



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0001690  
(43) 공개일자 2012년01월04일

(51) Int. Cl.

F03D 11/00 (2006.01) F03D 11/02 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0063774

(22) 출원일자 2011년06월29일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

EP10167615 2010년06월29일

유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인

지멘스 악티엔게젤샤프트

독일 뮌헨 80333 비텔스파허프라썬 2

(72) 발명자

슈티스달, 헨릭

덴마크 5000 오텐쎄 씨 노르레볼드가데 45

(74) 대리인

남상선

전체 청구항 수 : 총 14 항

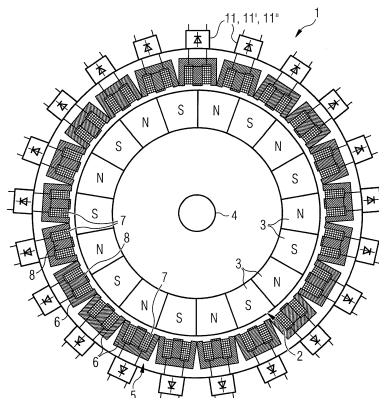
(54) 발전기, 풍력 터빈, 발전기를 조립하는 방법 및 풍력 터빈에서 발전기의 용도

(57) 요약

발전기, 풍력 터빈, 발전기를 조립하는 방법 및 풍력 터빈에서 발전기의 용도

본 발명은 발전기(1)를 포함하고, 상기 발전기(1)는 M개의 자성 회전자 폴 슈들(3) 및 자기장을 생성하기 위한 수단을 갖는 회전자(2), 상기 고정자(5) 상에 감긴 C개의 고정자 코일들(7, S<sub>1,1</sub>, S<sub>2,1</sub>, S<sub>3,1</sub>, S<sub>1,2</sub>, S<sub>2,2</sub>, ..., S<sub>1,c</sub>, S<sub>2,c</sub>, S<sub>3,c</sub>)을 갖는 고정자(5), 및 복수의 다이오드 정류기들(11, 11', 11'')을 포함하는 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스를 포함하고, 각 다이오드 정류기(11, 11', 11'')는 고정자 코일(7, S<sub>1,1</sub>, S<sub>2,1</sub>, S<sub>3,1</sub>, S<sub>1,2</sub>, S<sub>2,2</sub>, ..., S<sub>1,c</sub>, S<sub>2,c</sub>, S<sub>3,c</sub>)에 연결된다. 고정자 코일들(7, S<sub>1,1</sub>, S<sub>2,1</sub>, S<sub>3,1</sub>, S<sub>1,2</sub>, S<sub>2,2</sub>, ..., S<sub>1,c</sub>, S<sub>2,c</sub>, S<sub>3,c</sub>)의 개수 C는 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M보다 더 크거나, 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M이 고정자 코일들(7, S<sub>1,1</sub>, S<sub>2,1</sub>, S<sub>3,1</sub>, S<sub>1,2</sub>, S<sub>2,2</sub>, ..., S<sub>1,c</sub>, S<sub>2,c</sub>, S<sub>3,c</sub>)의 개수 C보다 더 크나, 정수배가 아니다. 본 발명은 본 발명의 발전기를 사용하는 풍력 터빈(2) 및 이러한 발전기(1)를 조립하는 방법을 더 설명한다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

- M개의 자성 회전자 폴 슈들(3) 및 자기장을 생성하기 위한 수단을 갖는 회전자(2),
- 고정자(5) 상에 감긴 C개의 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )을 갖는 고정자(5), 및
- 복수의 다이오드 정류기들(11, 11', 11")을 포함하는 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스를 포함하고,
- 각 다이오드 정류기(11, 11', 11")는 고정자 코일(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )에 연결되고, 그리고

고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )의 개수 C는 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M보다 더 크거나,

회전자 폴 슈들(3)의 개수 M이 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )의 개수 C보다 더 크지만, 정수배가 아닌

발전기 (1).

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ ) 및 상기 회전자 폴 슈들(3)은 회전자 폴 슈들(3)의 적어도 일부(fraction)가 회전 동안 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )을 비동기로 통과하도록 배열된

발전기(1).

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )의 개수 C는 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M보다 더 크지만, 정수배가 아닌

발전기(1).

### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )은 상기 발전기(1)가 전기적으로 연결될 수 있는 다중-위상 유틸리티 그리드의 상이한 위상( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ )에 할당되는

발전기(1).

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
상기 발전기(1)는 3상 발전기(1)인  
발전기(1).

#### 청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,  
한 그룹의 고정자 코일들은 이러한 코일들이 공통 위상에 할당될 때 공통의 다이오드 정류기를 공유하고, 그리고, 상기 회전자의 회전 동안, 상기 그룹의 각 코일이 시간에 걸쳐 동기식의 동일한 전압을 가지는  
발전기(1).

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,  
각 고정자 코일(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )은 자체의 다이오드 정류기(11, 11', 11")에  
연결된  
발전기(1).

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 다이오드 정류기들(11, 11', 11")은 공통 중성점( $N_0$ )을 공유하는  
발전기(1).

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
각 다이오드 정류기들(11')의 각각은 브리지 정류기(11')를 포함하는  
발전기(1).

#### 청구항 10

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 다이오드 정류기들(11, 11")의 각각은 최대 2 개의 다이오드들( $D_1$ ,  $D_2$ )을 포함하는  
발전기(1).

#### 청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 다이오드 정류기들(11, 11', 11")은 상기 고정자(2) 상에 장착된

발전기(1).

