 문제 등 횡 방향 성층형에 비하여 제작하기가 어렵고 자속을 인가할 경우에 d 축의 인덕턴스 값은 증가하고 q 축의 인덕턴스의 값은 감소하거나 거의 발생하지 않도록 구성하여 전동기의 토크와 역률을 향상시키는데 한계가 있고 제작비용이 많이 소요되는 문제점이 있다.

또한 상기 횡 방향 성층형에 해당하는 단편형 SynRM은 제작이 비교적 용이하고, 고정자의 슬롯으로 인해 발생하는 토크 리플을 스큐를 이용해 개선시킬 수 있으며, 축 방향 성층형 구조 못지않은 높은 돌극비를 갖도록 설계 제작할 수 있으므로 많이 이용되고 있으나, 단편형 SynRM에서는 전동기 특성에 영향을 미치는 변수들인 자속 장벽의 수, 자속 장벽의 폭, 자기장벽, 슬롯 및 립 등의 다수의 변수에 의하여 전동기회전자의 토크와 역률이 달라지므로 최적화된 회전자를 설계 제작하는 것이 용이하지 않으며, 등방성 재료로 회전자를 설계하는 경우에 d 방향의 인덕턴스 값은 증가하고 q 축의 인덕턴스의 값은 감소하거나 거의 발생하지 않도록 구성하는데 한계가 있다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 인식하고 이를 해결하기 위하여 안출된 것으로, 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계 시에 전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 전동기회전자의 q 축의 누설 자속을 감소시키거나 거의 발생하지 않도록 구성하여 q 축 자기 인덕턴스 값을 최소화하면서 d 축의 자기 인덕턴스의 값이 증가하도록 2극 또는 4극의 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자 재질을 이방성으로 설계 제작하여 구성함으로써 전동기의 역률과 토크가 크게 향상된 전동기회전자구조를 구현하는데 그 목적이 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 단편형 동기 릴럭턴스 전동기를 2극 또는 4극을 가진 이방성 금속재질을 설계 제작하여 회전자를 구성하되, 2극의 경우에는 이방성재질로 제작된 회전자의 세그먼트의 수를 홀수로 구성하고, 세그먼트사이에는 자기장벽을 형성하여 설계 제작하여 중심에 세그먼트가 위치할 수 있도록 구성하고, 4극의 경우에는 회전자를 형성하는 재질을 이방성으로 구성함에 있어서 원하는 크기의 회전자를 외경(원주) 상에 동일한 세기를 가진 자계(Magnetic Field)의 중심점을 정사각형의 모서리에 4개를 형성한 구조에서 q 축으로 자기장벽을 형성하여 자기 인덕턴스를 최소화하면서 d 축의 자기 인덕턴스를 극대화하여 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크와 역률을 크게 향상시킨 회전자 구조를 이루는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 설계하고자하는 4극 전동기회전자를 원주 상에 동일한 세기를 가진 자계(Magnetic Field)의 중심점을 정사각형의 모서리에 4개를 형성한 구조에서 d 축의 자기 인덕턴스를 더 증가시키고 q 축으로 자기장벽을 형성하여 자기 인덕턴스를 최소화하기 위하여 q 축으로 자기장벽을 형성함에 있어서 유한요소법과 순차 비제약 최소화기법을 사용하여 공기에 의하여 형성되는 자속장벽(Flux barrier)의 개수와, 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(Kw)를 변수로 두고 이를 최적화하여 설계하는 방법으로 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크와 역률을 더욱 향상시킨 회전자 구조를 이루는데 있다.

발명의 구성

본 발명은 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 재질을 2극 또는 4극의 이방성 재질을 사용하여 q 축 인덕턴스를 감소시키면서 d 방향의 인덕턴스를 증가시킨 회전자 구조를 제작하여 전동기의 토크 및 역률을 향상시킨 전동기회전자구조에 관한 것이다.

