

# 배전계통 초전도 한류기 동작특성에 따른 계통 영향 분석

論 文

57-7-3

## System Effects by Operation Characteristics of Superconducting Fault Current Limiters in Distribution Systems

李相奉<sup>†</sup> · 金喆煥<sup>\*</sup> · 金圭浩<sup>\*\*</sup> · 金載哲<sup>\*\*\*</sup> · 玄鉦培<sup>§</sup>

(Sang-Bong Rhee · Chul-Hwan Kim · Kyu-Ho Kim · Jae-Chul Kim · Ok-Bae Hyun)

**Abstract** - Superconducting fault current limiters (SFCL) have been progressing due to the development of superconducting technology. The resistor type SFCL is one of the promising current limiting devices in power system for its effective operation. For proper application and operation of a SFCL, the prior investigation of fundamental characteristics and its effects to the distribution systems are needed. The most important current limiting behavior of a SFCL is dominated by quenching and recovery characteristics. In this paper, the resistive type SFCL was developed by using EMTP/ATPDraw and MODELS language. The operating characteristics and current limiting behaviors of the SFCL in distribution systems have been simulated and investigated.

**Key Words** : Electro-Magnetic Transients Program, Fault current, Superconducting Fault Current Limiter

### 1. 서 론

전력에너지의 사용 증가로 인해 전력계통은 더욱 대용량화 되고 있으며 특히, 배전계통의 경우에는 부하의 지속적 증가와 분산전원을 비롯한 전원의 다원화로 인해 규모의 증대와 더불어 계통 구성의 복잡성을 더해가고 있는 실정이다. 이러한 변화는 계통 사고 시 고장전류의 크기를 증가시키는 원인이 되어 기존 보호기기의 차단용량을 초과하므로 더 높은 차단 능력을 갖는 새로운 차단기로서의 교체뿐만 아니라 전체 계통 설비의 개선이 요구된다[1,2].

전력계통의 고장 시 고장전류의 크기를 제한하는 한류기는 고용량의 계통에서 우선적으로 선택되는 보호기기이며 특히, 최근에 활발히 연구되고 있는 초전도기기 중의 초전도 한류기(Superconducting Fault Current Limiter : SFCL)의 경우에는 정상상태에서의 무 임피던스를 갖는 장점으로 계통적용에 대한 관심이 높아지고 있으며 새로운 보호설비 대안으로 인식되고 있다. 초전도 한류기는 무 임피던스로 인해 정상운전 시 계통에 영향을 주지 않으나 사고와 같은 계통 외란 시에는 초전도 상태 이탈로 임피던스를 발생시켜 사고 전류를 제한하게 된다. 따라서 기존 상전도 한류기의 장점 외에 평소 무손실로 계통 운용이 가능한 장점을 갖고 있다 [3].

초전도 한류기의 고장전류 제한 동작은 한류기에 사용된 초전도체의 초전도 상태에서 상전도체 전이시 나타나는 퀘칭(quenching) 특성, 상전도 상태에서 초전도 상태로의 복귀시 회복(recovery) 특성에 의해 결정된다. 이러한 특성의 변화에 따라 고장시 계통의 제한전류 특성 또한 변하며 초전도 한류기가 적용된 계통에서의 영향도 다르게 나타나게 된다[4,5]. 초전도 한류기의 퀘칭, 회복에 따른 기존의 연구는 미흡한 상태이며 주로 초전도 한류기의 모델링 및 동작특성에 관한 것이 주로 연구되어져 왔다. 따라서, 배전계통에 초전도 한류기를 적용하기 위한 선행연구로 초전도 한류기의 퀘칭, 회복에 따른 계통영향 분석이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 향후 배전계통에서의 초전도 한류기 적용시 발생할 수 있는 문제점을 확인하고자 초전도 한류기 동작특성에 따른 계통 영향을 분석하였다. 신뢰성 있는 정확한 전력계통의 영향 분석을 위해 과도해석 프로그램인 EMTP (Electro-Magnetic Transients Program) 을 사용하였으며 초전도 한류기의 퀘칭 및 회복에 관한 동작특성을 구현하기 위하여 EMTP내의 프로그래밍 언어인 MODELS를 이용 하였다.