## 청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따른 발전기(1)를 포함하는  
풍력 터빈(20).

## 청구항 13

- a) M개의 자성 회전자 폴 슈들(3) 및 자기장을 생성하기 위한 수단을 갖는 회전자(2)를 구성하는 단계,  
b) 고정자(5)로서 상기 고정자(5) 상에 감긴 C개의 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )을 갖는 고정자(5)를 구성하는 단계 - 상기 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )의 개수 C가 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M보다 더 크거나, 상기 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M이 고정자 코일들(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )의 개수 C보다 더 크지만 정수배가 아님 -  
c) 상기 고정자를 상기 회전자(2) 및 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스와 조립하는 단계 - 상기 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스는 복수의 다이오드 정류기들(11, 11', 11'')을 구비하고, 각 다이오드 정류기(11, 11', 11'')는 고정자 코일(7,  $S_{1,1}$ ,  $S_{2,1}$ ,  $S_{3,1}$ ,  $S_{1,2}$ ,  $S_{2,2}$ , ...,  $S_{1,c}$ ,  $S_{2,c}$ ,  $S_{3,c}$ )에 연결됨 - 를 포함하는  
발전기(1)를 조립하는 방법.

## 청구항 14

풍력 터빈(20)에서 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따른  
발전기의 용도.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전기 발전기, 특히 풍력 터빈의 발전기, 및 이러한 발전기를 포함하는 풍력 터빈에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이러한 발전기를 조립하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 풍력 터빈들은 전기로 변환되어 발전기가 전기적으로 연결되는 유틸리티 전력 그리드에 공급될 수 있는 주요 에너지 공급원을 제공한다. 풍력 에너지의 전기에너지로의 변환은 전기 발전기, 일반적으로 AC 유도 모터를 구동함으로써 풍력 터빈에서 달성된다. 풍력 터빈에 의해 발생된 전력이 유틸리티 전력 그리드에 공급되어야 한다면, 이후 유틸리티 라인 주파수, 예를 들어 50 Hz 또는 60 Hz로 동기화된 일정한 주파수를 갖도록 요구된다. 이것은 일정한 회전 속도로 발전기를 구동함으로써 달성될 수 있고, 이것은 가변 속도 변속기가 사용되지 않는다면, 풍력 터빈이 일정한 속력으로 회전하는 것을 요구한다. 불행히도, 풍력 터빈의 일정한 속도 작동은 다양한 풍력 조건들로 인해 그 에너지 변환 효율을 제한한다. 터빈 회전자 속력은 최적 에너지 회수를 위해 풍력 속력에 비례하는 것이 필요하다.

[0003]

[0004] 가변 속도 풍력 터빈들이 풍력 터빈들의 에너지 변환 효율을 증가시키는 방식으로 제안되어 왔다. 풍력 조건들을 변화시킴에 따라 회전자 속도를 변화시킴으로써, 개선된 에너지 회수가 풍력 속도들의 범위에 걸쳐 달성될 수 있다. 또한 중요하게, 바람 돌풍들에 의해 야기된 피크 기계적 응력은 풍력 터빈이 바람 돌풍들에 응답하여

속도를 높일 수 있게 하여서, 풍력 터빈의 발전기에 도달되는 토크를 제한함으로써 감소시킬 수 있다. 강풍으로 인한 회전자의 증가된 운동 에너지는 단기 에너지 저장 매체로서 역할을 하여서 에너지 변환을 추가적으로 개선한다. 그러나, 이러한 작동은 응답 토크 제어 시스템을 요구한다.

[0005]

[0006]

가변-속도 풍력 터빈들은 증가된 에너지 변환 및 감소된 응력의 관점에서 바람직하다고 할지라도, 전기 발전 시스템은 등속 풍력 터빈의 것보다 더 복잡한 것이 필요하다. 발전기가 보통 고정 비율 기어 변속기를 통해 가변-속도 회전자에 연결되기 때문에, 발전기에 의해 발생된 전력은 가변 주파수를 가질 수 있다. 이것은 발전기에 의해 출력된 가변 주파수 AC로부터 유틸리티 전력 그리드에 공급하기 위해 일정 주파수 AC로 변환을 요구한다. 변환은 주파수 변환회로에 의해 직접 또는 반도체 정류기에 의해 DC로 중간 변환 및 인버터에 의해 고정-주파수 AC로 재변환을 통해 어느 하나에 의해 달성될 수 있다.

[0007]

[0008]

알려진 구현에서, 풍력 터빈 발전기에 의해 발생된 에너지는 적어도 AC/DC 변환기를 포함하는 변환기 시스템을 통해 유틸리티 그리드에 제공되고, 후속하는 계통측 AC/DC 변환기(grid-side DC/AC converter)에 그리고 궁극적으로는 상기 공익 설비 그리드에 연결된 DC 커패시터에 제공되고, 그렇게 프로세싱된 신호는 적절한 전압 및 주파수 레벨들을 가진다. 풍력 터빈으로부터 발생된 에너지가 다양한 고가 장비들을 통과할 필요가 있다는 사실로 인해 이러한 해결책은 상기 발생된 풍력 에너지의 변환을 불필요하게 고가로 만들었다. 또한, 다양한 레벨들의 신호 프로세싱에 불구하고, 유틸리티 그리드로 바로 공급될 때, 바람직하지 않은 고조파 왜곡 구성요소들(harmonic distortion components)에서 자유롭지 않다.

[0009]

[0010]

예를 들어, US 5,083,039호는 제어회로에 의해 제어된 다수의 능동 스위칭 개폐기들 및 다수의 능동 반도체정류기들(rectifiers)을 포함하는 전력 변환 회로를 기술하고 있다. 구성 요소가 너무 많기 때문에, 변환기 시스템은 매우 고가이고, 이러한 비용들은 유틸리티 그리드로 공급된 에너지의 비용에 영향을 준다. 또한, 이러한 컨버터 회로에서 프로세싱된 신호는 여전히 바람직하지 않은 고조파 왜곡 구성요소들로부터 자유롭지 못할 수 있다.

## 발명의 내용

[0011]

본 발명의 목적은 간단화된 구성, 감소된 크기를 갖는 발전기를 제공하는 것이고, 특히 풍력 터빈, 또한 가변-속력 풍력 터빈에 적합하다.

