



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0107822
(43) 공개일자 2007년11월08일

(51) Int. Cl.

H02H 9/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0040270

(22) 출원일자 2006년05월04일

심사청구일자 2006년05월04일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 서석동 375, 조선대학교 산학기
획팀

(72) 발명자

최효상

광주 동구 지산동 283, 제207호

박형민

광주 북구 일곡동 진로아파트 101-602

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박태우

전체 청구항 수 : 총 2 항

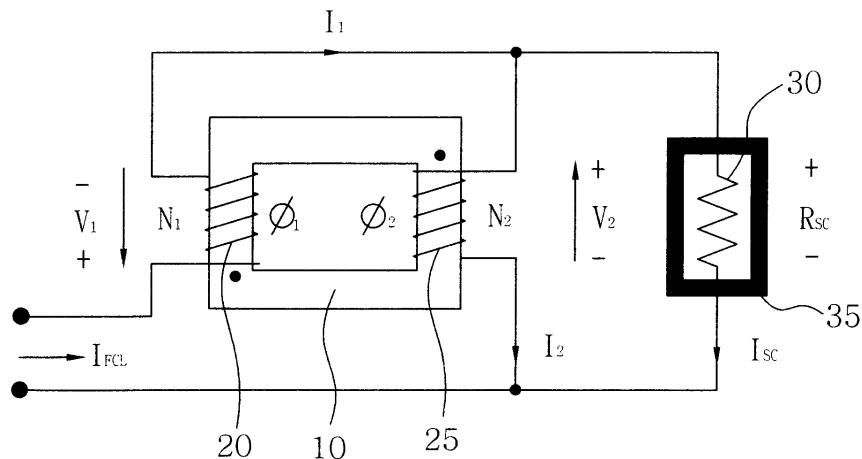
(54) 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기

(57) 요약

본 발명은 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 자속구속형 초전도 전류제한기의 2차측 코일의 리액터를 직렬로 결선하고, 초전도 소자를 병렬로 결선하여 소자부담을 절감하고, 사고발생시 쇄교자속을 최대 활용하여 사고전류에 대한 빠른 동작 및 회복시간과 환경 친화적이며 수명이 반영구적인 자속구속형 초전도 전류제한기에 관한 것이다.

본 발명은 송전단과 수신단 사이의 주전력 선로 일부로 사용되어 지며, 사고발생 시에는 전류를 제한하는 켄치특성 개선용 자속구속형 고온초전도 전류제한기에 있어서, 강자성체 철심(10)에 코일1(20)과 코일2(25)를 각각 권선하여 선로에 직렬 연결하고, 초전도소자(30)는 코일2(25)에 병렬 연결하여 구성하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

조용선

광주 북구 운암동 일신아파트 102-703

남궁현

광주 서구 금호동 남양아파트 104-603

이나영

광주 서구 화정3동 우미아파트 101-402

한태희

전북 전주시 완산구 효자동3가 서곡주공아파트
103-1802

임성훈

전북 전주시 완산구 평화동1가 코오롱아파트
12-603

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R-2004-0-032

부처명 산업자원부

연구사업명 전력산업연구개발사업

연구과제명 10KVA급 자속구속형 사고선류제한기 및 계통적용기술개발

주관기관 조선대학교

연구기간 2004년 04월 01일 ~ 2007년 03월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

송전단과 수전단 사이의 주전력 선로 일부로 사용되어 지며, 사고발생 시에는 전류를 제한하는 켄치특성 개선용 자속구속형 고온초전도 전류제한기에 있어서,

