(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0106246
(43) 공개일자 2007년11월01일

(51) Int. Cl.
G01R 31/02(2006.01) *H01B 12/00*(2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0038894
(22) 출원일자 2006년04월28일
심사청구일자 2006년04월28일

(71) 출원인
박민원
경상남도 김해시 장유면 관동리 448-9 팔판마을6단지 푸르지오아파트 603-1202
창원대학교 산학협력단
경남 창원시 사림동 9 창원대학교내
(72) 발명자
박민원
경상남도 김해시 장유면 관동리 448-9 팔판마을6단지 푸르지오아파트 603-1202
유인근
경남 창원시 대방동 332-10번지
방종현
경남 창원시 사림동 12-9번지
(74) 대리인
최영규, 장순부

전체 청구항 수 : 총 2 항

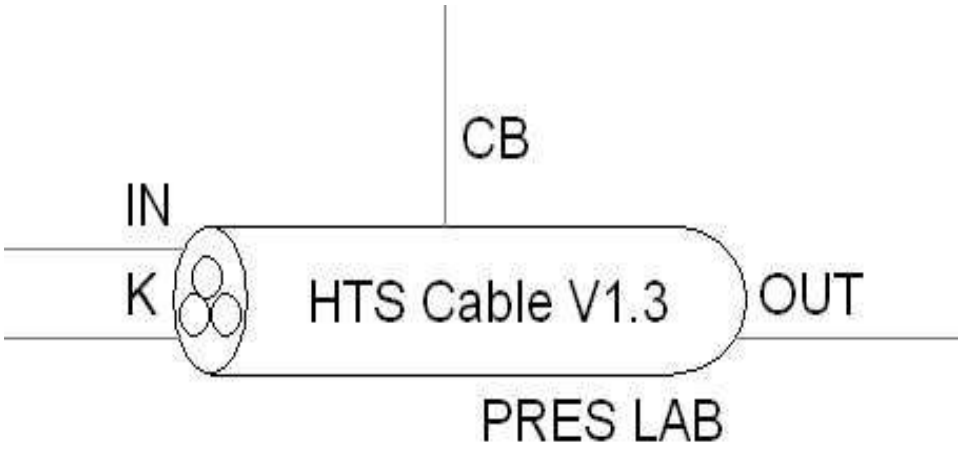
(54) PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트

(57) 요 약

본 발명은 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트에 관한 것으로, 초전도 케이블과 연결하여 케이블에 흐르는 전류 및 케이블의 온도, 차단장치 작동여부를 입력받아 그에 따라 각기 대응되는 출력식에 의해 출력됨으로써 초전도 전력케이블의 문제점의 제시 및 해결할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초전도 전력케이블을 적용한 선로의 시뮬레이션을 하기 위하여, 계통에서 초전도 전력케이블로의 인입전류와 초전도 전력케이블의 온도와 선로 차단기의 입력신호를 받는 입력부와, 상기 입력신호에 따라 출력신호를 보내는 출력부를 포함하고, 상기 입력부로 입력되는 초전도 케이블에 흐르는 전류값과 온도값, 차단기의 동작상태에 따라 계통에 사고가 발생하지 않을 시에는 초전도체의 특성에 맞게 저항이 거의 0의 값으로 동작하도록 하고, 사고가 발생했을 시(지락·단락사고, 냉동기 고장등에 의한 온도 상승 등)에는 초전도 전력케이블의 출력식에 의해 동작하도록 하는 것을 특징으로 하는 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트에 관한 것을 그 기술적 요지로 한다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

초전도 전력케이블을 적용한 선로의 시뮬레이션 방법에 있어서,

계통에서 초전도 전력케이블로의 인입 전류 및 초전도 전력케이블의 온도와 선로 차단기의 입력신호를 받는 입력부와, 상기 입력부에 의해 입력된 입력신호에 따른 출력신호를 보내는 출력부를 포함하고,

상기 입력부로 입력되는 초전도 케이블에 흐르는 전류 값과 온도 값, 차단기의 동작상태에 따라 계통에 사고가 발생하지 않을 시에는 초전도체의 특성에 맞게 저항이 거의 0의 값으로 동작하도록 하고, 사고가 발생했을 시(지락·단락사고, 냉동기 고장등에 의한 온도 상승 등)에는 초전도 전력케이블의 출력식에 의해 동작하도록 하는 것을 특징으로 하는 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

초전도 전력케이블의 출력 식은 인입 전류 및 온도가 정상일 경우와 차단기가 동작하였을 경우의 저항값은 0을 나타내며, 퀀치가 발생했을 경우 초전도 케이블로의 인입 전류와 온도에 따라 결정되는 저항값에 따라 모의 사고에 대한 해석을 할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<17> 본 발명은 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트에 관한 것으로, 초전도 케이블과 연결하여 케이블에 흐르는 전류 및 케이블의 온도, 차단장치 작동 여부를 입력받아 그에 따라 각기 대응되는 출력식에 의해 출력됨으로써 초전도 전력케이블의 문제점의 제시 및 해결할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.

