



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0140426
(43) 공개일자 2017년12월20일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
<i>H02J 3/38</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
<i>H02J 3/386</i> (2013.01)
<i>Y02E 40/34</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-7035507(분할)</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년04월10일
심사청구일자 2017년12월08일</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2015-7033084
원출원일자(국제) 2014년04월10일
심사청구일자 2015년11월19일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2017년12월08일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/057304</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/173695
국제공개일자 2014년10월30일</p> <p>(30) 우선권주장
10 2013 207 255.4 2013년04월22일 독일(DE)</p> | <p>(71) 출원인
보벤 프로퍼티즈 게엠베하
독일 26607 아우리흐 보르지그슈트라체 26</p> <p>(72) 발명자
비크만 알프레드
독일 26639 비스모어 암 파크 30
버스커 카이
독일 26629 그로썬편 스테우어만스버그 15</p> <p>(74) 대리인
김태홍, 김진희</p> |
|---|--|

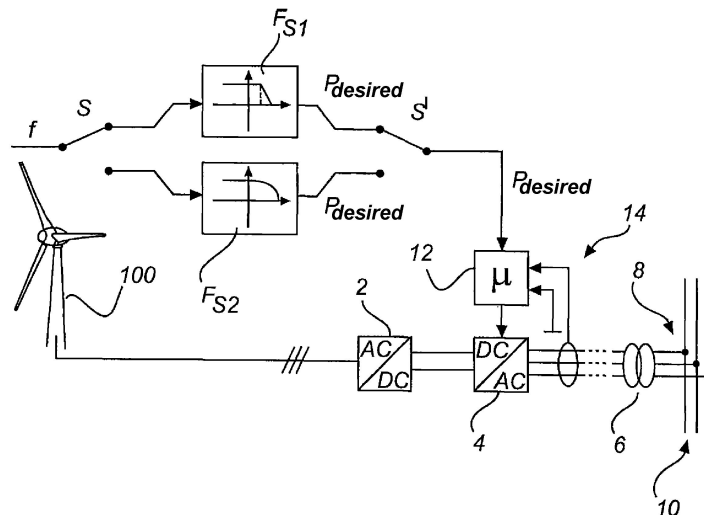
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 전기 공급 계통 내로 전력의 피딩 방법

(57) 요약

본 발명은 전력 계통 전압(U) 및 전력 계통 주파수(f)를 갖는 전기 공급 계통(120) 내로 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩하기 위한 방법에 관한 것이며, 상기 방법은 유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하기 위해 마련되고, 피딩되는 유효 전력(P)은 유효 전력 제어를 통해 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 조정될 수 있고, 그리고/또는 피딩되는 무효 전력(Q)은 무효 전력 제어를 통해 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 조정될 수 있으며, 그리고 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어는 유형에 따라서, 그리고/또는 자신의 매개변수화에서 변경될 수 있다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

전력 계통 전압(U) 및 전력 계통 주파수(f)를 갖는 전기 공급 계통(120) 내로 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩(feed)하기 위한 방법에 있어서,

유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하도록 마련되며,

피딩되는 유효 전력(P)은 유효 전력 제어를 통해 하나 이상의 전력 계통의 상태의 제1 설정 함수를 통하여 조정될 수 있거나, 또는

피딩되는 무효 전력(Q)은 무효 전력 제어를 통해 하나 이상의 전력 계통 상태의 제2 설정 함수를 통하여 조정될 수 있으며,

상기 제1 설정 함수 및 상기 제2 설정 함수 중 어느 하나 또는 양자 모두의 유형 또는 매개변수화에 따라, 상기 유효 전력 제어와 상기 무효 전력 제어 중 적어도 하나가 변경될 수 있고,

상기 피딩되는 유효 전력(P)과 상기 피딩되는 무효 전력(Q) 중 적어도 하나는 상기 제1 및 제2 설정 함수(F_{S1} , F_{S2})를 통해 상기 전력 계통 상태에 따라 조정되며, 상기 유효 전력 제어와 상기 무효 전력 제어 중 적어도 하나는 상기 제1 및 제2 설정 함수에 의한 유형 또는 매개변수화에 따라, 각각의 제1 및 제2 설정 함수(F_{S1} , F_{S2})가 변경되거나 전환되는 것을 통해, 변경되고,

상기 유효 전력 제어와 상기 무효 전력 제어 중 적어도 하나는 계통 민감도(N_S)에 따라 변경되며,

상기 피딩되는 유효 전력(P)은, 전력 계통 주파수(f)가 증가하면서 상기 전력 계통 주파수(f)가 주파수 임계값(f_S)을 초과하면 곧바로 감소되고, 상기 전력 계통 주파수가 주파수 상한값(f_{max})에 도달할 때까지 계속 감소되며, 상기 전력 계통 주파수에 따른 감소의 기울기, 상기 주파수 임계값(f_S), 및 상기 주파수 상한값(f_{max}) 중 적어도 하나는 변경될 수 있는 것인, 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 피딩되는 유효 전력(P)을 위한 상기 유효 전력 제어는 상기 전력 계통 주파수(f), 상기 전력 계통 주파수의 변화량 (df/dt) , 및 상기 전력 계통 전압(U) 중 적어도 하나에 따라 유효 전력 설정 값($P_{desired}$)을 설정하는 것인, 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩하기 위한 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 피딩되는 무효 전력(Q)을 위한 상기 무효 전력 제어는, 상기 전력 계통 전압(U), 상기 전력 계통 주파수, 및 상기 전력 계통 주파수의 변화량 (df/dt) 중 적어도 하나에 따라 무효 전력 설정 값($Q_{desired}$)을 설정하는 것인, 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩하기 위한 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 유효 전력 제어와 상기 무효 전력 제어 중 적어도 하나는,

단락비(SCR), 및

외부 신호를 통한 외부 설정 값

에 따라 변경되는 것인, 하나 이상의 풍력 발전 설비(100) 또는 하나의 풍력 발전 단지(112)의 전력을 피딩하기 위한 방법.

