



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월05일
 (11) 등록번호 10-1062301
 (24) 등록일자 2011년08월30일

(51) Int. Cl.

G01R 19/02 (2006.01) H01F 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0058635

(22) 출원일자 2009년06월29일

심사청구일자 2009년06월29일

(65) 공개번호 10-2011-0001216

(43) 공개일자 2011년01월06일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090020396 A

JP2004172485 A

JP2006126088 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 어은동 52번지

(72) 발명자

박갑래

대전 유성구 신성동 148-7 303호

추용

대전 서구 만년동 상아아파트 105동 906호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

공인북

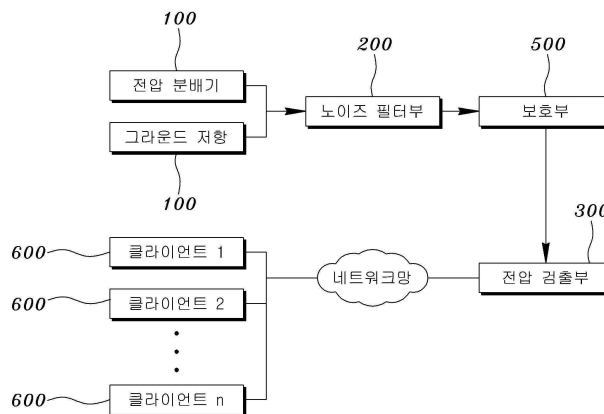
심사관 : 김주식

(54) 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치

(57) 요약

본 발명은 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치에 관한 것으로, 초전도 토카막 장치에 구비되는 초전도 자석의 전압을 측정하기 위한 측정 측정장치에 있어서, 초전도 코일로 전압 공급을 위한 네거티브 전류 버스바와 포지티브 전류 버스바를 연결하는 다수의 측정 저항으로 구성되는 전압 분배기, 상기 전압 분배기에서 유입되는 노이즈 제거를 위한 노이즈 필터부 및 상기 노이즈 필터부를 통과한 전압을 입력받아 전압값을 측정하고, 그에 따른 측정신호를 기록하는 전압 검출부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되는 본 발명은 초전도 자석의 전압을 실시간으로 측정 및 기록하여 토카막 장치 운영에 따른 플라즈마 운전 시나리오에 반영함으로써 안정적인 운전을 달성할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자
김영욱
대전 서구 만년동 상록수아파트 101동 1004호

요네가와 히로후미
대전 유성구 지족동 열매마을 103-901

특허청구의 범위

청구항 1

초전도 토카막 장치에 구비되는 초전도 자석의 전압을 측정하기 위한 측정장치에 있어서,

초전도 코일로 전압 공급을 위한 네거티브 전류 버스바와 포지티브 전류 버스바를 연결하는 다수의 측정 저항으로 구성되는 전압 분배기;

상기 전압 분배기에서 유입되는 노이즈 제거를 위한 노이즈 필터부; 및

상기 노이즈 필터부를 통과한 전압을 입력받아 전압값을 측정하고, 그에 따른 측정신호를 기록하는 전압 검출부;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 전압 분배기는,

4개의 저항이 직렬 연결되고, 그라운드 저항의 센터를 기준으로 포지티브 전류 버스바와 네거티브 전류 버스바에 대하여 전압을 각각 측정하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 전압 검출부는,

퍼스널 컴퓨터 인 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 3항에 있어서, 상기 전압 검출부는,

DAQ(Data Acquisition) 시스템으로 구성되어 SHOT 단위로 측정 및 데이터를 저장하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 초전도 자석 전압 측정장치는,

상기 초전도 토카막 장치의 PF 초전도 자석에 적용되어 PF 초전도 자석의 전압을 측정하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 전압 검출부는,

상기 초전도 토카막 장치의 PF 초전도 자석 1번 내지 7번을 각각 2채널씩 측정하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 전압 검출부의 선단에는 30V 이상의 전압을 클램핑 시킬 수 있는 보호부가 더 구비되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 보호부는,

제너다이오드(Zenor diode)와 바리스터(Varistor)로 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 노이즈 필터부는,

저주파 통과 필터로 수동형 RC 회로로 구성되는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 전압 검출부는,