<18> 초전도 전력케이블은 기존의 전력케이블과 비교할 때 단위면적당 송전용량을 3배 또는 4배 증가시킬 수 있으며 이로 인해 전력케이블의 소형화 및 대용량화가 가능하다. 또한, 전기저항에 의한 손실이 거의 없어 송전비용 절감효과도 가져올 수 있다.

<19> 이러한 초전도 전력케이블의 개발이 최근 국내외적으로 활발히 추진되고 있으며, 이에 실용화를 위한 실제계통 선로 적용 연구의 필요성이 나타나게 되었다.

<20> 초전도 전력케이블을 실제계통 선로에 적용하기 위해서는 다양한 연구가 필요하며, 그중 실제 전력계통을 구현할 수 있는 시뮬레이션 프로그램에서 초전도 전력케이블을 적용하는데, PSCAD/EMTDC는 우수한 계통연계 해석특성과 친숙한 인터페이스로 인해 전력시스템 해석 연구자들에게 넓게 이용되고 있는 프로그램이지만, 이 시뮬레이터에는 초전도 전력케이블의 컴포넌트 모델이 존재하지 않아 초전도 전력케이블에 적용할 수 없다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<21> 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 시뮬레이션 내에서 초전도 전력케이블의 적용을 위해 초전도 전력케이블의 특성(임계전류, 임계온도, 자장 등)을 반영한 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트 모델을 개발하여 초전도 전력케이블을 사용한 전력계통에 적용할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트를 제공함을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<22> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초전도 전력케이블을 적용한 선로의 시뮬레이션을 하기 위하여, 계통에서 초전도 전력케이블로의 인입 전류와 초전도 전력케이블의 온도와 선로 차단기의 입력신호를 받는 입력부와, 상기 입력신호에 따라 출력신호를 보내는 출력부로 구성되고, 상기 입력부로 입력되는 초전도 케이블에 흐르는 전

류 값과 온도 값, 차단기의 동작상태에 따라 계통에 사고가 발생하지 않을 시에는 초전도체의 특성에 맞게 저항이 거의 0의 값으로 동작하도록 하고, 사고가 발생했을 시(지락·단락사고, 냉동기 고장등에 의한 온도 상승 등)에는 초전도 전력케이블의 출력식에 의해 동작하도록 하는 것을 특징으로 하는 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트에 관한 것이다.

<23> 상기한 바와 같은 목적을 달성하고 종래의 결점을 제거하기 위한 과제를 수행하는 본 발명의 실시 예인 구성과 그 작용을 첨부도면에 연계시켜 상세히 설명하면 다음과 같다.

<24> 도 1 은 실험을 통해 얻은 초전도 케이블 전압-전류 특성곡선을 나타낸 것으로, 이를 통하여 케이블의 V-I 특성식(1)을 도출해낼 수 있다.

<25> $V=\exp^{(I/557.72385)}*2.14242E-6+1.43695E-4$ (1)

<26> (1)식에서 상수값(557.72385)을 임의로 바꿈으로서(상수값을 특성방정식의 특성계수라고 명명하였음) 그에 따른 임계전류값(Ic)을 바꿀 수 있는데, 각각의 그래프의 임계전류와 그때의 특성계수와의 관계식을 통해 식(2)를 도출할 수 있다.

<27> $V=\exp^{(I/-1.20531+0.20913*Ic)}*2.14242E-6+1.43695E-4$ (2)

<28> 이에 초전도 전력케이블의 저항식은 식(3)과 같다.

<29> $R=V/I=(\exp^{(I/-1.20531+0.20913*Ic)}*2.14242E-6+1.43695E-4)/I$ (3)

<30> 즉, 초전도 전력케이블의 저항은 임계전류를 정해 줬을 때 케이블에 흐르는 전류 I에 따라서 결정된다는 것을 알 수 있다.

<31> 도 3 은 온도의 변화에 따른 초전도 선의 임계전류 특성 그림으로서 도 3에서 보는 바와 같이, 온도가 올라갈수록 임계전류(I_C)값이 떨어지는 것을 알 수 있는데 이를 수식화하여 식(3)에서 온도의 변화에 따른 I_C의 변화값을 수식으로 바꿀 수 있다.

<32> 도 4 는 초전도 선재에 자장이 가해질 때의 임계전류 값의 감소를 나타낸 것으로, 이것도 또한 수식화해서 식(3)에서 자장의 변화에 따른 I_C의 변화값을 수식화 할 수 있다. 최종적으로 바뀐 식은 후에 도 6을 보면서 자세히 설명하도록 한다.

<33> 도 5 는 발명된 초전도 전력케이블의 컴포넌트를 나타낸 것으로, 컴포넌트는 컴퓨터 언어로 동작하며, 본 실시예에서는 FORTRAN 언어를 사용하였다.

<34> 컴포넌트 모델은 세 개의 입력(IN, K, CB)과 하나의 출력(OUT)으로 구성되어 있다.

<35> 초전도 전력케이블 컴포넌트는 계통에서 초전도 케이블에 흐르는 전류값과 온도값, 차단기의 동작상태에 따라 작동한다. 계통에 사고가 발생하지 않을 시에는 초전도 전력케이블 컴포넌트는 초전도체의 특성에 맞게 저항이 거의 0의 값으로 동작하고, 만약 사고가 발생했을 시(지락·단락사고, 냉동기 고장등에 의한 온도 상승 등)에는 초전도 전력케이블의 출력식에 의해 동작한다.