강자성체 철심(10)에 코일1(20)과 코일2(25)를 각각 권선하여 선로에 직렬 연결하고, 초전도소자(30)는 코일 2(25)에 병렬 연결하여 구성하는 것을 특징으로 하는 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 코일1(20)의 턴수와 코일2(25)의 턴수를 가극결선한 것을 특징으로 하는 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <11> 본 발명은 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 자속구속형 초전도 전류제한기의 2차측 코일의 리액터를 직렬로 결선하고, 초전도 소자를 병렬로 결선하여 소자부담을 절감하고, 사고발생시 쇄교자속을 최대 활용하여 사고전류에 대한 빠른 동작 및 회복시간과 환경 친화적이며 수명이 반영구적인 자속구속형 초전도 전류제한기에 관한 것이다.
- <12> 초전도 전류제한기는 정상 운전시에는 전기저항이 없다가 사고가 발생하는 즉시 고저항 상태로 되는 켄치(quench)특성을 이용하는 것으로, 부가적인 제어장치나 감지장치 없이 사고전류를 고속 차단할 수 있을 뿐만 아니라, 사고제거 후 자동 복귀되는 특징 때문에 초전도체를 이용한 다양한 종류의 전류제한기가 개발되어 왔다.
- <13> 상기 전류제한기로는 저항형이 있는데, 이러한 저항형 전류제한기는 구조가 간단하며 고속차단이 가능할 뿐만 아니라 소형화에 유리한 반면 직접 도통된다는 점 때문에 파손우려가 있다. 그리고, 차폐유도형은 직접적인 사고전류가 흐르지 않아 파손의 우려가 적으나 튜브 또는 링 형태이기 때문에 제작기술과 철심사용에 따른 부피증가 및 철손발생이 실계통적용에 불리하다. 또한, 브리지형은 전력용 다이오드를 이용하여 초전도 코일의 인덕턴스에 의해 사고전류를 제한하는 형태로 초전도 소자의 켄치가 발생되지 않아 반복동작에 따른 성능저하가 없는 반면 전력소자의 손실발생 및 초전도 코일 제작에 따른 비용 및 이로 인한 부피증가가 발생하는 문제점이 있다.
- <14> 한편, 자속구속형은 초전도 특성의 전기저항 제로(zero)를 이용한 켄치형으로 직접적인 사고전류가 초전도체에 흘러 임계 전류값 초과로 인한 켄치발생을 유도하여 사고전류를 제한한다는 점에서 저항형과 유사하나, 기존의 저항형과 차폐유도형의 문제점을 극복할 수 있는 특징을 가지고 있다. 상기와 같은 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기는 송전단과 수전단 사이의 주전력 선로 일부로 사용되어지며, 사고발생 시에는 전류제한소자로서 역할을 하게 된다.
- <15> 상기 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기는 도 6에 도시된 바와 같이, 강자성체 철심(M34)에 코일3(L3)과 코일4(L4)가 각각 N3, N4번 권선되어 선로에 병렬 연결되고, 초전도소자(Rsc)는 코일4(L4)에 직렬 연결되어 구성된다. 이때 상기 초전도소자(Rsc)는 임계온도 특성을 고려해 액체질소가 담겨진 냉각기 내부에 존재한다.
- <16> 상기 자속구속형 초전도 전류제한기의 동작특성은 병렬로 연결된 코일3(L3)과 코일4(L4)의 결선방향에 따라 가극성과 감극성으로 나누어지는데, 코일3(L3)과 코일4(L4)에 유도되는 전압을 V3과 V4라 하면 각 코일에 전압은 아래와 같다.

$$V_3 = N_3 \frac{d\phi_3}{dt}$$

<17>

$$V_4 = \pm N_4 \frac{d\phi_4}{dt}$$

<18>

<19>

상기 자속구속형 초전도 전류제한기는 평상시에는 초전도소자(Rsc)의 양단전압은 '0'이므로, 코일3(N3)과 코일4(N4)의 양단전압은 다음과 같이 표현된다.

$$(N_3 \pm N_4) \frac{d\phi}{dt} = 0$$

<20>

<21>

상기 식에서 $N_3 \pm N_4 \neq 0$ 이라면, $d\phi/dt=0$ 은 항상 성립한다. 즉, 각 코일에 쇄교하는 자속은 시간적 변화가 없이 구속되어 동작되고, 따라서 평상시 각 코일에서는 전압이 유기되지 않고 항상 0V를 유지한다. 그러나, 사고가 발생하여 임계전류를 초과하는 사고전류가 초전도소자(Rsc)에 흐르게 되면, 초전도소자(Rsc)는 켄치되어 소자저항이 급격히 상승하게 되고, 이러한 소자저항으로 인해 코일3(N3)과 코일4(N4)의 쇄교자속은 시간적인 변화가 생겨 이로 인해 코일 양단 전압이 유기되고, 또한 사고전류를 급격히 제한하게 된다.