네트워크망을 통해 연결되어 전압 측정부에서 측정된 초전도 자석의 전압값을 모니터링 하고 제어할 수 있는 다수의 클라이언트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 초전도 토카막 장치에 구성되는 PF(Poloidal Field)코일의 전압을 측정하기 위한 전압 측정장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 세계적으로 에너지 개발에 관심이 부각되면서 향후 대체 에너지를 개발하기 위해 현재 국내에서 개발 중인 핵융합 실험장치인 초전도 토카막 장치(KSTAR : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)는 플라즈마 상태의 중수소를 강한 자기장으로 가두기 위한 토로이달(TF) 코일(TF 초전도 코일)과, 플라즈마를 발생시키고 그 위치와 모양을 제어하기 위한 포로이달(PF) 코일(PF 초전도 코일)들로 구성 및 중심 코일(CS 초전도 코일)로 구성된다.

[0003] 현재까지 개발된 초전도 코일은 지구 자장의 26만 배에 달하는 13테슬라의 자장을 얻을 수 있으며, 이러한 자장은 핵융합 반응에서 요구되는 플라즈마를 만들고 가두기 위해 필요한 것이다. 따라서 초전도 코일의 핵심 기술은 '관내연선도체'(CICC : Cable-in Conduit-Conductor)라고 알려진 각각의 전선을 감아 코일을 형성하여 초전도 코일을 제조함에 있다.

[0004] 관내연선도체(CICC)는 35kA급의 대전류 운전을 위해서 360 또는 486가닥의 선체를 사각형의 금속관으로 둘러싸인 방식의 도체를 사용하여 자석을 제작하는 것으로, 초전도 코일의 운전 시 침입 또는 발생하는 열을 4.5K로 냉각하기 위해 약 5기압의 초임계 헬륨을 관내연선도체로 강제 순환시킨다.

[0005] 도 1은 국내에서 제작되는 초전도 코일을 일례로 나타낸 도면이다. 도시된 바와 같이 초전도 코일(SC Magnet)은 고온의 플라즈마를 진공용기 벽에 닿지 않고 가두기 위한 것으로, 그 주요장치인 토카막장치를 보유하고 있다. 상기 토카막장치는 TF(Toroidal Field) 및 PF(Poloidal Field) 코일을 사용하여 플라즈마의 생성, 구속 및 제어를 담당한다.

[0006] TF(Toroidal Field) 및 PF(Poloidal Field)코일로 구성된 TF 초전도 코일(101)과 CS(Central Solenoid)코일로 구성된 CS 초전도 코일(103)과, PF(Poroidal Field)코일로 구성된 PF 초전도 코일(102) 및 각 초전도 코일을 연결하는 연결구조물로 이루어진다.

[0007] 상기 TF 초전도 코일(101 ; 코일)은 약 35KA의 직류전류로 운전되며, 상기 CS 초전도 코일(103)과 PF 초전도 코

일(102)은 펄스운전을 하여 상호 자장변화에 의한 기전력을 토러스(도우넷) 형상의 진공용기 내부에 발생시켜 플라즈마를 생성하고 플라즈마 전류 및 TF 자장과 함께 플라즈마를 구속시키는 역할을 수행한다.