청구항 5

전기 공급 계통(120) 내로 유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하기 위한 풍력 발전 설비(100)에 있어서, 상기 풍력 발전 설비(100)는 상기 전기 공급 계통(120) 내로 제1항 또는 제2항에 따르는 방법에 따라 유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하도록 마련되는 것인, 풍력 발전 설비(100).

청구항 6

전기 공급 계통(120) 내로 유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하기 위한 풍력 발전 단지(112)에 있어서, 상기 풍력 발전 단지(112)는 상기 전기 공급 계통(120) 내로 제1항 또는 제2항에 따르는 방법에 따라 유효 전력(P) 및 무효 전력(Q)을 피딩하도록 마련되는 것인, 풍력 발전 단지(112).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기 공급 계통 내로 하나 이상의 풍력 발전 설비 또는 하나의 풍력 발전 단지의 전력을 피딩하기 위한 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 전기 공급 계통 내로 전기 에너지를 피딩하기 위한 풍력 발전 설비에 관한 것이며, 복수의 풍력 발전 설비를 포함하여 전기 공급 계통 내로 전기 에너지를 피딩하기 위한 풍력 발전 단지에도 관한 것이다.

[0002] 풍력 발전 설비는 도 1에 개략적으로 도시되어 있고, 풍력 발전 단지는 도 2에 개략적으로 도시되어 있다.

배경 기술

[0003] 풍력 발전 설비들은 일반적으로 공지되어 있으며 오늘날 특히 전기 공급 계통 내로 피딩을 실행할 목적에 이용된다. 이 경우, 풍력 발전 설비는 주파수 및 위상에 따라서, 그리고 상응하는 전압을 고려하여 피딩할 전류를 전기 공급 계통에 매칭시킨다. 이는 어느 경우든 충족되어야만 하고 공지된 풍력 발전 설비들에 의해서도 충족되는 기본 전제조건이다. 이와 동일한 사항은, 공통 계통 연계점(PCC)을 통해 함께 전기 공급 계통 내로 피딩을 실행하는 복수의 풍력 발전 설비를 포함하는 풍력 발전 단지에도 적용된다. 이런 경우에, 풍력 발전 단지는 전기 공급 계통 내로 피딩을 실행한다.

[0004] 이미 근래에, 풍력 발전 설비 또는 풍력 발전 단지로 하기에서 간소화하여 계통으로서도 지칭되는 공급 계통 내로 최대한 많은 전력을 피딩하는 것뿐만 아니라, 계통을 지원하기 위해서도 풍력 발전 설비 또는 풍력 발전 단지를 이용하는 것도 바람직할 수 있는 것으로 인정되었다. 그에 상응하게 제안되는 해결책들은 특허 출원 US 6,784,564, US 6,891,281, US 6,965,174 및 US 7,462,946에 기재되어 있다. 상기 출원들은, 이미 공급 계통 내의 전압 또는 주파수에 의존하여, 결과적으로 공급 계통을 지원하기 위해 레벨에 따라서, 그리고/또는 방식에 따라서 피딩할 전력 또는 피딩할 전류를 변경하는 점을 제안하고 있다.

[0005] 오늘날 많은 나라에서 풍력 발전 설비들이 공급 계통 내의 총 출력 중 더욱더 많은 부분을 담당하고 있는 상황이 존재하고 있다. 그 결과로, 풍력 발전 설비들을 통해 계통을 지원해야 하는 필요성이 증가하고 있다. 또한, 계통 내에서 풍력 발전 설비들의 우월적 위치와 그에 따른 풍력 발전 설비들의 영향 가능성도 증가하고 있다. 그에 상응하게 계통 내에서 풍력 발전 설비들 또는 풍력 발전 단지들을 통한 계통 지원도 효과적일 수 있다.

[0006] 독일 특허 및 상표청은 본 출원에 대한 우선권 주장 출원에서 다음과 같은 추가 종래 기술을 조사하였다. "중간 전압 발전 계통에서 전력 생산 설비의 기술 지침서, BDEW, 2008년06월 발행본" 및 "송전 코드 2007, 독일 송전 계통 운영자의 공급망 및 계통 규칙, VDN, 2007년08월".

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명의 과제는 언급한 문제들 중 하나 이상의 문제를 다루는 것에 있다. 특히 본 발명의 과제는 계통의 지원을 위한 풍력 발전 설비들의 증가하는 중요성에 따르고 적어도 그 중요성에 기여하는 해결책을 제안하는 것에 있다. 특히 본 발명의 과제는 풍력 발전 설비들 또는 풍력 발전 단지들을 통한 계통 지원이 정성적으로, 그리고/또는 정량적으로 개량되도록 하는 것에 있다. 적어도 본 발명의 과제는 대체되는 해결책이 제안되도록 하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따라서 청구항 제1항에 따르는 방법이 제안된다. 그에 따라 하나 이상의 풍력 발전 설비 또는 하나의 풍력 발전 단지의 전력은 전기 공급 계통 내로 피딩된다. 공급 계통은 전력 계통 전압 및 전력 계통 주파수를 갖는다. 본원의 방법은 유효 전력(P)뿐만 아니라 무효 전력(Q)도 피딩하도록 마련된다. 따라서 본원의 방법과 그에 상응하게 본원의 방법을 구현하는 풍력 발전 설비 또는 풍력 발전 단지는 유효 전력을 피딩하기 위해서뿐만 아니라 무효 전력을 피딩하기 위해서도 마련되는 것이다.

[0009] 이 경우, 피딩되는 유효 전력(P)은 유효 전력 제어를 통해 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 조정될 수 있다. 다시 말해 유효 전력은 사전 설정되어 고정되는 것이 아니며, 또는 우세하게 존재하는 풍력에 따라서만 피딩되며, 그리고 예컨대 전력 계통 주파수와 같은 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 조정된다.

[0010] 그 밖에, 또는 그 대안으로, 피딩된 무효 전력(Q)은 사전 설정되어 고정되는 것이 아니라, 예컨대 전력 계통 전압과 같은 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 조정된다.