종래의 일반적으로 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(Synchronous Reluctance Motor; SynRM)는 등방성의 금속재질로 회전자를 구성하되, 성층방법에 따라 축방향 성층형과, 횡 방향 성층형으로 분류되며, 축방향 성층형의 경우에 돌극비는 증가하지만 구조가 복잡하고 축에 회전자 철심을 고정시켜야 하는 문제 등 횡 방향 성층형에 비하여 제작하기가 어렵고 자속(Magnetic Flux)을 인가할 경우에 d 방향의 인덕턴스 값은 증가하고 q 축의 인덕턴스의 값은 감소하거나 거의 발생하지 않도록 구성하여 전동기의 토크와 역률을 향상시키는데 한계가 있고 제작비용이 많이 소요되는 문제점이 있다.

또한 상기 횡 방향 성층형에 해당하는 단편형 SynRM은 제작이 비교적 용이하고, 고정자의 슬롯으로 인해 발생하는 토크 리플을 스큐를 이용해 개선시킬 수 있으며, 축 방향 성층형 구조 못지않은 높은 돌극비를 갖도록 설계 제작할 수 있으므로 많이 이용되고 있으나, 단편형 SynRM에서는 전동기 특성에 영향을 미치는 변수들인 자속 장벽의 수, 자속 장벽의 폭, 자기장벽, 슬롯 및 립 등의 다수의 변수에 의하여 전동기회전자의 토크와 역률이 달라지므로 최적화된 회전자를 설계 제작하는 것이 용이하지 않으며, 등방성 재료로 회전자를 설계하는 경우에 d 방향의 인덕턴스 값은 증가하고 q 축의 인덕턴스의 값은 감소하거나 거의 발생하지 않도록 구성하는데 한계가 있다는 문제점이 있다.

본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 인식하고 창안된 것이다. 본 발명의 이해를 용이하게 하는 도면에 대하여 살펴본다. 도1은 본 발명에 따른 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자를 제작하기 위한 이방성 재질의 구조를 도시

한 것이며, 도2는 본 발명에 따른 이방성재질을 사용한 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조를 나타낸 것이다. 도3은 본 발명에 따른 이방성재질로 회전자를 구성 시에 자속(Magnetic Flux)이 흐르는 방향과 립의 측면도를 도시한 것이다. 도4는 본 발명에 따른 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자에 설계 제작하기 위하여 형성한 자계(Magnetic Field)의 방향을 도시한 이방성재질의 구조를 도시한 것이며, 도5는 본 발명에 따른 이방성재질을 사용하여 설계 제작된 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조의 단면도를 도시한 것이다. 도6은 본 발명에 따른 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자의 자속장벽의 형상변화를 위한 변수(W)와 변화 방향을 도시한 것이다.

본 발명에 따른 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자의 구성요소들에 대하여 구체적으로 살펴본다. 먼저, 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자의 구성요소들에 대하여 살펴본다. 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자를 구성하기 위한 이방성재질의 구성은 도1에서와 같이 d 방향의 자속은 강하게 나타나고, q 방향의 자속은 약하게 나타나도록 형성되어 있다. 상기와 같은 이방성재질로 회전자의 세그먼트를 제작하고 세그먼트사이에 자기장벽을 형성하여 설계 제작한 회전자의 하나의 예가 도2에 도시되어 있다. 본 발명에 따른 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자 재질을 등

방성 재질이 아닌 이방성 재질로 사용하여 설계 제작할 경우에 전동기회전자 립(Rib) 부분에 흐르는 누설자속($\oint_{wk}$ (수식1))을 감소시켜 q 축 인덕턴스를 크게 줄이고, d 축 인덕턴스를 크게 증가시켜 전동기의 토크와 역률을 증가시킨다. 전동기회전자를 등방성 재질로 구성할 경우에는 도3에서 보는 것과 같이 누설자속($\oint_{wk}$)이 회전자의 립 부분으로 흐르게 되어 식 (3)의 뒷부분($\lambda_r i_d$)이 증가하여 q 축 인덕턴스를 증가시켜 토크 및 역률이 감소하는 현상이 나타난다. 이러한 점을 착안하여 본 발명에서는 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자를 이방성 재질(도1)로 구성하여 도3의 누설자속($\oint_{wk}$)이 흐르지 못하거나 아주 미세하게 흐르도록 구성하여 L_q 를 크게 줄이고, d 축은 회전자표면으로 흐르는 자속을 증가시켜 d 축의 자기 인덕턴스 값을 증가시켜 전동기의 토크와 역률을 향상시킬 수 있으며, 회전자 립 부분을 다소 넓게 형성할 수 있어 구조적으로 회전자를 견고하게 할 수 있다.