[0012]

[0013]

본 발명의 목적은 청구항 1에 따른 발전기에 의해, 본 발명의 발전기를 포함하는 청구항 11에 따른 풍력 터빈에 의해, 그리고 청구항 10에 따른 발전기를 조립하는 방법에 의해 달성된다.

[0014]

[0015]

제안된 발전기는 M개의 자기 회전자 자극편(pole shoes) 및 자기장을 발생시키기 위한 수단, 예를 들어 하나 이상의 영구 자석들을 갖는 회전자, 및 고정자 상에 감긴 C 개의 고정자 코일들을 갖는 고정자를 포함한다. 일반적으로 고정자 코일들은 다수의 고정자 폴들 상에 감기거나, 고정자 본체 내의 슬롯들 또는 고정자 본체의 세그먼트들에 장착된다. 본 발명에 따라, 발전기는 복수의 다이오드 정류기들을 포함하는 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스를 포함하고 각 다이오드 정류기는 고정자 코일에 연결된다. 따라서, 다이오드 정류기는 다수의 간단한 다이오드들에 의해 조립된 임의의 정류기일 수 있다. 본 발명의 제 1 대안예에서, C 개의 고정자 코일들은 M 개의 회전자 폴 슈보다 더 코도록 선택된다. 본 발명의 제 2 대안예에서, M 개의 회전자 폴 슈들은 C 개의 고정자 코일들보다 더 크지만, 정수배는 아니다.

[0016]

[0017]

본 발명에 따른 고정자 코일들 및 회전자 폴 슈들의 수치 비율과 공동 결합(synergetic combination)하는 다이오드 정류기를 사용함으로써, 회전자의 회전 동안 상이한 고정자 코일들에 유도된 출력 전압들이 서로에 대해 일시적으로 시프팅되는 것이 보장된다. 따라서, 다이오드 정류기들을 통해 상이한 고정자 코일들의 적절한 평

행 연결에 의해, 전력이 인버터 및/또는 다른 적절한 구성요소들을 통해 그리드에 전송될 수 있는 DC 링크 커패시터에 적절한 DC-전압이 본질적으로 발생될 수 있다.

[0018]

[0019]

다이오드 정류기의 바람직한 용도는 본 발명이 속한 기술분야에서 일반적으로 사용되는 발전기 측 컨버터의 교체를 가능하게 한다. 전술된 바와 같이 상기 발전기-측 변환기가 유틸리티 그리드에 발생된 신호를 전송하는 동안 바람직하지 않은 고조파를 유입하는 장치이기 때문에, 다이오드 정류기에 의한 이것의 교체는 임의의 바람직하지 않은 고조파의 제거를 가져온다. 또한, 다이오드 정류기가 특히 간단하고 콤팩트한 장치이기 때문에, 본 발명은 특히 비용 효율적이고 간단한 방식으로 실현될 수 있다.

[0020]

[0021]

더 간단한 구성은 발전기의 간단 제조를 허용한다. 따라서 본 발명에 따른 발전기를 조립하는 방법은

[0022]

a) M 개의 자성 회전자 폴 슈들 및 자기장을 생성하기 위한 수단을 갖는 회전자를 구성하는 단계;

[0023]

b) 고정자로서 상기 고정자 상에 감긴 C 개의 고정자 코일들을 갖는 고정자를 구성하는 단계 - 상기 고정자 코일들의 개수 C가 회전자 폴 슈들의 개수 M보다 더 크거나,

[0024]

상기 회전자 폴 슈들의 개수 M이 고정자 코일들의 개수 C보다 더 크지만 정수배가 아님 - ;

[0025]

c) 상기 고정자를 상기 회전자 및 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스와 조립하는 단계 - 상기 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스는 복수의 다이오드 정류기들을 구비하고, 각 다이오드 정류기는 고정자 코일에 연결됨 - 를 포함한다.

[0026]

[0027]

전술된 바와 같이 본 발명에 따라 발전기는 풍력 터빈들, 특히 가변 속도 풍력 터빈에 특히 사용하기 적절하다.

[0028]

[0029]

본 발명의 특히 바람직한 실시예들 및 특징들은 종속항들 및 후속하는 상세한 설명에 의해 주어진다. 따라서, 발전기를 조립하는 방법은 또한 발전기의 종속항들에 따라 개발될 수 있다. 종속항들의 특징들은 다른 바람직한 실시예들에 도달하도록 결합될 수 있다.

[0030]

[0031]

풍력 터빈 발전기는 고정자 폴들의 개수 C 및 회전자 폴 슈들의 개수 M이 같도록, 또는 C가 2M, 3M 등과 같이 M의 정수배이도록 일반적으로 구축된다. 그러나, 발전기의 이러한 물리적 구축에 의해 코깅 토크(cogging torque)는 회전하는 동안 모든 회전자 폴 슈들이 고정자 폴들을 대칭적으로 동시에 통과할 때 발생하고, 자기 인력은 회전자 폴 및 고정자 폴이 방사형으로 정렬되는 순간에 가장 크다. 이것은 출력 리플, 기계에서 진동 및 노이즈에 기여하는 바람직하지 않은 알려진 효과이다.

[0032]

[0033]

따라서, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 고정자 코일들 및 회전자 폴 슈들은 비대칭으로 배열되어서 회전자 폴 슈들의 적어도 일부분이 회전하는 동안 비동기식으로 고정자 코일들을 지나간다. 예를 들어, 이러한 요건들은 회전자 폴 슈들의 개수 M이 고정자 코일들의 개수 C보다 더 크지만 정수배는 아닌 본 발명의 전술된 제 2 대체예에서 자동적으로 주어진다. 고정자 코일들의 개수 C가 고정자 폴 슈들의 개수 M보다 더 큰 본 발명의 제 1 대체예에서, 이것은 - 제 2 대체예에서와 같은 유사한 방식으로 - 고정자 코일들의 개수 C가 회전자 폴 슈들의 개수 M의 정수배가 아니도록 수치적 관계를 선택함으로써 쉽게 실현될 수 있다.