[0011] 이 경우, 유효 전력 제어는 유형에 따라서, 그리고/또는 자신의 매개변수화에서 변경될 수 있는 점이 제안된다. 그에 따라, 예컨대 전력 계통 주파수와 같은 하나 이상의 전력 계통 상태에 대한 피딩되는 유효 전력(P)의 의존성은 (풍황 조건들이 변함없을 때조차도) 변경될 수 있다. 예컨대 유효 전력은 주파수가 증가하는 경우에 전력 계통 주파수가 자신의 정격 주파수를 0.1퍼센트 초과하면 곧바로 감소되며, 그에 반해 상기 감소는 또 다른 경우에는 전력 계통 주파수가 자신의 정격값을 0.2퍼센트 초과했을 때 비로소 수행된다. 그 다음 후속되는 주파수에 따른 감소이면서 피딩되는 전력의 상기 감소의 기율기도 또 다른 방식으로 선택될 수 있다.

[0012] 이 경우, 피딩되는 유효 전력(P)은 섹션별로 선형 연결성을 통해 전력 계통 상태, 특히 전력 계통 주파수에 따라서 결정될 수 있다. 이런 섹션별 선형 연결성은 예컨대 히스테리시스 함수를 통한 경우처럼 예컨대 비선형 연결성으로 변경될 수 있으며, 이는 유효 전력 제어의 유형의 변경에 대한 예시이다. 이는 무효 전력 제어의 유형의 변경에 대한 대응하는 예시일 수도 있다.

[0013] 상기 예시를 다루기 위해 섹션별 선형 연결성이 기초가 된다면, 하나의 추가적인 실시예에 따라서, 상기 선형 연결성의 기율기는 변경될 수 있다. 이는 유효 전력 제어(그리고 그에 대응하게 무효 전력 제어)의 매개변수화의 변경에 대한 예시일 수 있다.

[0014] 그 밖에, 또는 그 대안으로, 무효 전력 제어는 유형 및/또는 자신의 매개변수화에 따라서 변경될 수 있는 점도 제안된다. 무효 전력(Q)과 예컨대 전력 계통 전압과 같은 하나 이상의 상태 사이의 연결성은 바람직하게는 무효 전력 제어의 유형에서, 그리고/또는 그 매개변수화에서 변경될 수 있다. 한편으로 유형에 따라서, 그리고 다른 한편으로는 매개변수화에서 수행되는 변경의 예시들의 경우 앞서 언급한 유효 전력 제어의 가변성에 대한 일반적인 예시들이 참조된다.

[0015] 하나의 실시예에 따라서, 피딩할 유효 전력을 위한 유효 전력 제어는 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 유효 전력 설정 값을 사전 설정하는 점이 제안된다. 이 경우, 유효 전력 설정 값은 특히 전력 계통 주파수에 따라서, 전력 계통 주파수의 변화량에 따라서, 그리고/또는 전력 계통 전압에 따라서 사전 설정된다. 이를 위해 전력 계통 주파수의 변화량은 기율기를 통해 정의될 수 있거나 검출될 수 있으며, 요컨대 시간에 따르는 주파수 변화량의 부분 도함수를 통해 정의될 수 있거나 검출될 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 피딩할 무효 전력을 위한 무효 전력 제어는 하나 이상의 전력 계통 상태에 따라서 무효 전력 설정 값을 사전 설정하는 점이 제안된다. 따라서 무효 전력 설정 값은 그에 상응하게 특히 전력 계통 전압에 따라서, 전력 계통 주파수에 따라서, 그리고/또는 전력 계통 주파수의 변화량에 따라서 사전 설정된다.

[0017] 하나의 실시예에 따라서, 유효 전력 제어와 그 밖에, 또는 그 대안으로 무효 전력 제어는 계통 민감도에 따라서 변경된다.

[0018] 이 경우, 계통 민감도란, 특히 공통 계통 연계점, 즉 계통에 작용하는 변수의 변화량과 관련한 계통의 반응을

의미한다. 계통 민감도는 계통 영향 변수의 차와 관련한 계통 반응의 차로서 정의될 수 있다. 특히 본 사례에서 피딩되는 유효 전력 및 전력 계통 전압 레벨과 관련한 정의가 고려된다. 간소화된 방식으로 예컨대 계통 민감도(NS)에 대해 하기 공식이 정의될 수 있다.

$$NS = \frac{\Delta U}{\Delta P}$$

[0019]

[0020]

이 경우, ΔP 는 피딩되는 유효 전력, 예컨대 피딩되는 발전 단지 전력의 변화량을 지칭하고 ΔU 는 전력 계통 전압(U)의 결과에 따른 변화량을 지칭한다. 이런 차는 매우 짧은 시간에 걸쳐서 계산되며, 특히 1초 또는 그 미만의 범위에서 계산되며, 그리고 바람직하게는 전력의 차와 관련한 전압의 차에 대한 상기 명백한 공식 대신, 그에 상응하게, 피딩되는 발전 단지 전력(P)에 따르는 전력 계통 전압(U)의 부분 도함수도 계산될 수 있다. 계통 반응으로서 전력 계통 주파수(f)의 변화량도 고려된다. 계통 민감도를 고려하는 추가 가능성은 하기 공식을 통해 제공될 수도 있다.

[0021]

$$NS = \frac{\Delta f}{\Delta P}$$

[0022]

그에 따라, 계통 민감도는 바람직하게는 선택할, 또는 변경할 유효 전력 제어 및/또는 선택할, 또는 변경할 무효 전력 제어에 대한 척도로서 이용된다. 계통 민감도가 적어도 상당히 변경된다면, 상응하는 유효 전력 제어 및/또는 상응하는 무효 전력 제어는 방식 및/또는 매개변수화에서 변경될 수 있다. 방식의 변경은 제어의 유형의 변경에 상응하며, 이는 여기서 동의어로 이용된다.

[0023]

하나의 추가적인 실시예에 따라서, 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어는 피딩점(feed-in point) 상의 단락비에 따라서 변경된다.