$$\oint_{wk} = B_s w l \quad (1)$$

$$\lambda_r = \frac{4}{\sqrt{3}} w l N B_s \quad (2)$$

$$T = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (k_{dq} \lambda_{md} i_q - \lambda_r i_d) \quad (3)$$

$$L_d = \frac{\lambda_d}{I_d}, L_q = \frac{\lambda_q}{I_q} \quad (4)$$

본 발명에서는 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자를 이방성재질로 구성하되, 상기 수식(4)에서 전동기회전자의 d 축의 인덕턴스와 q 축의 인덕턴스 값은 유한요소법으로 연산하여 구하고 이로부터 설계된 전동기회전자의 d 축과 q 축 인덕턴스의 차($L_d - L_q$)와 돌극비(L_d/L_q)를 구하여 이들을 크게 향상시킬 수 있는 전동기회전자를 설계 제

작한다. 즉, 식 (3)의 뒷부분($\lambda_r i_d$)을 최소화할 수 있도록 d 축과 q 축 인덕턴스의 차($L_d - L_q$)와 돌극비(L_d/L_q)를 최대한 크게 할 수 있도록 이방성 재질을 사용하여 구성하고, 필요한 수의 자기장벽의 가진 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자를 구성한다.

본 발명에 따른 이방성 재질로 구성된 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자의 구성에 대하여 살펴본다. 도 4는 본 발명에 따른 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자를 구성하기 위하여 형성시킨 이방성재질의 자계(Magnetic Field)의 방향을 나타낸 것이다. 보다 구체적으로, 설계하고자하는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자를 형성하기 위한 회전자 외경(원주) 상에 동일한 세기를 가진 자계(Magnetic Field)의 중심점을 도4에서와 같이 정사각

형의 모서리에 4개를 형성하여 4극 전동기회전자를 위한 이방성재질을 설계 제작한다. 이와 같이 설계 제작된 4극 전동기회전자를 위한 이방성재질로 도5에서 도시한 d 축의 자기 인덕턴스(L_d)를 더 증가시키면서 q 축의 자기 인덕턴스(L_q)를 최소화할 수 있도록 q 축으로 자기장벽을 형성함에 있어서 유한요소법과 순차 비제약 최소화기법을 사용하여 공기에 의하여 형성되는 자속장벽(Flux barrier)의 개수와, 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(Kw)를 변수로 두고, 이를 최적화하여 설계하는 방법으로 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 토크와 역률을 더욱 향상시킨 회전자 구조를 이루는데 있다. 본 발명에 따른 구체적인 실시 예를 살펴본다.

[실시 예]

[실시 예1]

본 발명에 따른 2극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 회전자의 구체적인 실시 예를 도면에 기초하여 살펴본다. 일반적으로 회전자는 두 가지의 조건을 만족하도록 설계 제작되어야 한다. 하나는 d 축의 자속이 d 축으로 보다 큰 자기 인덕턴스를 얻도록 회전자의 극 표면을 가로질러 흐도록 설계하여야 한다. 다른 하나는 q 축의 자속이 q 축의 자기 인덕턴스를 최소화할 수 있도록 구성해야 한다. 상기 2가지 조건을 만족시키기 위하여 2극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 회전자(11)를 구성하는 세그먼트의 재질을 이방성재질(도1)로 구성한다. 이방성재질로 구성된 물질은 도1에서와 같이 d 방향의 자속(Magnetic Flux)은 강하게 나타나고, q 방향의 자속(Magnetic Flux)은 약하게 나타나도록 구성되어 있다. 상기과 같은 이방성재질(도1)로 회전자의 세그먼트(12)를 제작하고 세그먼트사이에 자기장벽(13)을 형성한 회전자의 하나의 예가 도2에 도시되어 있다. 본 발명에 따른 전동기회전자를 설계 제작하기 위한 이방성 재질로 이루어진 세그먼트(12)와 세그먼트사이에 존재하는 자기장벽의 수(13)가 증가할수록 d 축과 q 축의 인덕턴스의 차($L_d - L_q$)와 비(L_d/L_q)가 증가하여 상기 회전자 설계 조건을 만족하게 되나, 세그먼트와 자기장벽(13)의 수를 증가시키는데 한계가 있으므로 적당한 수로 제한함이 바람직하며, 세그먼트(12)의 수는 홀수로 형성하여 회전자 중앙에 세그먼트(12)가 위치하도록 구성한다. 상기과 같이 단편형 동기 톨

럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자를 이방성 재질(도1)로 구성할 경우에 도3의 누설자속(Φ_{wk})이 흐르지 못하거나 아주 미세하게 흐르게 되어 L_q 를 크게 감소시키고, 상기과 같이 형성한 이방성재질의 특성상 d 축의 인덕턴스(L_d)가 증가하여 토크와 역률이 크게 향상된 전동기회전자를 구성할 수 있고, 회전자 립 부분을 다소 넓게 형성할 수 있어 구조적으로 회전자를 견고하게 제작할 수 있다.

즉, 본 발명에 따른 2극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 회전자구조는 전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 d 축의 자속이 강하고 q 축의 자속이 약한 이방성재질로 일정 수의 세그먼트를 구비하며, q 축의 누설자속을 감소시키기 위하여 상기 세그먼트 사이에 형성되는 자기장벽을 형성한다. 상기 세그먼트의 수는 회전자의 크기를 고려하여 최대한 많은 수로 형성되되, 홀수로 형성하여 중앙에 세그먼트가 위치하도록 구성한다.

[실시 예2]

본 발명에 따른 이방성 재질로 구성된 4극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자의 구체적인 실시 예를 도면에 기초하여 살펴본다. 도4는 본 발명에 따른 4극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 회전자를 구성하기 위하여 형성시킨 이방성재질의 자계(Magnetic Field)의 방향을 표시하는 4개의 동심원형상을 나타낸 것이다. 보다 구체적으로, 설계하고자하는 4극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기의 회전자를 형성하기 위한 외경(24, 원주) 상에 동일한 세기를 가진 자계(Magnetic Field)의 중심점(21)을 도4에서와 같이 정사각형(26)의 모서리에 4개를 형성한 4극 단편형 동기 톨럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자용 이방성재질(25)을 설계 제작한다. 이와 같이 제작한 이방성 회전자의 재질로 전동기회전자를 구성하고, 도5에서 도시한 q 축(34)의 자기 인덕턴스(L_q)를 최소화하고, d 축(33)의 자기 인덕턴스(L_d)를 더 증가시키기 위하여 q 축(34)으로 자기장벽을 형성함에 있어서 유한요소법과 순차 비제약 최소화기법(Sequential Unconstrained Minimization Technique, SUMT)을 사용하여 공기에 의하여 형성되는 자속장벽(Flux barrier)의 개수와, 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비를 결정하여 제작한다. 상기 수식(3)은 도5에서 전동기 회전자의 d 축과 q 축을 중심으로 볼 때

$$T = 3P/4(L_d - L_q) i_d \cdot i_q \quad (5)$$

수식(5)과 같이 표현할 수 있다.