<36> 도 6 은 상기 초전도 전력케이블 컴포넌트의 동작 알고리즘을 나타낸 것으로, 인입전류와 온도가 정상일 경우와, 퀀치(Quench)가 발생했을 때와, 차단기가 동작되었을 경우에 각각의 경우에 대한 출력식에 의하여 동작을 하게 되며, 아래 각각의 상황에 대한 출력식을 저항특성함수로써 나타내었다.

<37> 인입전류 및 온도가 정상일 경우 도 6 에 나타난 바와 같이 $F_1(t)$함수로서 동작을 하게 되며 동작식은 다음과 같다.

<38> $F_1(t)=R\fallingdotseq 0$

<39> 한편, 퀀치가 방생했을 때의 저항특성함수인 $F_2(t)$는 다음과 같다.

<40> $F_2(t)=R=V/I=(\exp^{(I/(-1.20531+0.20913*(Ic-(Ic/50*(K-77))-0.27*I/2)))}*2.14242E-6+1.43695E-4)/I$

<41> 상기 식에서 K는 온도를 나타내고 I는 인입전류를 나타낸다.

<42> 또한, 차단기가 동작하였을 경우의 저항특성함수인 F(t)는 다음과 같다.

<43> $F_3(t)=F_2(t)-((TIME-TC)^2*0.05)$

<44> 상기 식에서 TIME은 시뮬레이션 시간을 나타내고, TC는 시정수를 나타낸다.

<45> 도 7 은 국내 22.9[kV] 배전선로에 초전도 전력케이블 컴포넌트를 적용해서 시뮬레이션한 것을 나타낸 회로도이며, 도 8, 9, 10은 상기 시뮬레이션한 결과들의 파형을 나타낸 예들이다.

<46> 도 8, 9, 10을 보면, 선로 사고 발생시 초전도 전력케이블의 사고전류, 초전도 전력케이블 저항, 초전도 전력케이블의 내부 전력손실을 한눈에 알 수 있다.

<47> 그리고 초전도 전력케이블을 실제 계통에 적용시킬 때 고려돼야 할 요소 중의 하나가 냉동기 용량인데 이는 전력손실($Ploss=I^2R$)과 관련되는 문제이다.

<48> 전력손실이 커지면 이에 따라 냉동기의 용량도 커지므로 임계전류 값의 적절한 산정 값이 필요할 것이라는 것을 케이블 컴포넌트를 적용한 시뮬레이션 결과들을 통해서 알 수 있다.

<49> 도 11 은 또 다른 345/154[kV] 송전선로에 초전도 전력케이블 컴포넌트를 적용해서 시뮬레이션한 결과 그래프 중 하나인데, 이것은 초전도 전력케이블의 길이를 일정하게 유지한 채 일반케이블 선로의 임피던스 값을 변화시켰을 때 내부 전력손실 변화 그래프를 나타낸 것이다.

<50> 도 11 에서 보는 바와 같이 선로의 사고지점에 따라 임피던스가 변하므로 이를 통해 사고 발생지점에 따른 초전도 전력케이블의 손실 값을 알 수 있다.

<51> 또한, 더 나아가 초전도 전력케이블의 설치장소(발전소와의 거리), 임계전류 값, 사고전류 값, 케이블의 길이, 사고지점 등을 초전도 전력케이블 EMTDC 컴포넌트에 적용하면, 이러한 사고 시 초전도 전력케이블의 내부전력손실변화를 쉽게 알 수 있다.

<52> 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 고안이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

발명의 효과

<53> 상기와 같은 구성 및 작용에 의해 기대할 수 있는 본 발명의 효과는 다음과 같다.

<54> 본 발명된 초전도 전력케이블 컴포넌트를 시뮬레이션에 적용함으로써, 시스템의 다양한 사고시 모의 해석할 수 있으며, 이를 통해 초전도 전력케이블의 설계, 실제 선로적용 시의 발생가능한 문제점을 예측 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1 은 초전도 전력케이블의 V-I 특성그래프,

<2> 도 2 는 전압전류 특성방정식 특성계수 변화에 따른 임계전류변화를 나타낸 그래프,

<3> 도 3 은 온도의 변화에 의한 임계전류 특성 데이터 그래프,

<4> 도 4 는 자장 특성 실험 데이터 그래프,

<5> 도 5 는 초전도 전력케이블 컴포넌트를 나타낸 개념도,

<6> 도 6 은 초전도 전력케이블 컴포넌트의 동작 알고리즘,

<7> 도 7 은 국내 22.9[kV] 배전선로에 초전도 전력케이블 컴포넌트를 적용해서 시뮬레이션한 것을 나타낸 회로도,

<8> 도 8 은 1선 지락 시 초전도 전력케이블의 사고전류를 나타낸 그래프,

<9> 도 9 는 1선 지락 시 초전도 전력케이블의 저항을 나타낸 그래프,

<10> 도 10 은 3상 단락 시 임계전류 값에 따른 초전도 전력케이블의 전력손실 변화를 나타낸 그래프,

<11> 도 11 은 345/154[kV] 송전선로에 초전도 전력케이블 컴포넌트를 적용해서 시뮬레이션한 결과를 나타낸 그래프

중, 선로의 임피던스 변화에 따른 초전도 전력케이블의 내부전력손실 변화를 나타낸 그래프.