[0024]

SCR(Short Circuit Ratio)로서도 지칭되는 단락비는 연계 전력에 대한 단락 전력의 비율을 지칭한다. 이 경우, 단락 전력이란, 해당하는 공급 계통이 풍력 발전 설비 또는 풍력 발전 단지가 연계되는 고려되는 계통 연계점에서 단락이 발생할 때 상기 계통 연계점에서 공급할 수 있는 전력을 의미한다. 연계 전력은 연계된 풍력 발전 설비 또는 연계된 풍력 발전 단지의 연계 전력이며, 그에 따라 연계할 발전기의 정격 전력이거나, 또는 풍력 발전 단지의 발전기들의 모든 정격 전력의 합이다. 그에 따라 단락비는 상기 고려되는 계통 연계점과 관련한 전기 공급 계통의 세기에 대한 기준이다. 상기 계통 연계점과 관련된 강력한 전기 공급 계통은 대부분 예컨대 SCR = 10 이상의 높은 단락비를 보유한다.

[0025]

확인된 점에 따르면, 단락비는 계통 연계점 상에서 해당하는 공급 계통의 거동에 대한 정보도 제공할 수 있다. 이 경우, 단락비는 가변할 수도 있다.

[0026]

바람직하게는, 풍력 발전 단지 또는 풍력 발전 설비를 재설치할 때, 단락비를 고려하고 유효 전력 제어 및 무효 전력 제어를 상기 단락비에 매칭시킨다. 바람직하게는, 풍력 발전 설비 또는 풍력 발전 단지의 설치 및 그 운전 개시 후에도 정기적인 간격들로 단락비를 검출하는 점이 추가로 제안된다. 단락비의 검출은 예컨대 시뮬레이션에 의해 계통 토폴로지에 대한 정보들을 통해 수행될 수 있다. 연계 전력의 검출은 간단히 하나의 발전 단지 내에 설치된 풍력 발전 설비들의 정보를 통해 수행될 수 있고, 그리고/또는 정격 풍력 조건에서 피딩되는 전력의 측정을 통해 수행될 수 있다.

[0027]

바람직하게는 단락비의 제안되는 계산 및 그 고려를 위한 연계 전력은 각각 현재 가용한 모든 풍력 발전 설비의 정격 전력의 합으로서 정의되고 계산된다. 그에 따라 이런 의미에서 연계 전력은 이미 풍력 발전 설비의 고장 시 변경될 수도 있으며, 적어도 일시적으로 변경될 수도 있다. 그에 따라, 단락비도 변경될 수도 있고, 이를 넘어서 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어의 변경이 야기될 수도 있다.

[0028]

하나의 추가적인 실시예에 따라서, 연계 전력은 풍력 발전 단지 내에서 현재 가용한 전력의 합으로서 상세하게 존재하는 풍황 조건들의 고려하에 계산되거나, 또는 풍력 발전 단지의 연계 전력 대신, 풍력 발전 단지의 현재 가용한 전력들의 합이 단락비의 계산을 위해 이용되고, 그리고/또는 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어를 변경하기 위한 변경 기준으로서 이용되는 점이 제안된다. 따라서 이처럼 산출된 발전 단지 전력에서, 상기 변경 조건을 결정하기 위해 단락비는 다시 계산되거나, 또는 발전 단지에서 가용한 전력에서 직접적으로도 변경 기준이 유도될 수 있다.

[0029]

예컨대 전환 조건은, 증폭 계수 또는 함수의 기울기와 같은 매개변수가 단락비 또는 다른 기준에 따라 결정되는

것처럼 보일 수 있다. 예컨대 비례하는 의존성이 존재할 수도 있다. 추가되지만, 그러나 결정적으로 중요하지 않은 예시로서 한계 값이 정의될 수 있으며, 그리고 단락비 또는 또다른 기준이 상기 한계 값을 초과하거나 하회할 때 유효 전력 제어로부터 또 다른 유효 전력 제어에 따른 유형으로 전환될 수 있다. 이와 유사한 사항은 무효 전력 제어의 변경에도 적용된다.

[0030] 바람직하게는 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어의 변경은 예컨대 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어를 실행하는 프로세스 컴퓨터로 입력되는 외부 신호와 같은 외부 설정 값을 통해 수행된다. 바람직하게는 상기 설정 값은 이를 위해 상기 외부 신호를 전송하는 계통 운영자에 의해 생성된다.

[0031] 그 결과로, 하나 또는 복수의 매개변수가 변경될 수 있거나, 또는 유효 전력 제어 또는 무효 전력 제어의 또 다른 유형 또는 또 다른 방식으로 전환이 수행된다. 하나의 실시예에 따라서, 각각의 유효 전력 제어 또는 무효 전력 제어의 의도하는 새로운 구성도 차용될 수 있다. 이렇게 변경할 매개변수들이 차용될 수 있거나, 또는 심지어 새로운 알고리즘도 차용될 수 있다.

[0032] 본 발명의 하나의 구현예에 따라서, 피딩되는 유효 전력 및/또는 피딩되는 무효 전력은 설정 함수를 통해 전력 계통 상태에 따라서 조정되는 점이 제안된다. 상기 설정 함수는 특히 전력 계통 상태에 따르는 함수로서 피딩할 유효 전력 또는 피딩할 무효 전력의 설정 값을 출력한다. 한편, 상기 설정 함수가 변경되거나 전환되는 점이 제안된다. 예컨대 섹션별로 상기 설정 함수의 기울기가 변경될 수 있거나, 또는 이전 함수와 다른 함수 유형이 설정 함수로서 이용된다. 그 결과, 유효 전력 제어 및/또는 무효 전력 제어는 유형에 따라서, 그리고/또는 자신의 매개변수화에서 변경된다. 따라서 함수적 연결성들이 변경되는 점이 제안된다. 이런 변경도 계통 민감도, 단락비 및/또는 외부 설정 값에 따라서 수행될 수 있다.