[0034]

[0035]

본 발명의 이러한 실시예에 따라, 모든 회전자 폴 슈들이 회전 동안 동시에 고정자 폴들을 대칭적으로 통과하는 것은 아니기 때문에, 회전자 폴들과 고정자 폴들 사이의 자기 인력들은 본질적으로 회전자 회전 동안 "평균에 도달(averaged out)"된다. 따라서, 코깅 토크의 바람직하지 않은 효과가 최소화되며 기계에서 진동 및 노이즈가 감소된다.

[0036]

[0037] 일반 유틸리티 그리드들은 풍력 터빈의 발전기에 의해 발생된 에너지가 공급되는 다중 위상들을 포함한다. 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 고정자 코일들이 발전기가 전기적으로 연결될 수 있는 다중-위상 유틸리티 그리드의 상이한 위상들에 할당된다. 즉, 고정자 코일들은 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스를 통해 유틸리티 그리드의 대응 커넥터들에 연결되어서 발전기가 유틸리티 그리드에 연결될 때, 각 고정자 코일이 유틸리티 그리드의 위상들 중 하나에 전기적으로 연결된다. 바람직하게, 발전기는 3 상 발전기이다.

[0038]

[0039] 특히 간단하고, 바람직한 실시예에서, 각각의 고정자 코일은 자체 전용 다이오드 정류기에 연결된다.

[0040]

[0041] 그러나, 대안적인 실시예에서, 고정자 코일들의 그룹은 이러한 코일들이 공통 위상에 할당될 때 공통 다이오드를 공유할 수 있고, 회전자의 회전 동안, 상기 그룹의 각 코일은 시간에 걸쳐 동기화된 동일한 전압 형태를 가진다. 이러한 실시예에서, 시간에 걸쳐 동기화된 전압 형태를 가지지 않는 공통 위상의 임의의 고정자 코일들은 개별적인 다이오드 정류기를 가져야 한다. 이러한 실시예는 바람직하게 고정자가 고정자 코일들의 많은 수를 포함한다면 유틸리티 그리드의 특정 위상에 할당된 코일들이 충분한 수의 그룹들로 그룹핑되어서 동일한 위상에 할당된 그룹들의 충분한 정류된 펄스들이 회전자의 회전에 대해 본질적으로 일정한 전압으로 포개진다.

[0042]

[0043] 어떤 경우에도, 상이한 위상들의 고정자 코일들에 할당된 다이오드 정류기들은 바람직하게 유틸리티 그리드의 공통 중성점을 공유할 수 있다.

[0044]

[0045] 위에서 언급한 바와 같이, 다이오드 정류기는 다수의 간단한 다이오드들로부터 상이한 방식들로 구축될 수 있다. 다이오드 정류기 회로들의 많은 설계들이 본 발명의 분야에서 알려져 있다. 보통, 정류기 회로들은 반파 및 전파(full wave) 정류기들로 구별된다. 양 유형들은 본 발명의 과정들에서 사용될 수 있다.

[0046]

[0047] 예를 들어, 하나의 바람직한 실시예에서, 다이오드 정류기들의 각각은 보통 4 개의 다이오드들을 포함한 브리지 정류기를 포함한다.

[0048]

[0049] 다른 바람직한 실시예에서 다이오드 정류기의 각각은 최대 2 개의 다이오드를 포함한다. 정류기 브리지 대신 각 고정자 코일에 단지 하나 또는 2 개의 다이오드들을 추가하는 것은 정류기 구성요소들의 수를 최소로 유지시킨다. 감소된 수의 엘리먼트들을 갖는 이러한 간단화된 구성은 발전기의 전체 비용에서 추가적인 감소를 가능하게 한다.

[0050]

[0051] 콤팩트하고 공간-절약형 구축을 실현하기 위해 다이오드 정류기들은 고정자 상에, 예를 들어 고정자의 외측 표면 상에 또는 고정자 본체에 배열된 캐비티들 내에 또는 고정자 본체의 세그먼트들에 바람직하게 장착된다.

[0052]

[0053] 본 발명의 다른 목적들 및 특징들은 첨부된 도면들에 대해 고려된 후속하는 상세한 설명들로부터 명백해질 것이다. 그러나, 도면들은 단지 설명을 위해 설계되고 그리고 본 발명의 제한들의 형성으로서가 아니라는 것을 이해해야 한다.

[0054]

### 도면의 간단한 설명

[0055] 도 1은 유틸리티 그리드에 연결된 풍력 터빈의 개략도이고;

도 2는 본 발명에 따라 발전기의 실시예의 개략도이고;



도 3은 본 발명의 실시예에 따라 정류 작용 구성을 갖는 3-상 발전기 시스템도이고;

도 4는 도 2에 따른 발전기 및 도 4에 따른 정류기 구성의 단상(one phase)에 대해, 각각의 출력 전압들에 대한 타임 시프트의 효과를 도시하고;

도 5는 다이오드 정류기의 제 1 실시예의 회로도이고;

도 6은 다이오드 정류기의 제 2 실시예의 회로 다이어그램이고;

도 7은 다이오드 정류기의 제 3 실시예의 회로도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 도면에서, 유사한 도면번호는 전체에 걸쳐 유사한 대상을 지칭한다. 다이어그램에서 대상들은 반드시 일정한 비율로 도시된 것은 아니다.