<12> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<13> (IN): 계통에서 초전도 전력케이블로의 인입전류

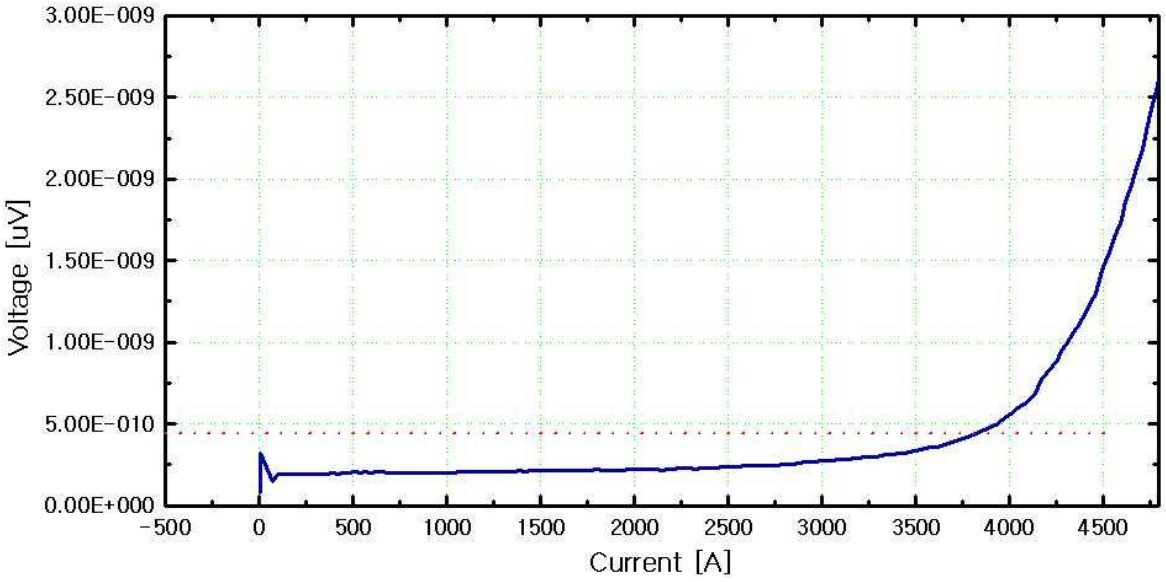
<14> (K): 초전도 전력케이블의 온도

<15> (CB): 선로 차단기

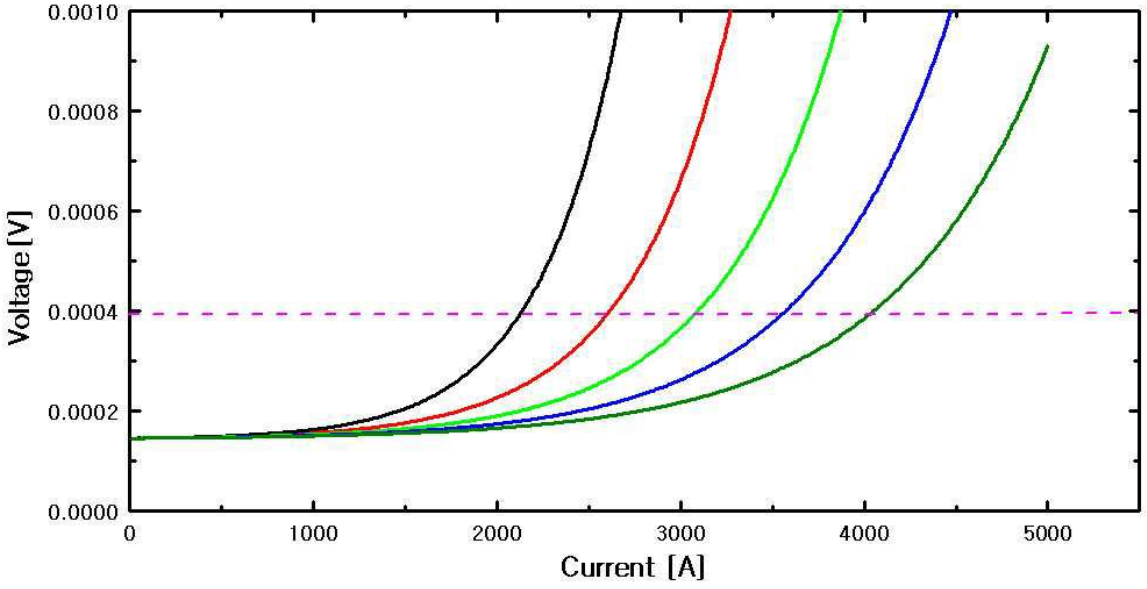
<16> (OUT): 초전도 전력케이블의 저항

도면

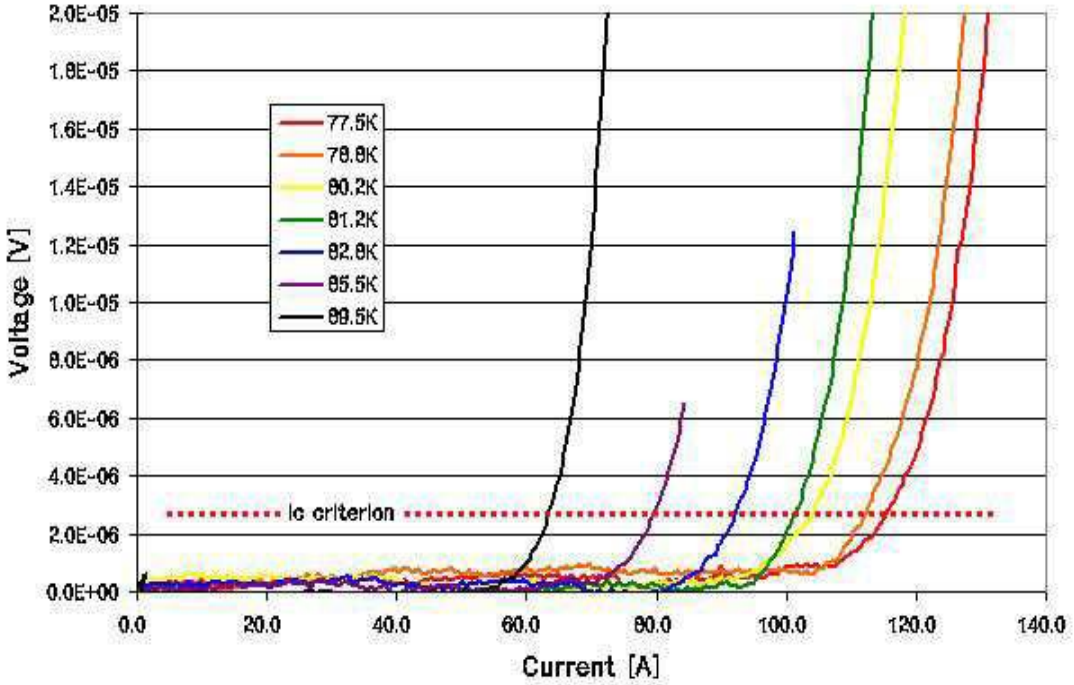