[0033] 하나의 추가적인 실시예의 제안에 따라서, 피딩되는 유효 전력은 증가하는 전력 계통 주파수와 더불어 이 전력 계통 주파수가 주파수 임계값을 초과하거나 도달하면 곧바로 감소되며, 그리고 피딩되는 유효 전력은 주파수가 주파수 상한값에 도달할 때까지 계속하여 감소된다. 그 결과, 섹션별로 주파수에 따른 전력 감소가 실현될 수 있다. 이를 위해, 이제, 상기 전력 감소의 기울기가 특히 앞서 이와 관련하여 언급한 기준들에 따라 변경될 수 있는 점이 제안된다. 그 밖에, 또는 그 대안으로, 주파수 임계값이 변경될 수 있고, 그 밖에, 또는 그 대안으로 주파수 상한값이 변경될 수 있게 하는 점이 제안된다. 이런 값들을 통해, 주파수에 따른 유효 전력 변경이 정의될 수 있으며, 그리고 상기 값들, 요컨대 감소의 개시 시점에 해당하는 주파수, 감소의 종료 시점에 해당하는 주파수, 및/또는 그 사이에 제공될 기울기도 변경될 수 있다.

[0034] 상기 실시예를 위해, 전력 계통 주파수가 감소하는 경우 유효 전력 증대를 위해서도 그에 대응하게 상기 값들을 이용하는 점이 제안된다. 그에 따라, 제어 거동은 비교적 간단하게 상기 소수의 매개변수를 통해 변경될 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명에 따라서, 설명한 실시예들 중 어느 하나의 실시예에 따르는 방법을 구현하도록 마련되는 풍력 발전 설비가 제안된다. 특히 상기 풍력 발전 설비는 상응하는 프로세스 컴퓨터와, 상기 무효 전력 피딩 및/또는 유효 전력 피딩의 실행을 위해 적합한 상응하는 주파수 인버터를 포함한다. 특히 이용되는 인버터 또는 이용되는 풍력 발전 설비는 FACTS(유연 송전 시스템)가 가능해야 한다.

[0036] 그 밖에도, 기재한 실시예들 중 어느 하나의 실시예에 따르는 방법을 구현하도록 마련되는 풍력 발전 단지가 제안된다. 특히, 풍력 발전 단지는, 공급 계통 내로 유효 전력 및 무효 전력을 피딩하고 이를 위해 가변 유효 전력 제어 및/또는 가변 무효 전력 제어를 이용하도록 마련된다. 바람직하게 상기 풍력 발전 단지는 공통 계통 연계점을 통해 공급 계통 내로 피딩을 실행한다. 풍력 발전 단지에 대해서도 바람직하게는 풍력 발전 단지는 FACTS가 가능하다.

[0037] 하기에서 본 발명은 첨부한 도면들과 관련한 실시예들에 따라서 예시로서 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 풍력 발전 설비를 도시한 개략도이다.
- 도 2는 풍력 발전 단지를 도시한 개략도이다.
- 도 3은 피딩 실행을 위해 하나의 실시예에 따르는 본 발명의 방법을 이용하는 풍력 발전 설비를 도시한 개략도이다.
- 도 4는 전력 계통 주파수에 따라서 전력(P)을 조정하기 위한 2가지 상이한 설정 함수를 구체적으로 설명하는 방

식으로 예시로 나타낸 그래프이다.