- [0008] 이러한 초전도 코일은 운전 도중 AC 손실(자기장 변화에 따른 전압의 유도로 발생된 전류에 의해 발생하는 손실 ; 페러데이 법칙, 오옴의 법칙), 선재와 선재사이의 마찰 혹은 선재와 지지물 사이의 마찰 그리고 접촉저항에 의한 주울(Joule)열 발생 등의 연속적인 교란에너지가 존재한다. 이러한 현상으로 인해 초전도성을 잃고 상전도로 변화하는 현상을 켄치(Quench)라 하며, 켄치는 선재의 온도상승을 만들게 되며 자석의 어떤 부분의 초전도성을 파괴시킨다.
- [0009] 만약 초전도성을 잃게 된 영역의 최소전과영역(Minimum propagation zone ; MPZ)보다 크게 되면 상전도 영역에서의 열 발생, 냉매로의 열전달, 그리고 비열과 열전도도에 의한 열 흡수 등의 복잡한 전기적, 열적현상에 의해 상전도 영역은 그 영역을 확장하게 된다.
- [0010] 이러한 과정 동안 켄치 초기 발생점은 가장 긴 시간동안 주울열 발생에 노출되어 있기 때문에 가장 높은 온도상승을 일으킨다. 국부적인 온도상승은 자석에 심각한 영향을 가져다 줄 수 있으며, 온도상승이 어느 정도 범위에 제한되어진다고 할지라도 상전도 영역에서 나타나는 수천 내지 수만 볼트의 과전압은 권선 사이 아크의 원인이 되기도 한다.
- [0011] 이러한 문제점을 해소하기 위한 토카막 장치의 초전도 코일은 켄치 검출 시스템이 필요한데, 초전도 코일의 형태 및 운전 조건 등을 고려하여 능동형 켄치 방식(Active Quench Protection)이 요구된다.
- [0012] 따라서 초전도 토카막 장치의 안정적인 운전을 위해 앞서 설명한 바와 같은 요소들에 의해 발생하는 켄치를 검출하는 장치가 요구되며, 또한, 24시간 가동되는 토카막 장치의 특성상 실시간으로 켄치를 감시할 수 있는 시스템이 요구된다.
- [0013] 이에 따라 본 출원인은 대한민국 특허출원 제2007-00085134호 "초전도 토카막 장치의 켄치 검출장치 및 실시간 켄치 감시시스템"을 출원한 바와 있다. 이것은 전압탭 센서를 통해 발산된 에너지를 검출하는 것으로, 켄치 검출 방식은 운전 도중에 초전도 코일에 설치된 전압탭 센서의 신호를 이용하여 켄치를 판단하며, 켄치가 검출되면 저장된 에너지가 자석이 아닌 외부의 장치에서 빠르게 소비될 수 있도록 적절한 조치를 취해줄 수 있는 기술 개발을 달성하였다.
- [0014] 더불어 초전도 자석의 전압을 측정하여 이를 통해 최적의 플라즈마 운전을 위한 시나리오에 반영하기 위하여 초전도 자석의 전압을 실시간으로 효과적인 측정의 필요성이 대두되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0015] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 초전도 토카막 장치의 초전도 코일에 인가되는 전압을 측정하여 안정적인 운전을 달성하고자 하는데 그 목적이 있다. 이것은 코일의 전압 측정을 통하여 플라즈마 시나리오 반영과 코일의 절연 안정성을 확보시키고자 하는데 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 초전도 토카막 장치에 구비되는 초전도 자석의 전압을 측정하기 위한 측정 측정장치에 있어서, 초전도 코일로 전압 공급을 위한 네거티브 전류 버스바와 포지티브 전류 버스바를 연결하는 다수의 측정 저항으로 구성되는 전압 분배기, 상기 전압 분배기에서 유입되는 노이즈 제거를 위한 노이즈 필터부 및 상기 노이즈 필터부를 통과한 전압을 입력받아 전압값을 측정하고, 그에 따른 측정신호를 기록하는 전압 검출부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 전압 분배기는, 4개의 저항이 직렬 연결되고, 그라운드 저항의 센터를 기준으로 포지티브 전류 버스바와 네거티브 전류 버스바에 대하여 전압을 각각 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 처리수단은, 퍼스널 컴퓨터 인 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 처리수단은, DAQ(Data Aquisition) 시스템으로 구성되어 SHOT 단위로 측정 및 데이터를 저장하는 것을 특징으로 한다.

- [0020] 또한, 상기 초전도 자석 전압 측정장치는, 상기 초전도 토카막 장치의 PF 초전도 자석에 적용되어 PF 초전도 자석의 전압을 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 전압 검출부는, 상기 초전도 토카막 장치의 PF 초전도 자석 1번 내지 7번을 각각 2채널씩 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 상기 전압 검출부의 선단에는 30V 이상의 전압을 클램핑 시킬 수 있는 보호부가 더 구비되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 상기 보호부는, 제너다이오드(Zenor diode)와 바리스터(Varistor)로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 상기 노이즈 필터부는, 저주파 통과 필터로 수동형 RC 회로로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 또한, 상기 전압 측정부는, 네트워크망을 통해 연결되어 전압 측정부에서 측정된 초전도 자석의 전압값을 모니터링 하고 제어할 수 있는 다수의 클라이언트를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