### 2. 초전도 한류기

초전도 한류기는 상전도체로의 전이시 발생하는 임피던스의 종류에 의해 저항형과 유도형으로 구분할 수 있으며 본 논문에서는 사고시 발생하는 임피던스가 저항값만을 갖는 저항형 초전도 한류기의 특성을 분석하였다.

초전도 한류기의 동작을 결정하는 중요한 특성은 퀘칭, 회복, 한류기 동작전류, 그리고 한류기 임피던스에 관한 특성이다. 초전도 한류기를 계통에 투입하기 위해서는 이러한 특성을 정확히 분석해야 한다. 그림 1은 저항형 한류기의 동작특성을 나타낸다[6].

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 成均館大 情報通信工學部 研究教授 · 工博  
E-mail : rrsd@naver.com

<sup>\*</sup> 正會員 : 成均館大 情報通信工學部 教授 · 工博

<sup>\*\*</sup> 正會員 : 安山工科大學 電氣科 副教授 · 工博

<sup>\*\*\*</sup> 正會員 : 崇實大 工大 電氣工學部 教授 · 工博

<sup>§</sup> 正會員 : 韓電 電力研究院 首席研究員 · 工博

接受日字 : 2008年 2月 11日

最終完了 : 2008年 6月 5日

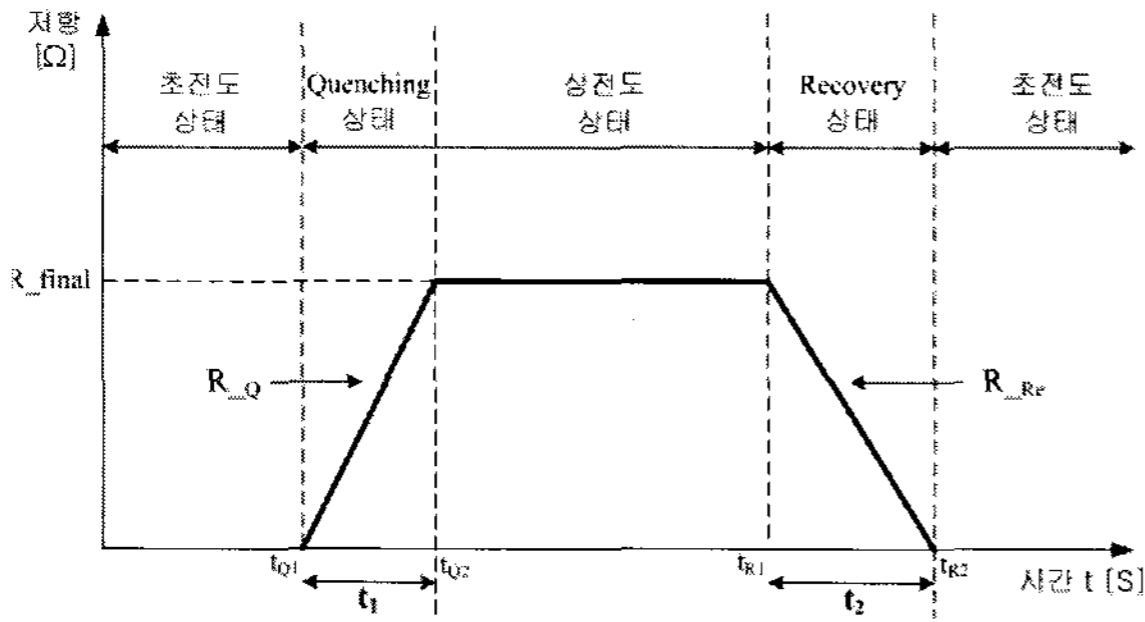


그림 1 저항형 초전도 한류기 동작 특성  
Fig. 1 An operation characteristic of SFCL

2.1 켄칭 특성

저항형 초전도 한류기는 계통의 사고 발생시 사고전류의 증가로 인한 초전도체의 온도 상승으로 저항값을 갖게 되어 상전도체로의 전이를 시작한다. 초전도체가 상전도체화 되는 특성을 켄칭특성이라 하고 이때의 초전도체 저항값 변이는 지수함수를 이용하여 식(1)과 같이 표현할 수 있다. 상전도체의 한류기는 저항 값을 갖게 되고 이 저항 값은 계통에 투입되어 고장전류를 특정 값으로 제한하게 된다.