도면1



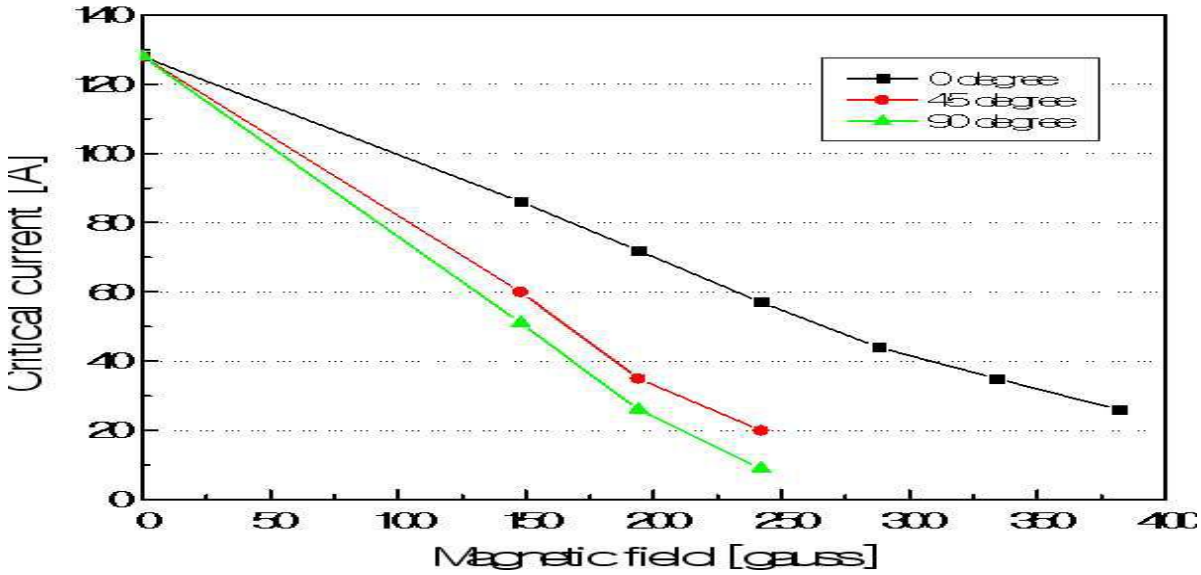
도면2



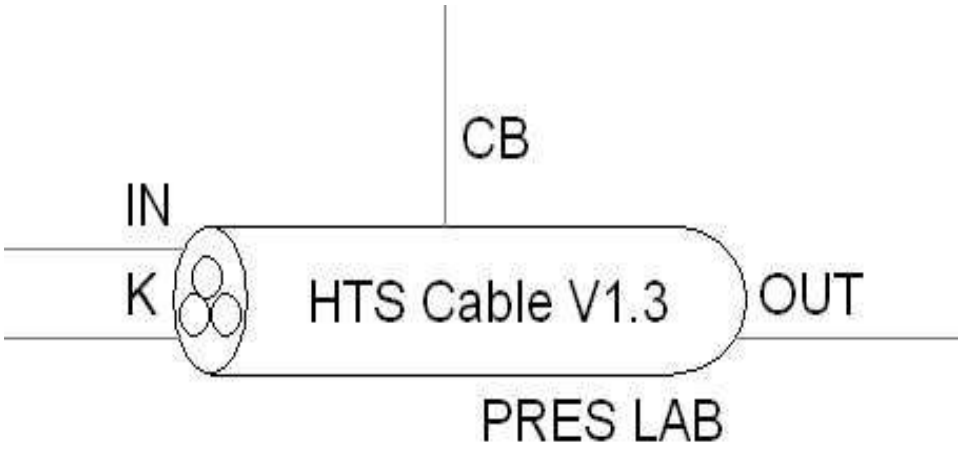
도면3


2.0E-05
1.8E-05
1.6E-05
1.4E-05
1.2E-05
1.0E-05
8.0E-06
6.0E-06
4.0E-06
2.0E-06
0.0E+00
Voltage [V]
77.5K
78.8K
80.2K
81.2K
82.8K
85.5K
89.5K
Ic criterion