도 5는 변동 가능성(variation possibility)을 갖는 전력 계통 주파수(f)에 따라서 전력(P)을 조정하기 위한 설정 함수를 예시로 구체적으로 설명하는 방식으로 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 도 1에는, 타워(102)와 곤돌라(104)를 포함하는 풍력 발전 설비(100)가 도시되어 있다. 곤돌라(104) 상에는 3개의 회전자 블레이드(108)와 하나의 스피너(110)를 포함하는 회전자(106)가 배치된다. 회전자(106)는 작동 중에 풍력을 통해 회전 운동되고 그 결과 곤돌라(104) 내의 발전기를 구동한다.
- [0040] 도 2에는, 서로 동일하거나 상이할 수 있는, 예시로서 3개인 풍력 발전 설비(100)를 포함하는 풍력 발전 단지(112)가 도시되어 있다. 그에 따라, 3개의 풍력 발전 설비(100)는 기본적으로 풍력 발전 단지(112)의 풍력 발전 설비들의 임의의 개수를 대표적으로 나타낸 것이다. 풍력 발전 설비들(100)은 자신의 전력, 요컨대 특히 생성된 전류를 전기 발전 단지 계통(114)을 통해 공급한다. 이 경우, 개별 풍력 발전 설비들(100)의 각각 생성된 전류들 또는 전력들은 합산되며, 그리고 대개 결과적으로 일반적으로 PCC로서도 지칭되는 피딩점(118)에서 공급 계통(120) 내로 피딩을 실행하기 위해 발전 단지 내의 전압을 승압하는 변압기(116)가 제공된다. 도 2에는, 예컨대 당연히 제어 장치가 제공되어 있기는 하지만, 제어 장치를 도시하지 않은 풍력 발전 단지(112)의 간소화된 도면만이 도시되어 있다. 또한, 오로지 또 다른 실시예를 명명하기 위해서만 예컨대 변압기가 각각의 풍력 발전 설비(100)의 출력단에 제공되어 있는 발전 단지 계통(114)은 또 다른 방식으로 형성될 수 있다.
- [0041] 도 3에는, 예컨대 3상 발전기 전류를 정류기(2)로 공급하는 풍력 발전 설비(100)가 실례로 도해되어 있으며, 정류기는 다시 인버터(4)와 연결되고, 인버터는 3상 교류 전류를 변압기(6)를 통해 피딩점(8)(PCC)에서 전기 공급 계통(10) 내로 피딩하기 위해 대응하는 3상 교류 전류를 생성한다. 인버터(4)의 제어는 예컨대 하나 또는 복수의 프로세스 컴퓨터로서 형성될 수 있는 제어 유닛(12)을 통해 수행된다. 제어 유닛(12)은 예컨대 전류 및 전압에 대한 측정값들을 자신의 출력되는 3상 전류의 진폭, 주파수 및 위상에 따라서 이용한다. 이를 위해, 측정 피드백(14)(measurement feedback)이 분명하게 도시되어 있다.
- [0042] 또한, 도 3의 구조는, 제어 유닛(12)이 전력 설정 값을 고려하고 그에 상응하게 인버터가 상기 의도하는 전력(P)을 출력하도록 상기 인버터(4)를 제어하게 되는 점을 실례로 도해하고 있다. 이상적인 방식으로, 인버터(4)로부터 출력되는 전력(P)은 설정 전력($P_{desired}$)과 동일하며, 그럼으로써 $P = P_{desired}$ 이 적용된다. 그 밖에, 본원의 고려를 위해 이상적인 방식으로, 생성된 전력(P)은 계통(10) 내로 피딩되는 그런 전력이기도 하다는 점을 기초로 할 수 있다. 따라서 본원의 고려의 경우, 피딩 실행 시 손실들과 설정 전력과 생성된 전력 사이의 동적 과정들은 무시된다.
- [0043] 이제, 도 3의 구조는, 상기 유효 전력 설정 값($P_{desired}$) 및 그에 따라 이상적인 방식으로 피딩할 유효 전력(P)도 주파수(f)에 따라 결정되거나 사전 설정되는 점을 실례로 도해하고 있다. 이를 위해, 여기서 추가 설정 함수들에 대해 대표적으로 설명되는 2개의 설정 함수(F_{S1} 및 F_{S2})가 제공된다. 따라서 스위치(S), 및 이 스위치와 상호 작용하는 스위치(S')가 도시되어 있으며, 이들 스위치는 각각의 스위치 위치에 따라서, 다시 말하면 각각의 선택에 따라서 제1 또는 제2 설정 함수(F_{S1} 또는 F_{S2})를 통해 유효 전력($P_{desired}$)이 사전 설정될 수 있는 점을 실례로 도해하고 있다. 이런 점에 한해서, 스위치(S 또는 S')를 이용한 선택 가능성은 실례의 도해일 뿐이며, 그리고 상기 선택 가능성은 예컨대 제어 유닛(12) 내에서도 구현될 수 있으며, 그럼으로써 이렇게 제어 유닛(12)은 전력 계통 주파수(f)를 직접적으로 수신하게 된다. 그 밖에도, 상기 전환은, 프로세스 컴퓨터가 예컨대 각각의 선택된 설정 함수에 따라서 의도하는 설정 함수가 저장되어 있는 상응하는 데이터 저장장치를 이용함으로써, 바람직하게 프로세스 컴퓨터 내에서도 실현된다.
- [0044] 도 3에는, 피딩할 유효 전력을 위한 설정 함수와 그에 따른 유효 전력 제어가 변경될 수 있음이 실례로 도해되어 있다. 여기서 유효 전력 제어는 전력 계통 주파수(f)에 따라서 예시로 도시되어 있다. 그러나 실례의 도해는 대표적으로 예컨대 전력 계통 전압과 같은 또 다른 전력 계통 상태 또는 전력 계통 주파수의 변화량에 따르는 제어를 나타내는 것이어야 한다. 그에 대응하게, 전력 계통 상태에 따르는 무효 전력 제어도 실례로 도해되어 있으면서 기재되어 있는 의미에서 구현될 수 있다. 여기서도 상이한 전력 계통 상태들이 무효 전력 제어를 위한 입력 변수들로서 이용될 수 있다.
- [0045] 도 3에 실례로 도해된 방식으로 선택된 설정 함수들(F_{S1} 및 F_{S2})은 도 4에 예시로 도시되어 있다. 그에 따라,

도 4에는, 예시로 2개의 설정 함수(F_{S1} 및 F_{S2})가 도시되어 있다. 두 설정 함수는 전력 계통 주파수(f)에 따르는 유효 전력(P)의 사전 설정된 의존성을 나타낸다. 공칭의 전력 계통 주파수(f_N)에서, 전력(P)은 자신의 정격 값(P_N)을 갖는다. 이런 점에 한해, 도 4에는, 우세하게 존재하는 풍황 조건들이 정격 전력(P_N)의 피딩을 대체로 가능하게 하는 상황이 도시되어 있다. 이런 정격 전력의 피딩이 불가능하다면, 그리고 예컨대 풍력이 약한 것으로 인해 상대적으로 더 적은 전력만이 피딩될 수 있다면, 도 4에 도시된 연결성은 상대적으로 더 낮은 상기 가용 전력에도 적용될 수 있는 한편, 상기 가용 전력이 도시된 정격 값(P_N) 대신 이용되게 된다.

[0046] 증가하는 주파수(f)와 더불어, 유효 전력(P)은 맨 먼저 주파수(f)가 주파수 임계값(f_S)에 도달할 때까지 변함없이 유지된다. 그 다음, 유효 전력(P)은 계속하여 증가하는 주파수와 더불어 감소된다. 이런 감소는 이제 각각의 선택된 유효 전력 제어에 따라서, 그리고 그에 따라 각각의 선택된 설정 함수에 따라서 상이하게 수행된다.

[0047] 이 경우, 제1 설정 함수(F_{S1})는, 결과적으로 유효 전력(P)이 주파수 임계값(f_S)으로부터 선형으로 최대 주파수 값(f_{max})에까지 0으로 감소하는 선형 특성곡선을 나타낸다. 또 다른 도시된 설정 함수에 따라서, 특성곡선은 음의 부호를 갖는 이차 함수의 의미에서 제안된다. 상기 이차 함수도 임계 주파수(f_S)로부터 최대 주파수(f_{max})에까지 유효 전력(P)을 0의 전력 값으로 감소시킨다. 그러나 또 다른 방식으로 선택된 특성곡선도 상대적으로 더 높은 전력 절약의 가능성을 마련해 주며, 이는 상기 두 설정 함수(F_{S1} 및 F_{S2}) 사이의 중간 공간을 통해 실례로 도해되어 있으며, 중간 공간은 도 4에 ΔP 로서 표시되어 있다. 이런 점에 한해서, 상이한 설정 함수들은 하나의 섹션에서만 서로 다르며, 그리고 이런 점에 한해서 도시된 예시에 따라서 설정 함수는 섹션별로 변경될 수 있다. 변경은 바람직하게는 2개의 예시만을 명명하기 위해 계통 민감도 또는 계통 운영자의 설정 값에 따라서 수행된다.