$$R(t) ; \begin{cases} 0 & : t < t_Q \\ R_Q = R_{final}(1 - e^{-At}) & : t_{Q1} \leq t \leq t_{Q2} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, A는 초전도체의 켄칭 시간을 결정하는 기울기 계수,  $R_{final}$ 은 상전도체 시의 저항[Ω]이다. 켄칭 시작부터 완료시까지의 시간  $t_1(t_{Q2} - t_{Q1})$ 은 켄칭 저항의 기울기 A에 의해 결정 되는데 이는 초전도체의 재료, 냉각 방식, 사이즈, 용량 등에 의해 결정된다[7].

2.2 회복 특성

계통 고장시 상전도체가 되어 고장 전류를 제한하고 있던 초전도 한류기는 사고가 제거 된 후 선로에 흐르는 전류 감소를 검출하여 자동적으로 다시 초전도체로 특성이 복귀해야 하는데 이 상태를 회복 특성이라고 한다. 회복 특성을 결정하는 중요 요소는 상도체화 되어 있는 도체를 다시 초전도체로 변화시키기 위한 냉각 특성이며 일반적으로 켄칭시간 보다 상당히 길다고 알려져 있다.

초전도 한류기의 배전 계통 적용에 있어서 회복 특성의 영향 분석이 중요하며 이는 기존 보호기기인 재폐로 차단기 등의 동작특성까지 고려해야 하기 때문이다. 즉, 회복시간이 재폐로시간 보다 늦어질 경우 초전도체로 완전히 전이하지 못해 초전도 한류기가 임피던스를 갖고 있는 경우 정상 전류까지 제한하게 된다. 초전도체의 회복시간을 단축하고자 하는 연구는 여러 가지 방안으로 진행되고 있으며 가장 최근의 연구에서는 초전도체의 단계별 냉각방식이 주로 사용되고 있다. 단계별 냉각방식을 갖는 초전도체의 경우에는 회복특성 곡선 역시 단계별로 다른 양상을 갖게 된다.

본 논문에서의 초전도 한류기 회복 특성은 그림 1에서의 회복구간을 2단계로 나누어 그림 2와 같이 단계별 회복 특성을 갖도록 모델링 하였다.