- [0026] 상기와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 플라즈마 발생에 따른 PF 코일의 전압측정과 이를 통한 플라즈마의 발생, 유지, 소멸을 위한 시나리오에 반영함으로써 보다 효과적으로 토카막 장치를 운전할 수 있다.
- [0027] 또한, 고전압 발생 측정 및 이에 따른 초전도 코일의 절연 안정성을 검증할 수 있는 이점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치의 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0029] 도 2는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 개략적인 구성도, 도 3은 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 전류 인가를 위한 회로도, 도 4는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 측정전압 신호 처리를 위한 시스템 구성도이다.
- [0030] 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 초전도 자석 전압 측정장치는, 초전도 토카막 장치에 구비되는 초전도 자석의 전압을 측정하기 위한 측정 측정장치에 있어서, 초전도 코일로 전압 공급을 위한 네거티브 전류 버스바와 포지티브 전류 버스바를 연결하는 다수의 측정 저항으로 구성되는 전압 분배기, 상기 전압 분배기에서 유입되는 노이즈 제거를 위한 노이즈 필터부 및 상기 노이즈 필터부를 통과한 전압을 입력받아 전압값을 측정하고, 그에 따른 측정신호를 기록하는 전압 검출부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 전압 분배기(Voltage Divider ; 100)는 초전도 자석(400)으로 전류를 공급하는 MPS(Magnet Power Supply)에 연결되는 전류 버스바(Busbar)를 통해 전압을 측정하기 위하여 다수의 저항으로 구성되는 것으로, 포지티브(Positive)전류 버스바와 네거티브(Negative)전류 버스바를 연결하여 각각의 전압을 측정하게 된다. 따라서 하나의 초전도 자석에 대해 2채널의 측정이 이루어진다.
- [0032] 본 발명에 따른 초전도 자석의 전압 측정장치는, 바람직하게 PF(Poloidal Field) 초전도 자석의 전압을 측정하기 위한 것이다.
- [0033] 상기 전압 분배기는 포지티브(Positive) 전류 버스바와 네거티브(Negative) 전류 버스바에 각각 2개의 저항이 직렬로 연결되어 구성되고, 2개의 그라운드 저항(110)의 Center Tap을 기준으로 포지티브 전류 버스바와 네거티브 전류 버스바의 전압을 측정하게 된다.
- [0034] 본 발명에 따른 일실시예로 상기 전압 분배기(100)는 전압분배율을 1/500으로 하며, 이에 따른 저항은 499kΩ과 1kΩ으로 구성되어지며, 상기 그라운드 저항은 1kΩ의 저항 2개가 직렬 구성되어 있다. 이것은 일실시예에 불과할 뿐 MPS 운전 조건이나 측정 조건에 따라 달리 구성할 수 있는 것은 물론이다.
- [0035] 각 채널의 전압은 1/500의 전압분배기를 통해 측정되기 때문에 각 버스바에 걸리는 그라운드 대비 전압을 5kV까지 측정할 수 있다. 즉 코일 양단 전압을 10kV까지 측정이 가능하다.

[0036] 여기서, 상기 전압 분배기(100)를 통해 유입되는 전압의 노이즈를 제거하기 위한 노이즈 필터부(200)가 연결된다. 상기 노이즈 필터부는 일실시예로 공지된 저주파 통과 필터로 수동형 RC 회로로 구성되어지며, 이 외에도 당업자로 용이하게 변경할 수 있다.

[0037] 전압 검출부(300)는 상기 노이즈 필터부를 통해 노이즈가 최소화된 전압을 입력받아 각 초전도 자석의 전압을 측정한다. 상기 전압 검출부는 바람직하게는 퍼스널 컴퓨터가 사용되며, 측정신호는 일예로 NI-PCI-6545(16bit A/D)모듈을 통해 처리된다. 이때 전압 검출부에 구성되는 신호 처리 소프트웨어는 DAQ(Data Acquisition)가 내장된 컴퓨터를 사용하며, SHOT 단위로 측정 신호의 측정 및 데이터를 저장하기 위하여 타이밍 기능이 구비된다. SHOT 단위란 PF 코일의 구동(SHOT)되기 전, 구동이 완료된 이후, 중앙제어계에서 제공되는 신호로써 이 신호를 이용하여 데이터의 저장이 되어지는 것이다.

[0038] 아래 표는 PF 초전도 자석의 전압 측정을 위한 DAQ 채널 정보를 나타내고 있다.