<22>

그러나, 상기 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기는 2차측 코일과 초전도 소자가 직렬로 연결되어 있어 사고시 사고전류가 직접 소자에 도통되기 때문에 초전도소자에 부담이 되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<23>

본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 종래의 자속구속형 전류제한기 1차측과 2차측 코일을 병렬로 결선한 구조에서 1차측과 2차측 코일의 리액터를 직렬로 가극 결선하여 사고 후 철심코어에서 발생하는 쇄교자속을 보다 증가 할 수 있도록 하고, 또한 2차측 코일과 초전도소자를 병렬로 결선하여 사고 발생시 급격히 증가하는 통전전류를 2차측 코일과 초전도소자로 전류를 분담하도록 하여 초전도소자부담을 줄이도록 하고, 켄치시간에서 기존의 초전도 전류제한기보다 신속하게 동작하여 사고전류 제한에 더욱 유리하게 작용함으로써 더욱 효과적으로 선로를 보호할 수 있는 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기를 제공하는 것이다.

<24>

본 발명은 송전단과 수전단 사이의 주전력 선로 일부로 사용되어 지며, 사고발생 시에는 전류를 제한하는 켄치특성 개선용 자속구속형 고온초전도 전류제한기에 있어서, 강자성체 철심(10)에 코일1(20)과 코일2(25)를 각각 권선하여 선로에 직렬 연결하고, 초전도소자(30)는 코일2(25)에 병렬 연결하여 구성하는 것을 특징으로 한다.

<25>

이때, 상기 코일1(20)의 턴수와 코일2(25)의 턴수를 가극결선한 것이 바람직하다.

발명의 구성 및 작용

<26>

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기를 상세히 설명한다.

<27>

도 1은 본 발명에 따른 자속구속형 초전도 전류제한기의 등가회로도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 의한 자속구속 리액터이며, 도 3은 본 발명에 따른 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기를 실험하기 위한 회로구성도이고, 도 4는 본 발명에 따른 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 가극결선시 전압전류 파형도이다.

<28>

본 발명의 바람직한 실시 예에 의한 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기는 상기 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 종래와 동일하게 송전단과 수전단 사이의 주전력 선로 일부로 사용되어 지며, 사고발생 시에는 전류제한소자로서 역할을 하게 된다.

<29>

본 발명의 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기는 도 1에 도시된 바와 같이, 강자성체 철심(10)에 코일1(20)과 코일2(25)가 각각 N1, N2회 권선되어 선로에 직렬 연결되고, 초전도소자(30)는 코일2(25)에 병렬 연결되어 구성된다.

- <30> 이때 상기 초전도소자(30)는 초전도 상태를 유지하기 위해서 액체질소가 담긴 저온용기(35; Cryostat, or cryocooler)에 삽입하여, 액체질소의 기화를 최대한 막아 장시간 보관할 수 있도록 한다.
- <31> 상기 강자성체 철심(10)과, 두 개의 코일은 도 2에 도시된 바와 같이, 자속구속 리액터의 구조이며, 평상시에는 두 코일(20, 25)에서 발생하는 자속간의 결함을 최대로 하여 상쇄가 일어나도록 하기 위해 적층된 구조로 두 개의 코일을 결선하였으며, 사고발생 후에 두 코일에 균일하게 흐르는 점을 고려하여 코일1(20)의 턴수를 적절히 조절한다. 한편, 코일2(25)는 중간에 여러개의 탭을 내어 코일2(25)의 턴수를 2개로 변화시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- <32> 본 발명의 원리를 확인하기 위한 실험에서는 다음 표 1과 같은 강자성체 철심(10)을 사용하였다.