상기 실시 예1에서 전동기회전자 설계 시 필요한 2가지의 요구조건을 최대한 만족시키기 위하여서는 상기 수식(4)과 (5)를 통해서 알 수 있듯이 d 축(33)의 자기 인덕턴스 값을 최대한 크게 할 수 있도록 회전자 극 표면으로 자속이 흐르도록 유도하고, q 축(34)으로는 자기 인덕턴스의 값을 최대한 감소시킬 수 있도록 누설자속을 최소화시키는 것이 필요하다. 이를 이루기 위하여 도4와 같이 4개의 중심원(21)을 가진 자계를 형성한 이방성 재질(25)로 전동기회전자를 구성함은 물론이고, 상기 공기에 의하여 형성되는 자속장벽(32, Flux barrier)의 개수와, 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(K_w)를 변수로 두고, 유한요소법과 순차 비제약 최소화기법을 이용하여 이를 최적화하여 설계 제작함으로써 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크와 역률이 더욱 향상된 회전자 구조를 이룰 수 있다. 상기 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(K_w)는

$$K_w = \sum(W_{air}) / \sum(W_{iron}) \quad (6)$$

여기서, $\sum(W_{air})$; 전체 자속 장벽의 폭

$\sum(W_{iron})$; 전체 철심 영역의 폭

식(6)과 표현된다.

본 발명에서는 보다 정확한 해석을 위하여 자기적 비선형성 및 복잡한 형상의 전동기를 정확하게 해석할 수 있는 장점을 가지고 있는 유한요소법(Finite Element Method; FEM)을 이용하여 자기 인덕턴스의 값을 구하였으며, 유한요소법으로 각상의 자속을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\lambda = N \int B \cdot dS = N(A_1 - A_2)L_c \quad (7)$$

여기서, L_c 는 1차측 적층폭

고정자에 감긴 N 은 코일 턴수

A_1, A_2 는 회전자축의 슬롯에서의 자기벡터 포텐셜이다.

식 (7)을 이용하여 각 상에서의 쇄교 자속을 구한 후 텐서(Tensor) 변환을 이용하여, 각각 d 축과 q 축의 자속을 계산한다. 마찬가지로, 전류도 텐서(Tensor)변환을 이용하여 d, q 축 성분을 계산한 후, 인덕턴스 값을 앞서 제시한 식(4)에 의하여 계산한다. 계산된 d 축과 q 축의 인덕턴스의 차($L_d - L_q$)의 값이 최대가 되는 값에서 K_w 값을 연산하여 도6에서 회전자의 1/4 모델에서 자속장벽의 폭과 면적을 변화시키기 위하여 필요한 각각 한 쌍이 되는 변수들 $\{(W1, W10), (W2, W9), (W3, W8), (W4, W7), (W5, W6), (P1, P2), (P3, P4), (P5, P6), (P7, P8), (P9, P10)\}$ 을 변화시키면서 최적의 위치를 구하여 전동기의 회전자를 설계 제작한다.

본 발명에 따른 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조는 전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 d 축(33)의 자속이 강하고 q 축(34)의 자속이 약한 이방성재질을 얻기 위하여 설계하고자하는 회전자의 직경을 고려하여 4개의 동심원형상의 자계를 형성하며, 상기 4개의 동심원형상의 자속이 형성된 이방성재질에서 4개의 동심원의 중심(21)을 통과하는 원주의 크기를 가진 회전자를 형성하고, 상기 이방성재질로 형성된 전동기회전자의 q 축(도5의 34)의 누설자속을 감소시키기 위하여 상기 동심원 중심(도4의 21)과 회전자의 중심을 연결하는 q 축 상에 형성되는 자기장벽(32)으로 구성된다. 상기 자속이 형성된 4개의 동심원의 중심(도4의 21)과 회전자의 중심을 연결하는 q 축 상의 회전자에 형성되는 자기장벽의 수와 폭은 d 축(33)의 자기인덕턴스 값을 증가시키고 q 축의 자기인덕턴스 값을 감소시키는 구조로 이루어진다.

도6은 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기(SynRM)의 회전자용 이방성재질을 이용하여 전동기 회전자의 최적설계를 위한 회전자의 1/4 모델을 나타낸 도면이다.