[0039]

Channel	Description	Channel	Description
0	PF1U	8	PF1L
1	PF2U	9	PF2L
2	PF3U	10	PF3L
3	PF4U	11	PF4L
4	PF5U	12	PF5L
5	PF6U	13	PF6L
6	PF7U	14	PF7L
7	N/A	15	N/A

[0040] 상기 전압 검출부(300)는 0채널에서 15채널까지 구비되며, PF 1번 초전도 자석의 upper 코일과 low 코일에 대하여 0채널과 8번 채널에서 네거티브 버스바와 포지티브 버스바 전압을 각각 측정함을 의미한다. 이러한 구현으로 PF 초전도 자석 1번 내지 7번에 대하여 각각 2채널에 해당하는 전압을 측정하게 된다.

[0041] 또한, 상기 전압 검출부로 측정전압을 제공하여 측정하기 전에 전압 검출부 선단으로는 전압 검출부로 유입되는 서지전압(surge voltage)을 차단하기 위한 보호부(500)가 구비된다. 상기 보호부는 고전압의 측정 전압으로부터 상기 전압 검출부를 보호하기 위한 것으로, 이것은 각 채널당 제너다이오드(Zenor diode)와 바리스터(Varistor)로 구성되어 30V 이상의 전압을 Clamping 시킬 수 있다.

[0042] 한편, 상기 전압 검출부는 네트워크망을 통해 다수의 클라이언트와 연결된다. 여기서 네트워크망은 인터넷망이 일반적일 수 있으며, 특정지역내의 통신망 등을 통해 전압 검출부(컴퓨터)와 클라이언트(600 ; 컴퓨터)를 통해 연결되어 관리자들이 실시간으로 전압 측정값을 모니터링 하거나, 이를 토대로 MPS 제어 등 전압 측정값에 따른 초전도 토카막 장치 운전을 제어할 수 있다.

[0043] 이와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 PF 초전도 자석의 전압을 실시간으로 모니터링함으로써 플라즈마 발생을 위한 효과적인 운전을 달성할 수 있고, 초전도 코일의 절연 안정성을 확보할 수 있다.

[0044] 이상, 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다.

[0045] 오히려, 첨부된 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 초전도 토카막 장치에 구성되는 초전도 자석 구조물의 절개도,

[0047] 도 2는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 개략적인 구성도,

[0048] 도 3은 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 전류 인가를 위한 회로도,

[0049] 도 4는 본 발명에 따른 초전도 토카막 장치의 측정전압 신호 처리를 위한 시스템 구성도.