표 1

철심코어(규소강판)	크기	단위
외측 수평길이(l_{OX})	235	mm
외측 수직길이(l_{OY})	250	mm
내측 수평길이(l_{IX})	137	mm
내측 수직길이(l_{IY})	155	mm
두께(d)	66	mm
코일1, 코일2	값	단위
코일1의 자기인덕턴스(턴수)	23.2(63)	mH(Turns)
코일2의 자기인덕턴스(턴수)	1.27(21), 8.2(42)	mH(Turns)

- <34> 상기 도 1 및 도 3은 본 발명의 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 켄치(quench)특성을 분석하기 위한 회로도로서, 자속구속형 전류제한기의 선로전류는 I_{FCL} , 1차측 전류는 I_1 , 2차측 전류는 $I_2(=I_{sc})$ 이며, 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 1차측 전류와 동일하며, 2차측 전류 I_2 와 소자로 흐르는 전류 I_{sc} 로 구조적인 조건하에서 나타내었다. 또한, 시스템의 정격전압(V_o)과, 표준저항(R_o)은 회로에 흐르는 전류를 측정하기 위하여 1Ω , 부하저항(R_L)은 50Ω 을 사용하였다. 또한, 전원전압을 인가하기 위한 전원스위치(SW_1)와, 사고를 발생시키기 위한 사고스위치(SW_2)를 구성하고, 사고를 모의하기 위해서 전원스위치(SW_1)를 닫은 후 사고스위치(SW_2)를 이용하여 과도전류를 발생시킨다.
- <35> 상기 도 1과 같이, 코일1(20)과 코일2(25)의 리액터를 직렬로 가극결선하여 사고 후 강자성체 철심(10)에서 발생하는 쇄교자속을 보다 증가할 수 있도록 하고, 코일2(25)와 초전도소자(30)를 병렬로 결선하여 사고 발생시 급격히 증가하는 통전전류를 코일2(25)와 초전도소자(30)로 전류분담하여 소자부담을 줄인다.
- <36> 이때 코일1(20)과 코일2(25)에 유도되는 전압을 V_1 과 V_2 라하면 각 코일의 전압은 다음과 같다.

수학식 1

$$V_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt}$$

수학식 2

$$V_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{dt}$$

- <39> 동작원리는 평상시 동작과 사고시의 동작으로 분류할 수 있는데, 평상시에는 초전도소자(30) 양단전압은 '0'이므로 코일1(20)과 코일2(25)의 양단 전압은 같게 되어 다음 수학식 3과 같이 표현된다.

수학식 3

$$(N_1 \mp N_2) \frac{d\phi}{dt} = 0$$

<40>

<41> 위 수학식 3에서 $N_1 \mp N_2 \neq 0$ 이라면, $\frac{d\phi}{dt} = 0$ 은 항상 성립한다. 또한 도 1과 같이 결선하는 경우에 전류는 180° 위상차가 발생하며 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

수학식 4

$$I_1 = I_2 + I_{SC}$$

<42>

수학식 5

$$V_0 = V_1 + V_{SC}$$

<43>

<44> 소자에 흐르는 전류를 I_{SC} 라 할 때 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

수학식 6

$$I_{SC} = \frac{j\omega L_2 + j\omega M_{12}}{R_{SC} + j\omega L_2} I_1$$

<45>

수학식 7

$$I_2 = \frac{R_{SC} - j\omega M_{12}}{R_{SC} + j\omega L_2} I_1$$

<46>

수학식 8

$$Z_{FCL} = \frac{j\omega R_{SC}(L_1 + L_2) + j2\omega M_{12}R_{SC}}{R_{SC} + j\omega L_2}$$

<47>

<48> 도 5와 같이, 종래의 자속구속형 전류제한기에서 턴수가 증가할수록 초기에 제한되는 선로전류 I_{FCL} 의 크기가 21턴에서는 25.24A, 42턴에서는 23.78A로 점차 감소하였으나, 이러한 동작특성과 반대로 본 발명에 의한 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기는 각각 8.91A와 18.37A로 2차측 턴수가 적을수록 사고발생시 선로전류인 1차측 전류 I_1 의 크기가 감소하였다.

<49> 즉, 본 발명에 의한 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 초기 제한되는 선로전류가 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기보다 감소되었음을 도 4의 (A), (B)-(b)전류파형에서 확인할 수 있었다. 또한 본 발명의 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 켄치 발생시간은 2차측이 21턴인 경우 0.22ms, 42턴은

0.82ms로 턴수가 적을수록 빨라졌으며, 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기보다 켄치시간과 발생시간에서 신속한 동작으로 선로보호측면에서 신뢰성과 안정성에서 보다 효과적임을 확인할 수 있다.