상기 도4와 같이 형성한 이방성재질로 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 모델에 따라 고정자의 슬롯 수(예를 들면, 24개), 자기장벽(예를 들면, 0.4 mm) 및 립을 일정한 상수 값으로 입력하는 단계와, 도6에서 회전자의 1/4 모델에서 자속장벽의 폭과 면적을 변화시키기 위하여 필요한 변수들을 $\{(W1, W10), (W2, W9), (W3, W8), (W4, W7), (W5, W6), (P1, P2), (P3, P4), (P5, P6), (P7, P8), (P9, P10)\}$ q 축을 기준으로 하여 대칭적으로 변화시키면서 상기 수식에 기초하여 유한요소법에 의하여 (L_d-L_q) 가 최대가 되는 값을 찾는 단계와, 상기 (L_d-L_q) 가 최대가 되는 값을 구하고, 최대가 되는 값에서 상기 수식(6)에 정의된 Kw 값을 순차 비제약 최소화 기법으로 연산하는 단계와, 상기 연산된 Kw 값에 의하여 회전자의 자속장벽의 수와 전체자속장벽의 폭을 결정하는 단계를 거쳐서 이방성재질로 구성된 4극 단편형 SynRM의 회전자 설계가 이루어진다.

상기 순차 비제약 최소화 기법으로 연산한 Kw 값에 기초하여 도6의 변수들 $\{(W1, W10), (W2, W9), (W3, W8), (W4, W7), (W5, W6), (P1, P2), (P3, P4), (P5, P6), (P7, P8), (P9, P10)\}$ 의 최적의 값을 결정하여 역률과 토크가 향상된 최적의 전동기회전자구조를 얻는다.

상기 이방성재질로 구성된 4극 단편형 SynRM의 회전자 설계 방법에 의하여 얻은 최적의 Kw 값으로부터 얻은 W 값과 P 값에 기초하여 설계된 이방성재질로 형성된 4극 단편형 SynRM의 회전자구조 역시 본 발명의 보호범위에 속한다.

발명의 효과

본 발명은 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계 시에 전동기의 역률과 토크를 향상시키기 위하여 전동기회전자의 q 축의 누설 자속을 감소시키거나 거의 발생하지 않도록 구성하여 q 축 자기 인덕턴스 값을 최소화하면서 d 축의 자기 인덕턴스의 값은 증가하도록 이방성재질로 2극 또는 4극 전동기회전자를 설계 제작함으로써 전동기의 역률과 토크가 크게 향상시키는 작용효과가 있다.

본 발명의 또 다른 효과는 2극 또는 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자를 이방성 금속재질로 구성하되, 2극의 경우에는 이방성재질로 제작된 회전자의 세그먼트의 수를 홀수로 구성하고, 세그먼트사이에는 자기장벽을 형성하여 설계 제작하여 중심에 세그먼트가 위치할 수 있도록 구성하며, 4극의 경우에는 회전자를 형성하는 재질을 이방성으로 구성함에 있어서 원하는 크기의 회전자를 원주 상에 동일한 세기를 가진 자계의 중심점을 정사각형의 모서리에 4개를 형성한 구조에서 q 축으로 자기장벽을 형성하여 자기 인덕턴스를 최소화하고, d 축의 자기 인덕턴스를 극대화하여 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크와 역률을 크게 향상시키는데 있다.

본 발명의 또 다른 효과는 설계하고자하는 크기의 회전자를 원주 상에 동일한 세기를 가진 자계의 중심점을 정사각형의 모서리에 4개를 형성한 구조에서 q 축으로 자기장벽을 형성하여 자기 인덕턴스를 최소화하고, d 축의 자기 인덕턴스를 더 증가시키기 위하여 q 축으로 자기장벽을 형성함에 있어서 유한요소법과 순차 비제약 최소화기법을 사용하여 공기에 의하여 형성되는 자속장벽(Flux barrier)의 개수와, 전체자속장벽의 폭과 전체철심영역의 폭의 비(Kw)를 변수로 두고 이를 최적화하여 설계하는 방법으로 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 토크와 역률을 더욱 향상시키는데 있다.