[0048] 그에 따라, 확인된 점에 따르면, 요컨대 예를 들면 계통 운영자에 의해 판단될 수 있는 각각의 상황에 따라서, 또는 계통 민감도로부터, 상대적으로 더 높은 전력 절약을 가능하게 하는 변경된 유효 전력 제어가 선택될 수 있다.

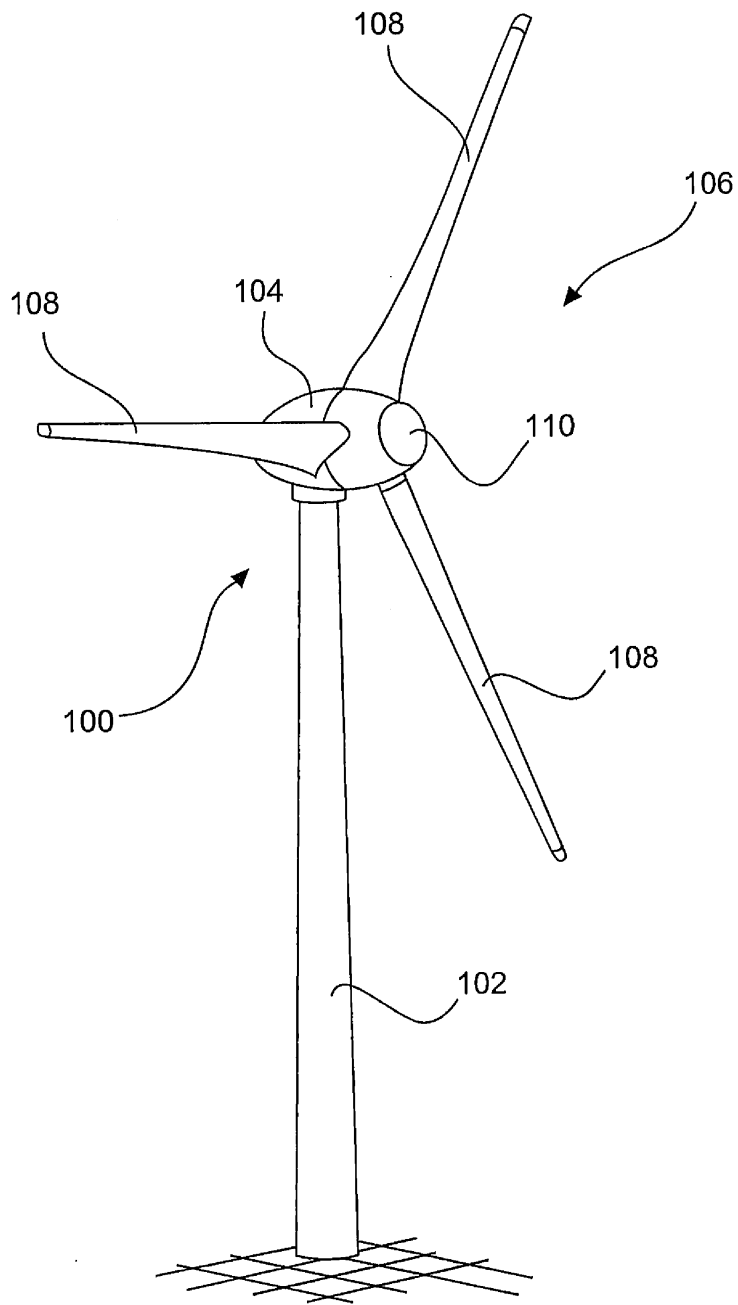
[0049] 도 4에 실례로 도해되어 있는 것처럼 완전히 상이한 설정 함수, 요컨대 예를 들면 한편으로 선형 설정 함수와 다른 한편으로는 이차 설정 함수의 선택을 통한 변경 대신, 본원에 따라서 설정 함수(F_S)를 있는 그대로 두지만, 그러나 하나 또는 복수의 매개변수를 변경하는 점도 고려된다. 이는 도 5에 실례로 도해되어 있으며, 그리고 여기서 도 5에 실례로 도해되어 있는 매개변수들의 변화량을 통한 변경은 상이하게 매개변수화된 설정 함수들 간의 전환이 실행되는 것을 통해서도 실행될 수 있다는 점이 주지된다. 이런 점에 한해서, 상기 사례에서도 적용될 수 있는 도 3에 대한 설명이 참조된다. 그러나 다른 한편으로는 제어 유닛 또는 또 다른 프로세스 컴퓨터 내에서도 각각 상응하는 매개변수들이 조정될 수 있다. 어느 경우든, 2개의 예시를 명명하기 위해, 예컨대 계통 운영자에 의해 생성되는 외부 설정 값을 통한 상기 변경 또는 계통 민감도의 평가도 고려된다.

[0050] 이런 점에 한해, 도 5에는, 설정 함수(F_S)의 매개변수 변화량이 실례로 도해되어 있다. 상기 설정 함수(F_S)는 원칙적으로 도 4의 설정 함수(F_{S1})에 상응하지만, 그러나 도 5의 설정 함수(F_S)는 주파수 임계값(f_S)으로부터 최대 주파수 값(f_{max})에까지 맨 먼저 선형으로 0을 상회하는 최소 전력 값(P_{min})으로 감소한다. 그 다음, 상기 최대 주파수(f_{max})에 도달하거나, 또는 그를 초과한 직후에, 전력(P)은 0으로 감소된다. 이처럼 도시된 예시의 경우, 제1 변동 가능성(v_1)으로서, 계속하여 증가하는 주파수(f)와 관련하여 변경, 요컨대 전력의 감소가 시작되는 임계 주파수(f_S)의 변경이 제공된다. 제2 변동 가능성(v_2)으로서는 최대 주파수 값(f_{max})을 변경하는 가능성이 존재한다. 마지막으로 최소 전력(P_{min})도 변경될 수 있으며, 이는 변동 가능성 3(v_3)으로서 실례로 도해되어 있다. 그 외에, 상기 제3 변동 가능성(v_3)을 통해, 설정 함수(F_S)의 선형 감소 영역의 기울기도 변경된다.