<50> 한편, 도 4에서 2차측과 소자에 걸리는 전압이 2차측 코일의 턴수가 증가함에 따라 코일 1과 코일 2의 전압분담으로 두 코일에 인가되는 전압이 거의 비슷하게 유도되었고 또한, 전압과 전류파형이 21턴보다 42턴일 때가 거의 유사하게 됨에 따라 턴수의 증가는 사고시 전류제한기의 전류제한동작에 의한 선로영향이 적다는 장점이 있다.

<51> 따라서, 본 발명은 자속구속형 초전도 전류제한기의 최대장점인 인덕턴스 조절에 따른 사고전류제한으로 전력계통내 활용도측면에서 보다 효율성을 꾀할 수 있으며, 보다 포괄적인 탄력적 운용으로 적용계통에서 요구하는 사양에 적절하게 대응할 수 있는 장점이 있다.

발명의 효과

<52> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기는 인덕턴스 조절에 따른 사고전류를 제한하고, 초전도소자를 병렬로 연결하여 소자부담을 줄이는 효과가 있다.

<53> 또한, 전압과 전류파형이 21턴보다 42턴일 때가 거의 유사하게 됨에 따라 턴수의 증가는 코일 1과 코일 2의 전압분담으로 두 코일에 인가되는 전압이 거의 비슷하게 유도되었다. 이것은 리액터의 내구성이 기존의 자속구속형보다 더 향상되고, 사고시 초전도소자의 전류제한동작에 의한 선로영향이 적다는 장점이 있다.

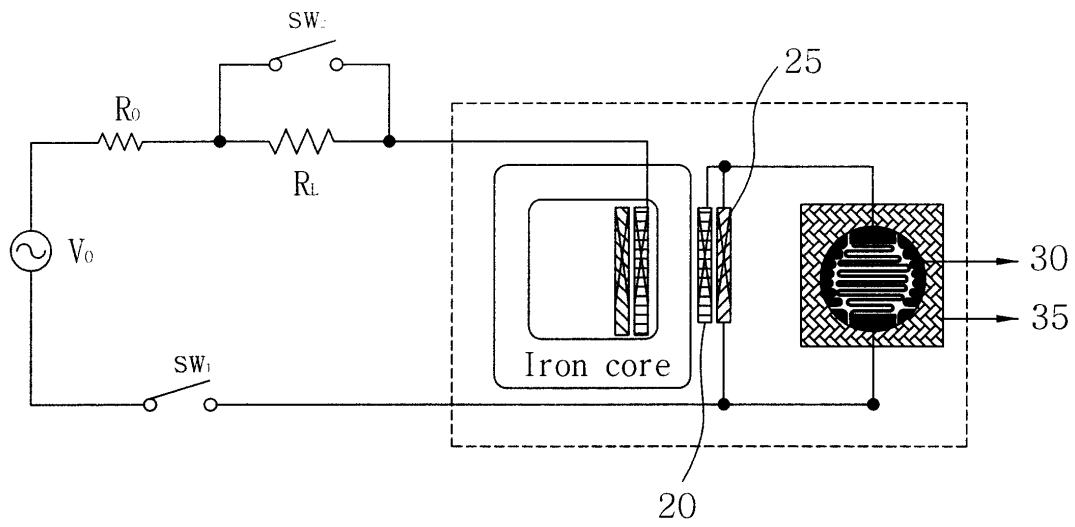
<54> 한편, 가극결선시 R_{sc} 가 0에 가깝고, 코일 1과 코일 2의 인덕턴스 비가 1에 가까울수록 I_{sc}/I_1 의 크기는 무한대의 값으로 나타난다. 이것은 분모항인 I_1 이 0이 되기 때문이다. 결국 I_{sc}/I_1 의 크기가 무한대의 값으로 나타난다는 것은 선로전류(I_{FCL})의 크기에 비해 고온초전도소자에 흐르는 전류 (I_{sc})가 상대적으로 매우 큰 값이 될 수 있음을 나타낸다.