[0057]

[0058] 도 1은 풍력 터빈(20)의 에너지 생성 시스템의 구조의 원리를 도시한다. 이러한 풍력 터빈(20)은 일반적으로 단단한 지면 상에, 해저 상에, 또는 임의의 다른 적절한 지지물 상에 세워질 수 있는 타워(미도시)를 포함한다. 타워의 상단에 회전자 블레이드들(22)을 구비한 허브(21)를 지지하는 나셀(Nacelle)(미도시)이 장착된다. 도 1에 개략적으로 나타난 바와 같이, 직접-구동 발전기(1)일 수 있는 발전기(1)는 풍력 터빈 나셀에 배열되고 샤프트(23) 또는 구동 트레인을 통해 허브에 연결된다. 직접 구동 발전기(1) 이외의 발전기들, 예를 들어 기어박스를 통해 허브에 연결된 발전기가 고려될 수 있고, 이는 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 이 미 명백할 것이기 때문이다.

[0059]

[0060] 허브의 회전에 의해 영구 자석(PM) 발전기(1)의 회전자는 회전이 야기되고, 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스(10)의 다수의 고정자 장착 다이오드 정류기들에 의해 도 2 내지 도 4에 따라 이후에 설명된 바와 같이, PM 발전기(1)의 고정자 코일들에 유도된 출력 전압이 정류된다. 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스(10)는 또한 발전기의 정류된 전압 펄스들에 의해 공급되는 커패시터(25)를 갖는 가변-전압 DC 링크(24), 및 인버터(26), 예를 들어 강제-정류형 인버터를 더 포함하여서, 형성된 교류 출력 전압을 생성한다. 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스(10)의 변압기(27)는 유틸리티 그리드(30)로 에너지를 공급하기 위해 교류 전압을 적절한 피크 레벨 및 주파수로 가져온다.

[0061]

[0062] 도 2는 도 1에 따른 장치에서 사용될 수 있는 본 발명의 실시예에 따른 직접 구동 발전기(1) 구성을 도시한다. 발전기(1)는 샤프트(4) 상에 장착되고 번호 M=18 자성 폴 슈들(3)을 갖는, 교류 자석 북극들 N 및 남극들 S를 갖는 영구 자석 회전자(2)를 구비한 브러쉬리스 발전기(1)이다. 회전자(2)는 본 발명이 속한 기술분야에서 알려진 일반적인 방식으로 구축될 수 있다. 샤프트(4)는 풍력 터빈의 허브에 직접 연결될 수 있다.

[0063]

[0064] 회전자(2)는 다수의 고정자 세그먼트들(6)을 포함하는 링 형상 고정자(5)에 의해 둘러싸인다. 고정자 세그먼트들(6)의 각각은 슬롯들 및 중심 폴(8)을 갖는 자석 요크 및 상기 폴(8) 주위에 상기 슬롯들 내로 감겨진 코일(7)을 포함한다. 요크는 철 또는 동류의 것으로 강자성 소재로 형성되어서, 양호한 자속의 도전체가 된다. 따라서, 도 2에 도시된 실시예에서 세그먼트들의 개수 및, 고정자 코일들(7)의 개수 C는 21이다. 따라서, 고정자 코일들(7)의 개수 C는 회전자 폴 슈들(3)의 개수 M보다 더 크나 정수배는 아니다. 21 개의 고정자 코일들(7)은 7 개 고정자 코일들(7)의 3 개 그룹들로 그룹핑될 수 있고 각 그룹은 3 상 유틸리티 그리드의 특정 위상에 할당



된다.

[0065]

[0066]

도 2에 명백히 도시될 수 있는 바와 같이, 주어진 수의 고정자 코일들(7) 및 자석 회전자 폴 슈들(3)을 사용함으로써, 회전자 폴 슈들(3)은 회전하는 동안 동시에 고정자 코일들(7)을 모두 동시에 일어나게 통과할 수 없다. 따라서, 고정자 폴들과 회전자 폴 슈들(3) 사이의 자기 인력들은 회전자 회전 동안 본질적으로 균일하게 분산되거나, 평균에 도달(averaged out)된다. 따라서, 코깅 토크의 원치않는 효과가 최소화되어 기계에서 진동 및 노이즈가 감소된다. 발전기의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 알려진 바와 같이, 코깅 토크는 자석들에 의해 고정자 폴들의 인력으로 인한 것인 목표되지 않은 토크 성분이다. 상기 목표되지 않은 토크는 진동 및 노이즈를 야기한다. 따라서 발전기들에서 코깅 토크를 감소시키는 것이 바람직하다.

[0067]

[0068]

고정자 코일들(7) 및 회전자 폴 슈들(3)의 특정 수들(각각 18 및 21)은 단지 예시적인 것이며, 실제 구축에서 발전기는 고정자 코일들(7) 및 회전자 폴 슈들(3)의 훨씬 큰 수들을 가질 수 있다는 것을 주목하여야 한다. 예를 들어, 회전자 폴 슈들의 개수 M은 바람직하게 50과 150 사이일 수 있으며, 고정자 코일들(7)의 개수 C는 바람직하게 50과 200 사이일 수 있다.

[0069]

[0070]

고정자는 또한 예를 들어, 각 슬롯이 2개 이상의 개별적인 코일들을 하우징할 수 있는 분수 슬롯 권선(fractional-slot winding)으로서 상이한 방식으로 구축될 수 있다. 일부 슬롯들은 동일 위상의 코일들을 포함하는 반면 다른 슬롯들은 두 개의 상이한 위상들로부터 코일들을 가질 수 있다. 또한, 발전기는 내부 회전자 - 도 2에 도시된 구성에서 도시된 바와 같음 - 또는 외부 회전자 중 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 새로운 세대의 풍력 터빈에 대한 대부분의 직접-구동 발전기들은 외부 회전자를 갖는 발전기들이다. 고정자 코일들의 개수 C 및 자석 회전자 폴 슈들의 개수 M은 본 발명에 따라 선택되는 것이 단지 요구된다.