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
120.0
140.0
Current [A]

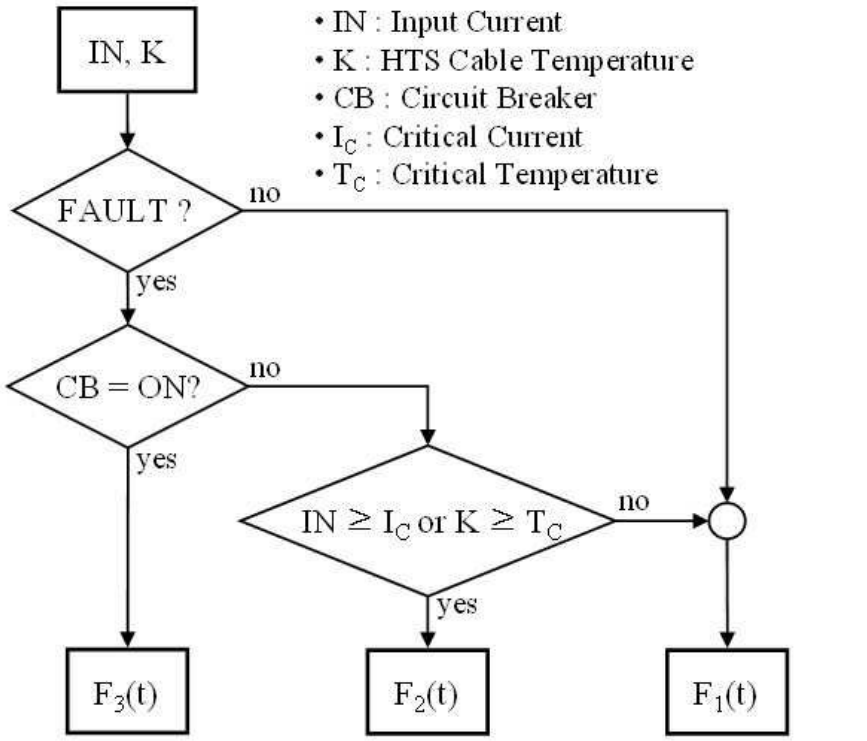
도면4


140
120
100
80
60
40
20
0
Critical current [A]
0 degree
45 degree
90 degree
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Magnetic field [gauss]