<55> 또한 켄치시간에서 기존의 초전도 전류제한기는 0.86ms보다 빠른 0.66ms로 보다 신속하게 동작하여 사고 발생 후 급증하는 사고전류를 그 만큼 빨리 제한하여, 선로를 효과적으로 보호하는 효과가 있다.

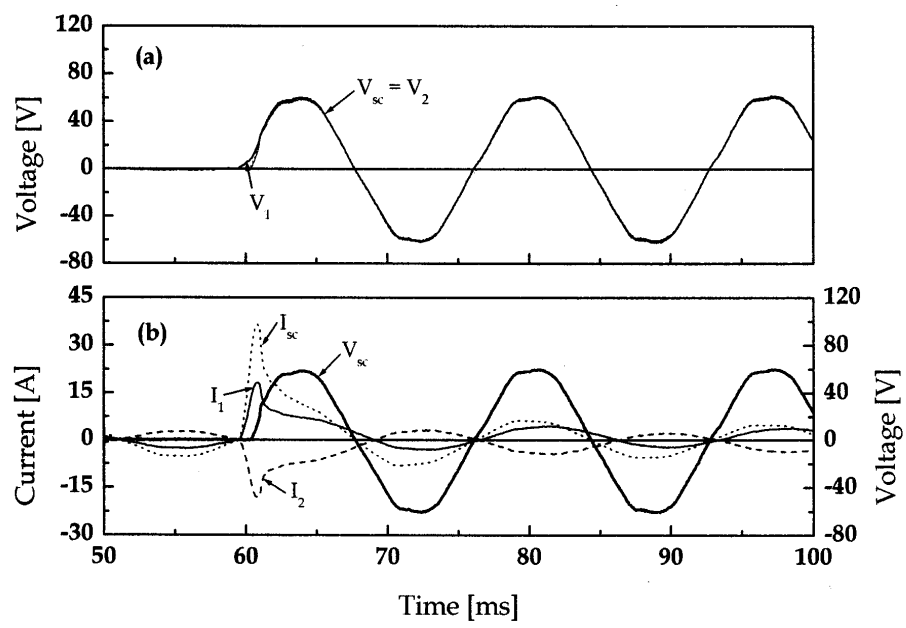
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명에 따른 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기의 등가회로도,
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 자속구속 리액터,
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 켄치특성 개선용 자속구속형 초전도 전류제한기를 실험하기 위한 회로구성도,
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 자속구속형 초전도 전류제한기의 가극결선시 전압전류파형도,
- <5> 도 5는 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기의 등가회로도,
- <6> 도 6은 종래의 자속구속형 초전도 전류제한기의 가극결선시 전류전압파형도.
- <7> < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >
- <8> 10: 강자성체 철심 20: 코일1
- <9> 25: 코일2 30: 초전도소자
- <10> 35: 냉각용기(CRYOSTAT OR CRYOCOOLER)