[0071]

[0072]

도 2에 따른 실시예에서 모든 고정자 코일들(7)은 자체의 개별적인 다이오드 정류기(11, 11', 11")에 연결된다. 이러한 다이오드 정류기(11, 11', 11")는 회전자(2)의 회전 동안 관련 코일(7)에서 유도된 전압을 정류한다. 다이오드 정류기들(11, 11', 11")은 간단한 다이오드들의 수를 사용하여 도 5 내지 도 7의 도움으로 이후 설명되는 바와 같이, 상이한 방식으로 구축될 수 있다.

[0073]

[0074]

도 3에서 고정자 코일들(7)은 3상 유틸리티 그리드의 위상들( $P_1, P_2, P_3$ )과 연결될 수 있다. 이 도면에서, 고정자 코일들은 표기  $S_{x,y}$ 로 주어지고, 여기서 x는 {1, 2, 3} 중 하나이고 유틸리티 그리드의 위상 번호  $P_1, P_2, P_3$ 를 나타내고; 그리고 y는 {1, ..., c} 중 하나이고 x번째 위상에 연결된 고정자 코일들의 인덱스 변수이고, 즉  $S_{1,1}$ 은 "위상 #1에 연결된 고정자 코일 # 1"로 나타내고,  $S_{2,1}$ 은 "위상 #2에 연결된 고정자 코일 #1"로서 나타난다. 따라서 위상들  $P_1, P_2, P_3$  중 하나에 할당된 고정자 코일들의 최대 수 c는 3으로 나뉘어진 모든 고정자 코일들의 개수 C이다.

[0075]

[0076]

도 3에 제공된 예시적인 회로에서, 고정자 세그먼트들은 공통 중성점( $N_0$ )을 공유하고 각 고정자 코일  $S_{x,y}$ 는 그 자체의 다이오드 정류기(11, 11', 11")를 통해 3 개 위상들( $P_1, P_2, P_3$ ) 중 하나에 연결된다.

[0077]

[0078]

도 2 및 도 3에 도시된 바와 같은 고정자-장착 다이오드 정류기들을 포함하는 이러한 시스템이 동일한 수의 고정자 코일들 및 회전자 폴 슈들을 포함하는 종래 기술 발전기에 대해 사용된다면, 영구 자석 회전자의 회전 동안 동시에 고정자 코일들 각각에서 전류가 유도된다. 결과적으로, 하나의 위상에 대해, 시간에 걸쳐 동일한 형태를 갖는 출력 전압 펄스들이 각 고정자 코일에 의해 전해지고, 상기 코일들이 병렬로 연결되기 때문에, 상기 위상의 전압은 이어서 시간에 걸쳐 동일한 파형을 보여줄 것이다. 이러한 신호는 간단한 DC 링크 커패시터에 인가되기 위해 부적절하다.

[0079]

[0080]

따라서, 도 2에 도시된 본 발명의 실시예에 따라, 고정자 코일들의 개수  $C$  및 회전자 폴 슈들의 개수  $M$ 이 같지 않으나 고정자 코일들  $S_{x,y}$ 의 개수  $C$ 는 회전자 폴 슈들(3)의 개수  $M$  보다 더 크다. 따라서, 모든 회전자 폴 슈들이 회전 동안 동시에 고정자 폴들을 대칭적으로 통과하는 것은 아니다. 단상에 대해, 상이한 고정자 코일들로부터 수신되는 출력 전압은 서로에 대해 "시간적으로(temporally) 시프팅"된다. 출력 전압들의 시간 시프팅의 이러한 효과는 단상  $P_1$ 의 도 4에 개략적으로 도시된다. 이미 전술된 바와 같이, 시간 시프팅의 동일한 효과는 회전자 폴 슈들의 수가 고정자 코일들의 수보다 더 크지만 정수배가 아닌 경우 발생한다.

[0081]

[0082]

도 4의 우측 편 상에서, 다이오드 정류기들(11, 11', 11")로부터 수신된 모든 펄스들이 도 4의 좌측 편 상에 도시된 병렬의 다이오드 정류기들(11, 11', 11")을 통해 고정자 코일들을 연결함으로써 포개질 때 결과적인 정류된 전압은 단상  $P_1$ 에 대해 도시된다. 위상( $P_1$ )에 존재하는 전압은 본질적으로 일정하고 그러한 것으로서 도 1에 도시된 유틸리티 그리드(30)에 연결을 촉진시키는 DC 링크 커패시터에 인가되기에 적절할 것이다.

[0083]

[0084]

도 4에서 다이오드 정류기들(11, 11', 11")로부터 출력 펄스들은 본질적으로 사각파 펄스로서 도시된다. 이러한 형태는 단지 예시적인 것이다. 실제 발전기에서, 회전자의 회전 동안 코일을 따라 이동하는 자성의 회전자 폴 슈에 의해 코일에서 유도된 전압은 시간에 걸쳐 정현파 펄스-형상을 가진다. 따라서, 다이오드 정류기들(11, 11', 11")에 의해 출력된 정류 펄스들의 형태는 그러한 절두의 펄스 형상들의 단속적인 시리즈와 유사하다. 그러나, 그럼에도 불구하고 발전기의 상이한 코일들로부터 비롯된 연속적인 펄스들이 적절한 양으로 서로 중첩되도록 고정자 코일들 및 회전자 폴 슈들의 치수 및 수들이 선택된다면 이러한 펄스들은 본질적으로 일정한 전압을 제공하도록 포개질 수 있다.

[0085]

[0086]

각 고정자 코일의 출력들에 연결된 정류기들(11, 11', 11")은 전술된 바와 같이, 코일로부터 입력이 "높을(high)" 때 본질적으로 정현파인 형태를 보통 따르는 전류가 위상들  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ 로 오직 흐르는 것을 보장한다. 전술된 바와 같이, 다이오드 정류기들(11, 11', 11")은 상이한 방식으로 구축될 수 있다.