도면의 간단한 설명

도1 : 본 발명에 따른 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자를 제작하기 위한 이방성 재질의 구조

도2 : 본 발명에 따른 이방성재질을 사용한 2극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조

도3 : 본 발명에 따른 이방성재질로 회전자를 구성 시에 자속이 흐르는 방향과 립의 측면도

도4 : 본 발명에 따른 이방성재질로 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기회전자에 형성한 자계의 방향을 도시한 이방성재질의 구조

도5 : 본 발명에 따른 이방성재질을 사용하여 설계 제작된 4극 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자구조의 단면도

도6 : 본 발명에 따른 단편형 동기 릴럭턴스 전동기의 회전자의 자속장벽의 형상변화를 위한 변수(W)와 변화 방향

<도면부호의 간단한 설명>

11; 2극 단편형 동기 릴렉턴스 전동기회전자

12; 이방성재질로 제작된 세그먼트

13; 2극 단편형 동기 릴렉턴스 전동기회전자의 자기장벽(공극)

21; 자계의 중심점 22; d 축

23; q 축 24; 4극 전동기회전자 외경(원주)

25; 이방성재질을 가진 4극 회전자 재질의 형상

26; 자계의 중심점을 연결한 정사각형

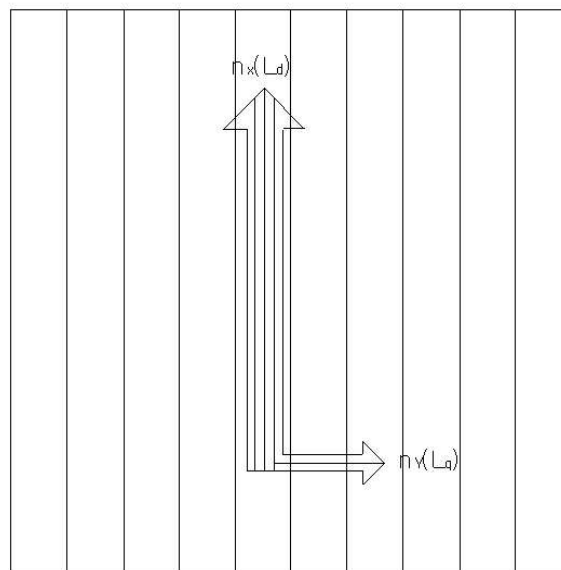
31; 4극 단편형 동기 릴렉턴스 전동기회전자

32; 4극 단편형 동기 릴렉턴스 전동기회전자에 형성된 자기장벽(공극)

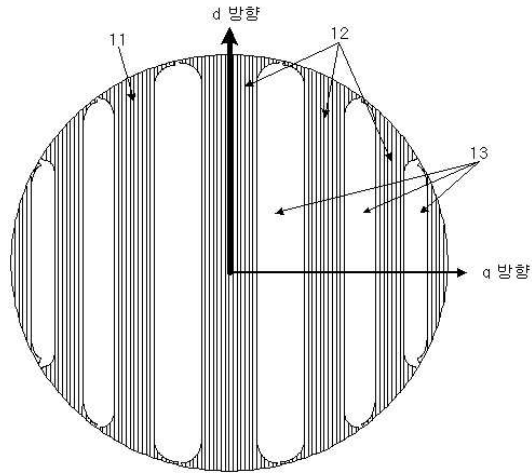
33; d 축 34; q 축

도면

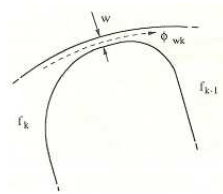
도면1



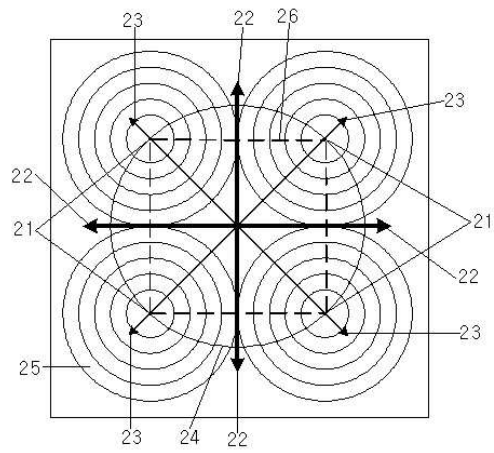
도면2



도면3



도면4



도면5