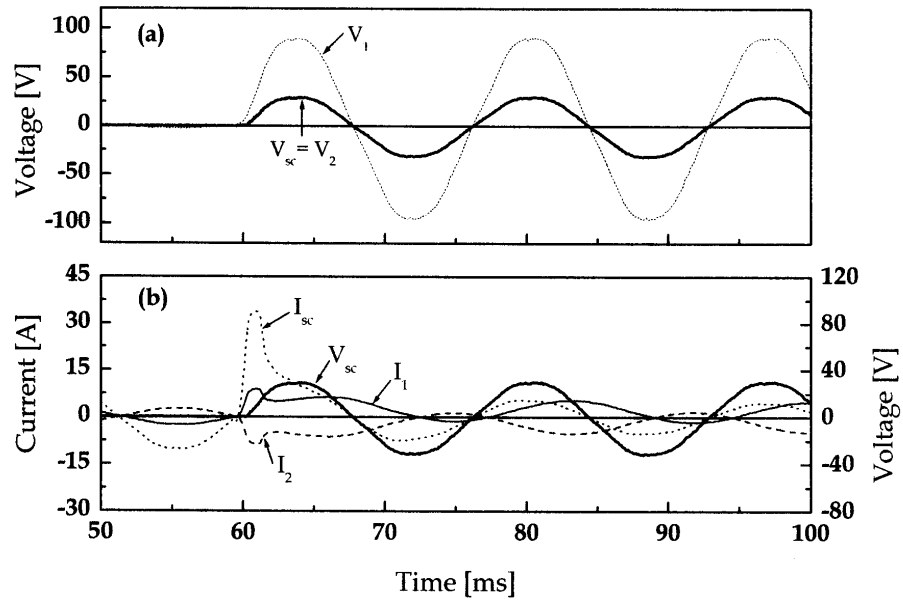
도면3



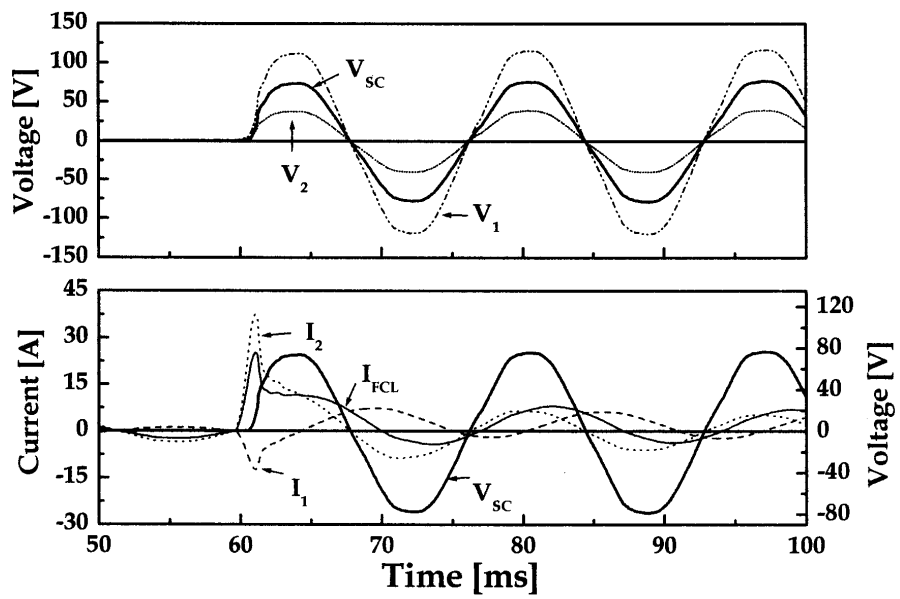
도면4a



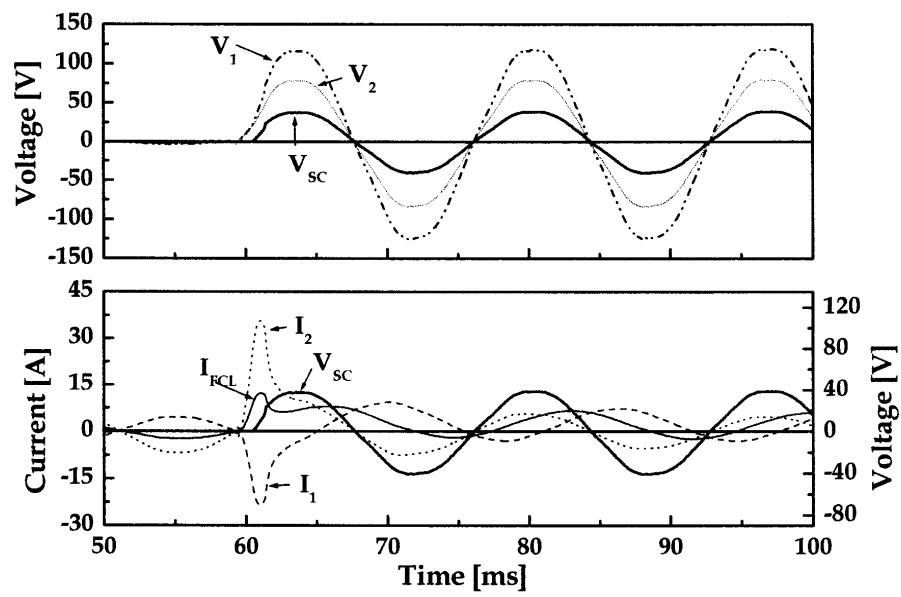
도면4b



도면5a



도면5b



도면6