[0087]

[0088]

도 5는 오직 단일 다이오드( $D_1$ )를 포함하는 가장 간단한 다이오드 정류기(11)의 회로도를 도시한다. 다이오드는 오직 한 방향으로 흐르기 때문에, 들어오는 AC 파의 오직 절반이 정류기(11)의 출력에 도달할 것이다. 따라서, 이것은 기본적인 반파 정류기(11)이다.

[0089]

[0090]

도 5에 도시된 반파 정류기가 매우 간단한 반면, 들어오는 AC 사이클의 오직 절반이 사용되고, 그리고 다른 절반에서 이용가능한 에너지의 전부가 낭비되기 때문에 매우 효율적이지 못하다.

[0091]

[0092]

또한 고정자 코일들에 유도된 전압의 다른 반파를 사용하기 위해, 전파 정류기가 사용될 수 있다. 도 6은 4 개의 다이오드들( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ )이 사용되는 브리지 정류기의 회로도이다. 이러한 브리지 정류기는 본 발명의 과정에서 다이오드 정류기(11')로서 또한 사용될 수 있다.

[0093]

[0094]

도 7은 본 발명에서 사용될 수 있는 제 3의 다이오드 정류기(11")를 도시한다. 이러한 구조에서 오직 2 개의 다이오드들( $D_1$ ,  $D_2$ )이 전파(full wave)를 사용하는데 필요하다. 이를 위해, 발전기-유틸리티 그리드 인터페이스의 중성점이 고정자 코일의 센터 탭에 연결될 수 있다. 이것은 이러한 구축을 위해, 예를 들어 도 5 및 도 6에 따른 다이오드 정류기들(11, 11')이 사용된 다른 케이스들과 비교하여 고정자에 코일들을 장착하는 상이한 방법이 요구될 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 다이오드 정류기(11")는 도 6에 따른 브리지 정류기보다 더 적은 다이오드들을 필요로 하나, 도 5의 다이오드 정류기(11)에 대한 경우인 오직 반파 대신에 전파를 사용한다.

[0095]

[0096]

도면들에 도시된 다이오드 정류기들(11, 11', 11'')은 단지 바람직한 실시예들이며, 다른 다이오드 정류기가 적절하게 사용될 수 있다는 것이 주목되어야 한다.

[0097]

[0098]

전술된 예시들의 도움으로 도시될 수 있는 바와 같이, 스테이터 코일 장착 다이오드 정류기를 갖는 본 발명에 따른 발전기는 본 발명이 속한 기술 분야에서 공통적으로 사용된 발전기 측 변환기에 대한 필요를 제거한다. 해결책들이 본 발명이 속한 기술분야에서 알려진 것과 관련하여 설명된 바와 같이 상기 발전기 측 변환기는 유틸리티 그리드에 발생된 신호를 전송하는 동안 바람직하지 않은 고조파를 유입시키는 장치이기 때문에, 다이오드 정류기에 의한 대체는 상기 바람직하지 않은 고조파의 바람직한 제거를 가져온다. 또한, 다이오드 정류기가 간단한 구성의 장치이기 때문에, 공간의 절약 및 구성의 간단화가 본 발명의 발전기에 대해 실현된다. 또한, 발전기의 더 간단한 구성은 발전기의 제조의 용이성을 가져온다.

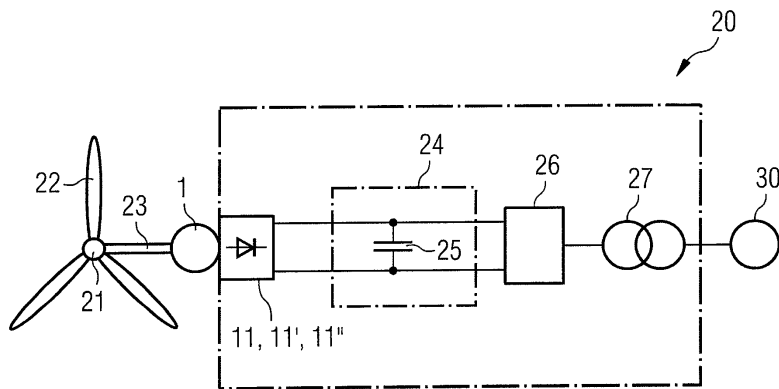
[0099]

[0100]

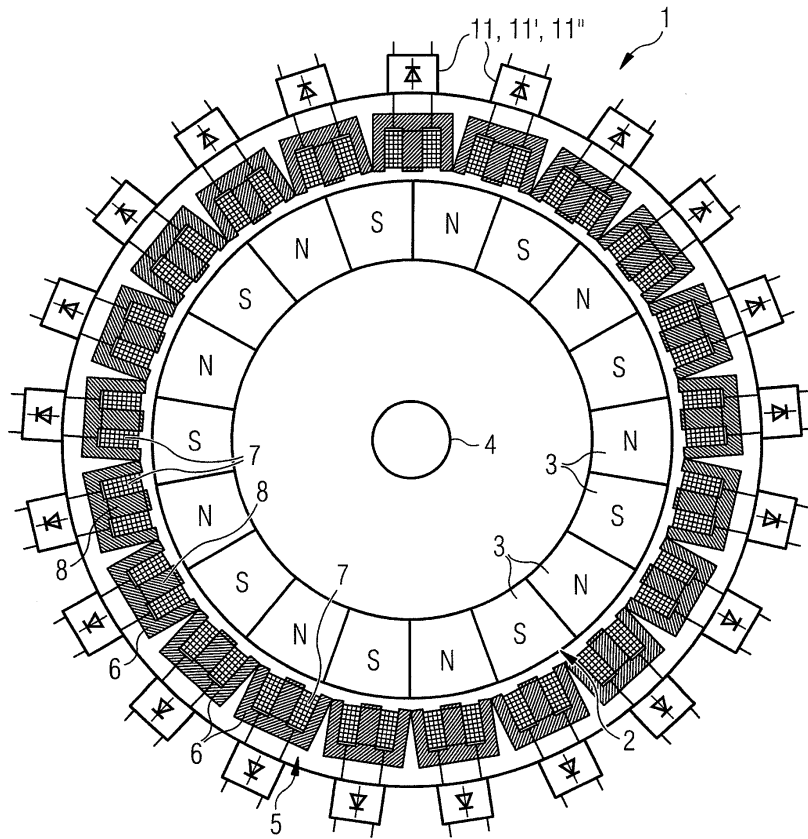
본 발명이 바람직한 실시예들 및 그 변형예들의 형태로 개시되었다고 할지라도, 수많은 추가적인 수정예들 및 변형예들이 본 발명의 범주로부터 벗어남없이 만들어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 명확함을 위해, 이러한 출원에 걸쳐 "하나(a 또는 an)"의 사용은 복수를 배제하는 것은 아니며, "포함하는(comprising)"은 다른 단계들 또는 엘리먼트들을 배제하지 않는다는 것을 이해해야 한다. "유닛" 또는 "모듈"은 다른 방식으로 진술되지 않았다면, 복수의 유닛들 또는 모듈들을 포함할 수 있다.