도면5

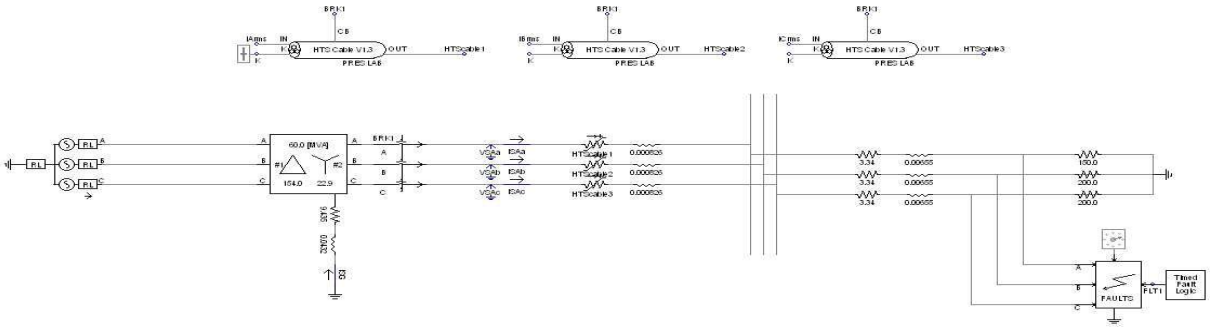


도면6

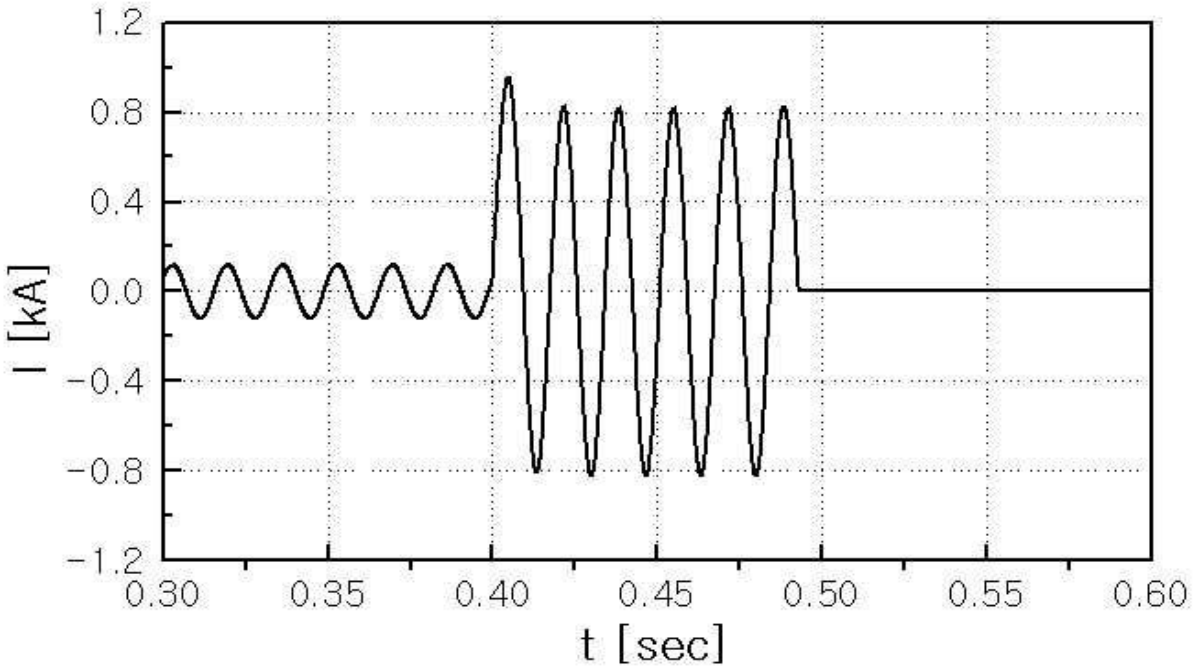


• $F_1(t)$: 정상상태 시 초전도전력케이블의 저항특성함수
• $F_2(t)$: 퀜치발생 시 초전도전력케이블의 저항특성함수
• $F_3(t)$: 차단기동작 시 초전도 전력케이블의 저항회복특성함수