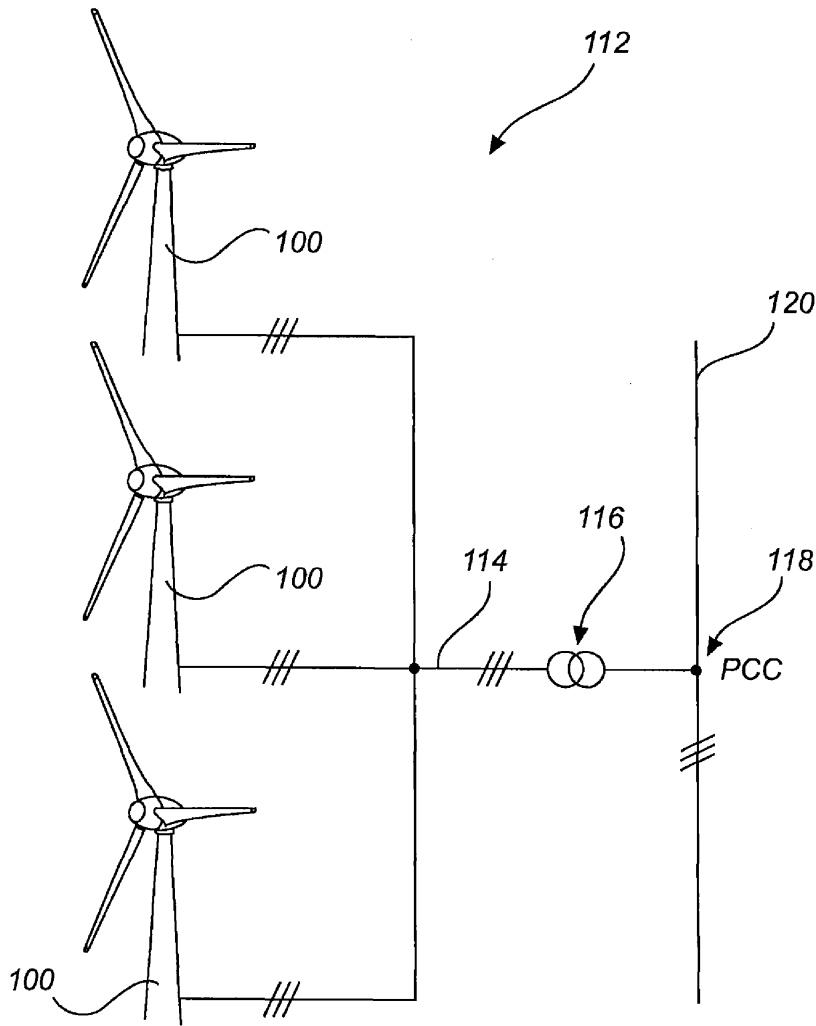
[0051] 도 3 내지 도 5에는, 예시로서 전력 계통 상태로서의 전력 계통 주파수에 따르는 유효 전력 제어의 변경에서, 전력 계통 상태에 따르는 전력 제어의 제안되는 변경이 실례로 도해되어 있다. 그러나 기재되거나, 또는 대응하는 유형 및 방식에서, 동일한 정도로 유효 전력 제어를 변경하는 점, 및/또는 전력 계통 상태로서의 주파수 대신, 그리고 이에 추가로 주파수 변화량 또는 전력 계통 전압이 이용되는 점도 고려된다.

도면

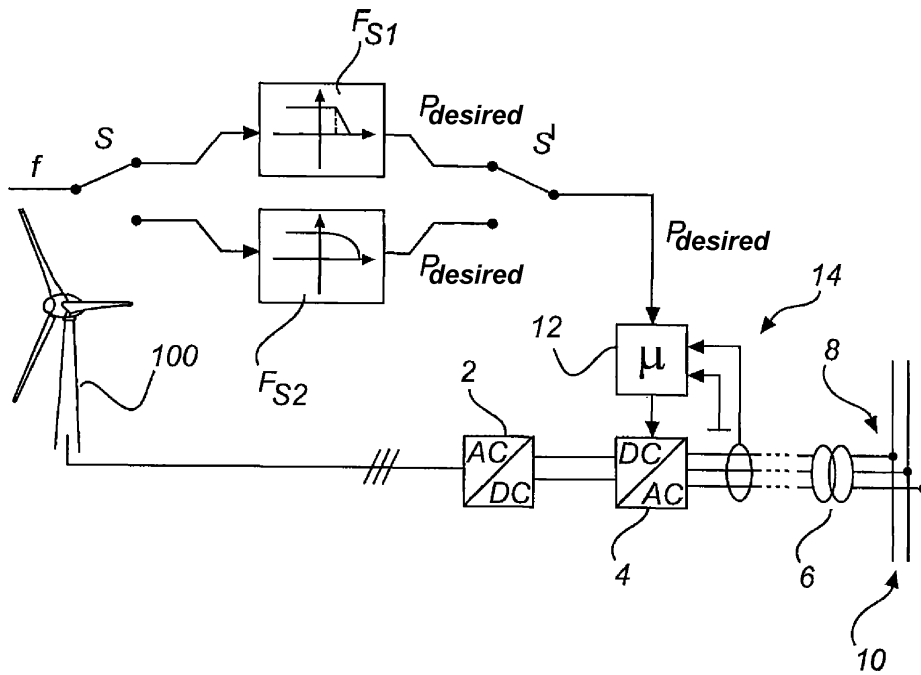
도면1



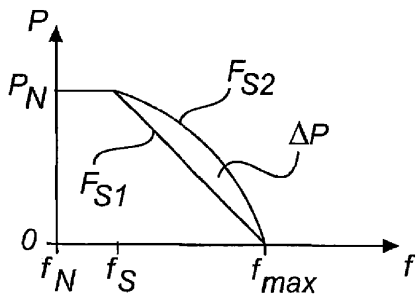
도면2



도면3



도면4



도면5