[0050] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

[0051] 100 : 전압 분배기

[0052] 110 : 그라운드 저항

[0053] 200 : 노이즈 필터부

[0054] 300 : 전압 검출부

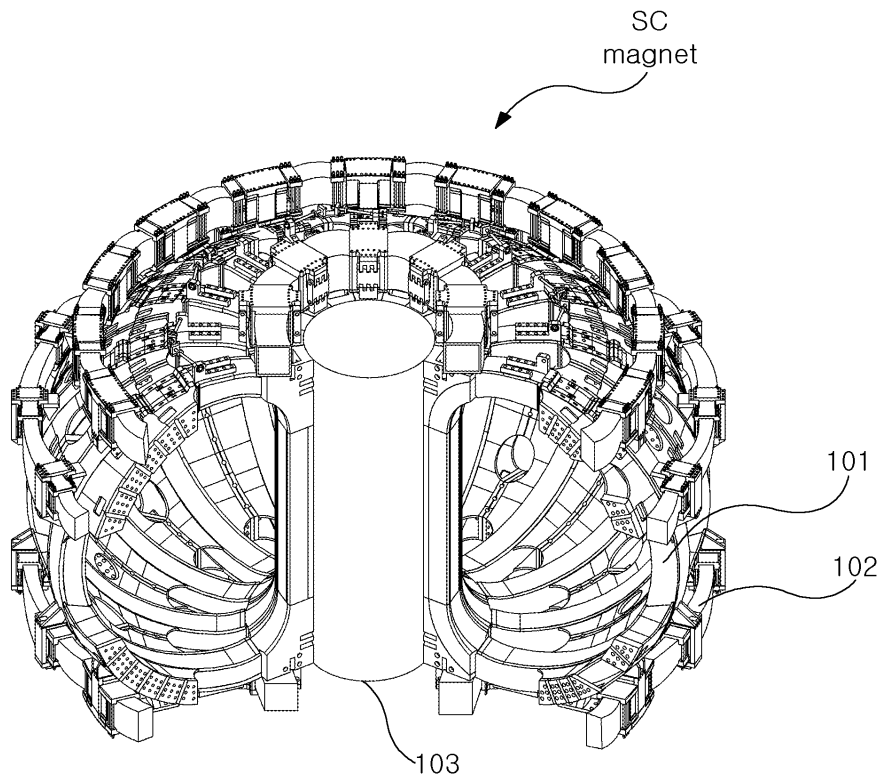
[0055] 400 : PF 초전도 자석

[0056] 500 : 보호부

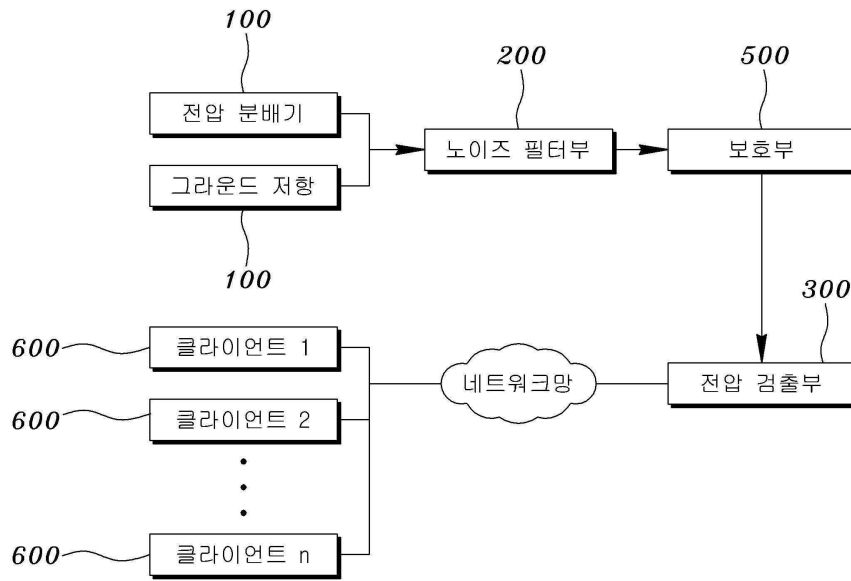
[0057] 600 : 클라이언트

도면

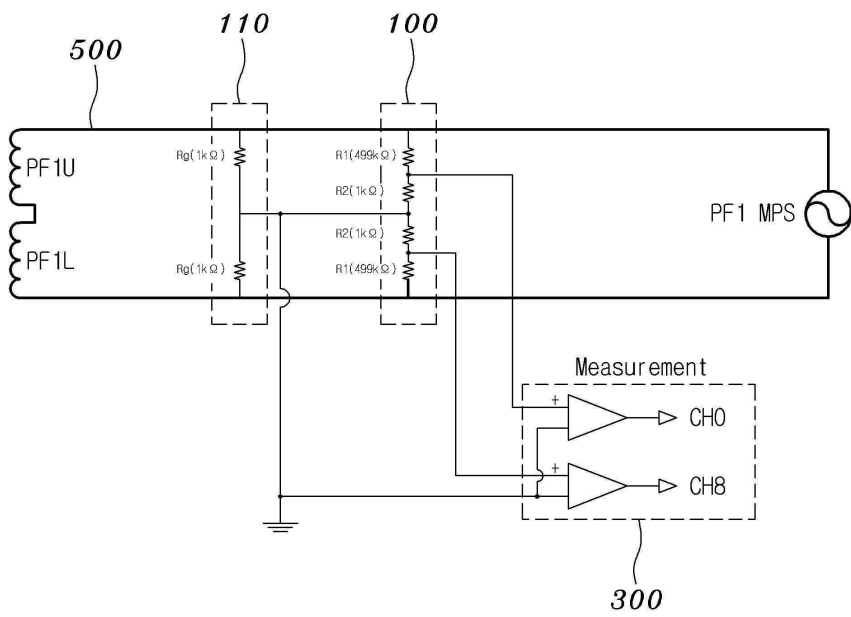
도면1



도면2



도면3



도면4