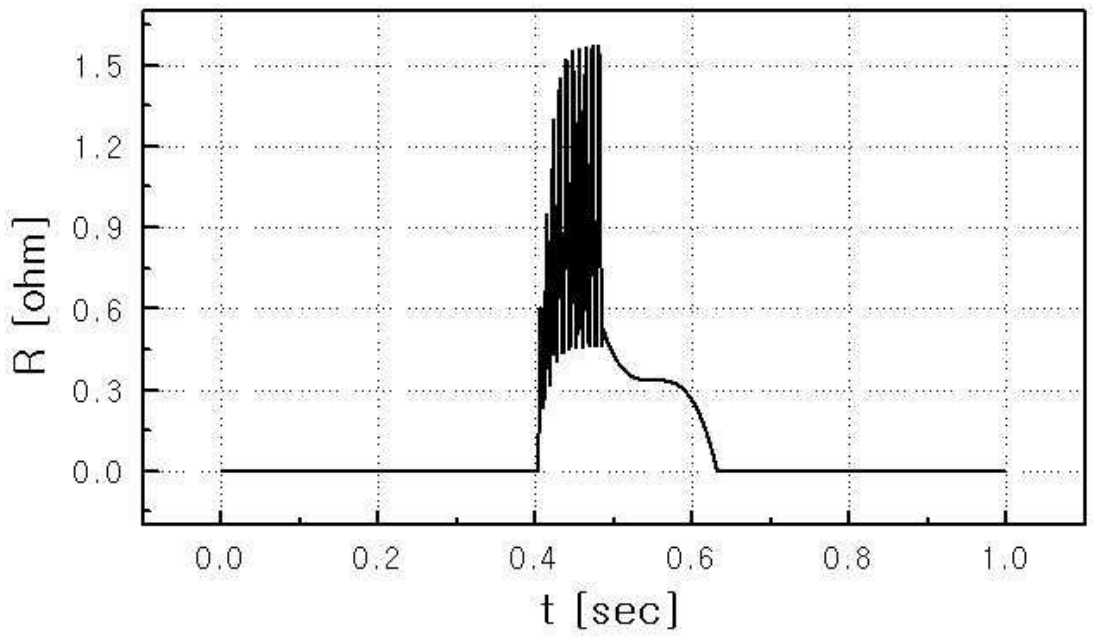
도면7



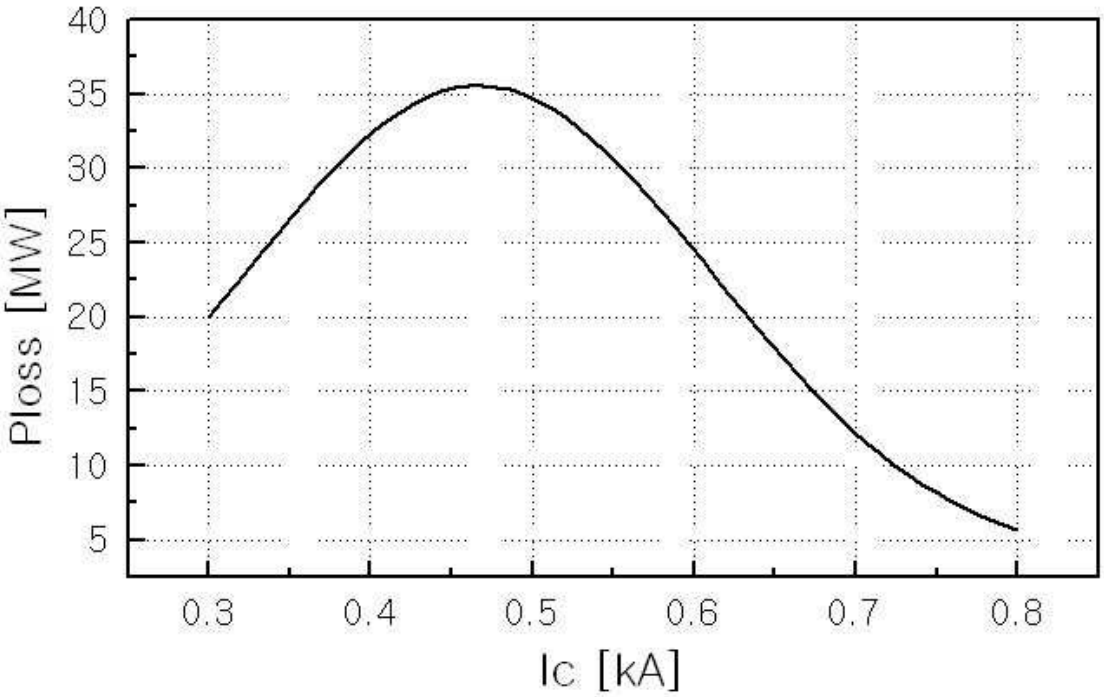
도면8



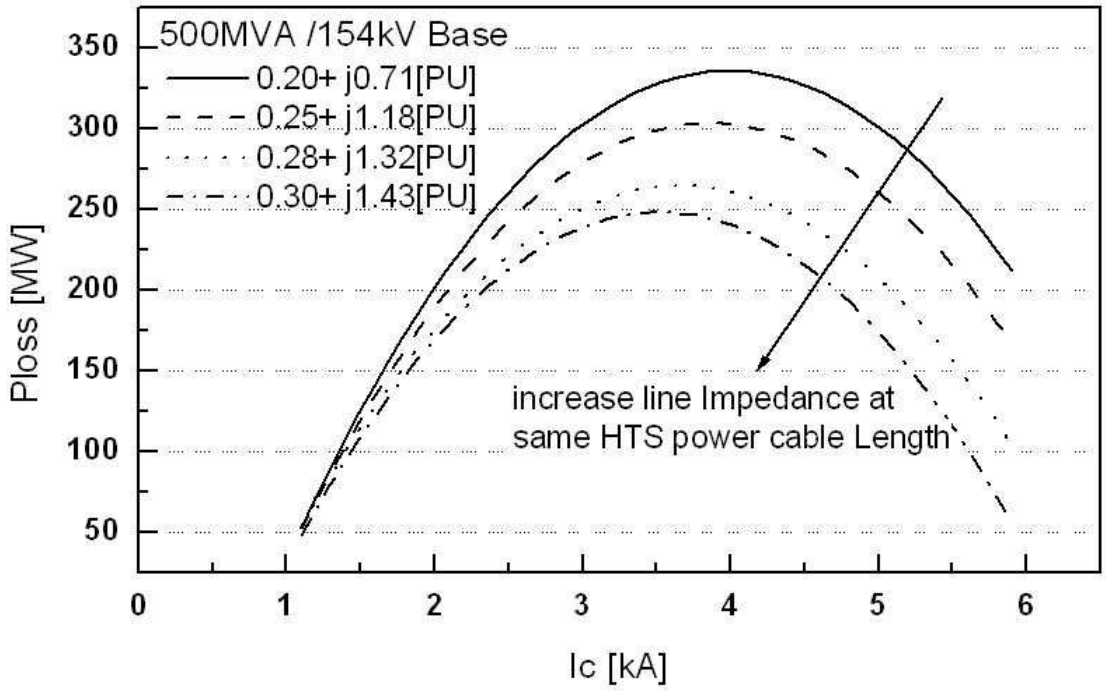
도면9


R [ohm]
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
t [sec]

도면10


Ploss [MW]
40
35
30
25
20
15
10
5
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
Ic [kA]

도면11


500MVA /154kV Base
0.20+ j0.71[PU]
0.25+ j1.18[PU]
0.28+ j1.32[PU]
0.30+ j1.43[PU]
increase line Impedance at
same HTS power cable Length
Ploss [MW]
Ic [kA]
350
300
250
200
150
100
50
0
1
2
3
4
5
6