## 도면

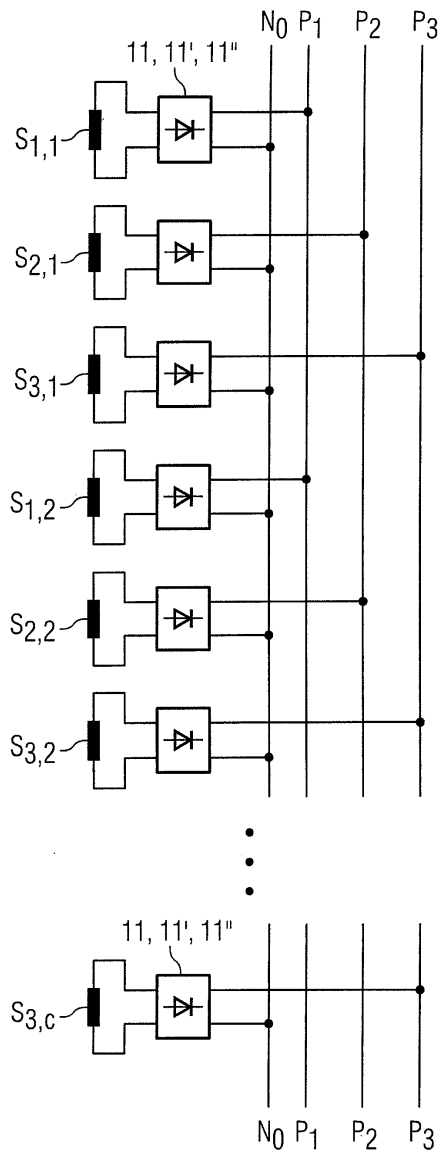
### 도면1



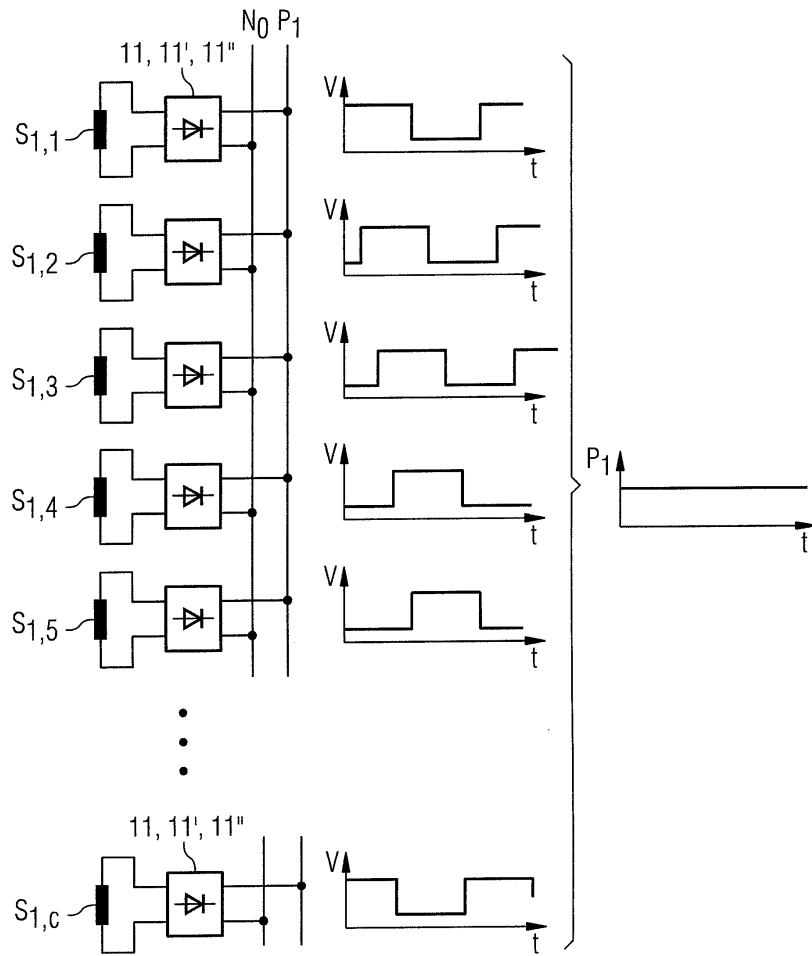
도면2



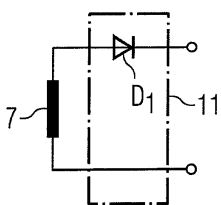
도면3



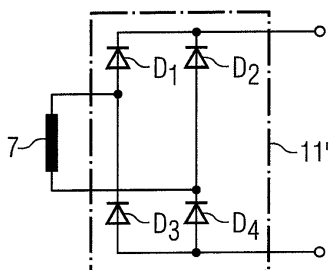
도면4



도면5



도면6



도면7