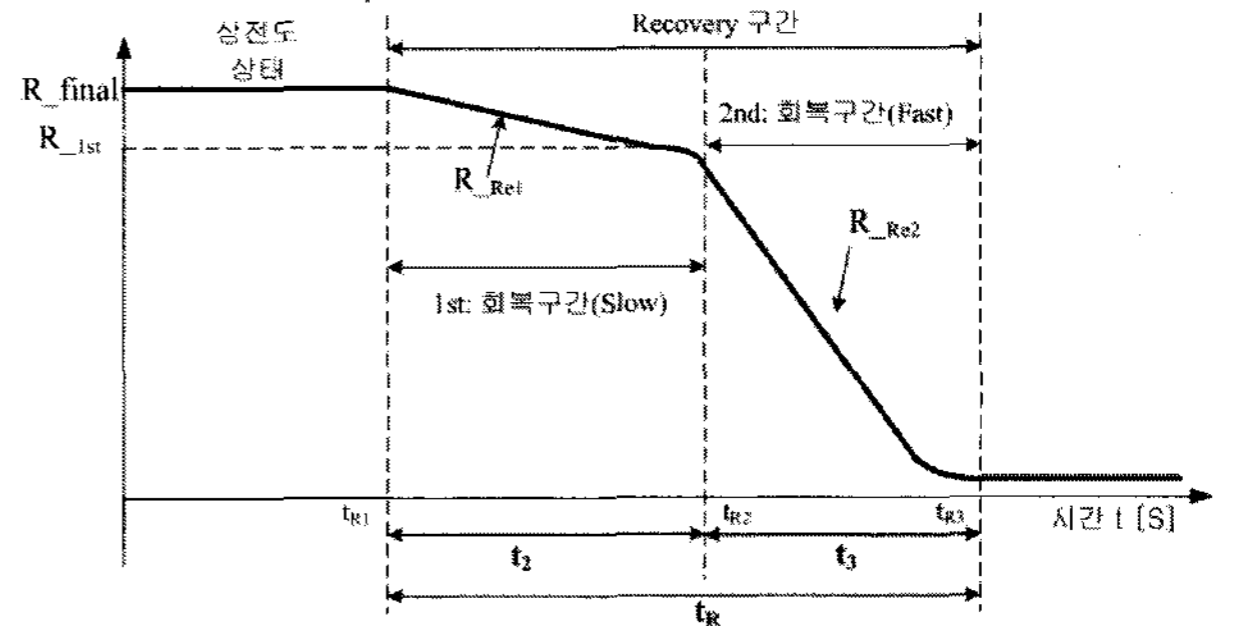


그림 2 초전도 한류기 회복 특성  
Fig. 2 A Recovery characteristic of SFCL

따라서, 초전도 한류기의 전체 회복특성 저항식  $R(t)$ 는 켄칭 특성에서의 수식화와 같이 식 (2)로 표현할 수 있다[7].

$$R(t) ; \begin{cases} R_{final} & : t < t_{R1} \\ R_{Re1} = R_{final} e^{-Bt} & : t_{R1} \leq t \leq t_{R2} \\ R_{Re2} = R_{1st} e^{-Ct} & : t_{R2} \leq t \leq t_{R3} \end{cases} \quad (2)$$

여기서, B, C,  $R_{Re1}$ , 그리고  $R_{Re2}$  는 회복구간 중 각각 1st, 2nd 구간의 시간을 결정하는 상수, 그리고 초전도체의 저항이다. 초전도체의 전체 회복 시간은  $t_R(t_2 + t_3)$ 이다. 본 논문에서의 단계별 회복시간은 균등하게 설정하였다.

2.3 초전도 한류기 동작전류 및 한류 임피던스

계통의 고장 발생시 고장전류는 정격전류의 최대 20배 까지도 상승하게 된다. 따라서 초전도 한류기의 동작전류는 계통의 최대 고장전류를 기준으로 정해지며 일반적으로 식 (3)을 이용해서 동작전류를 정한다[8].

$$I_{trigger\ current} = n I_{rated\ current} \quad (3)$$

- $I_{trigger\ current}$  : 초전도 한류기 동작전류[A], rms
- $I_{rated\ current}$  : 계통 정격전류[A], rms
- $n$  : 상수 (4~6)

한류 임피던스의 경우에는 계통에 설치되어 있는 보호기기와의 보호 협조를 고려해서 값이 정해지며 특히 초전도 한류기가 설치되는 장소 인근의 보호기기 설정 전류 값을 중요한 정보로 고려하여 정해진다. 이때 기존의 보호기기 설정전류보다 한류전류가 작은 값을 갖지 않도록 설정해야 한다. 그렇지 않은 경우 기존 보호기기의 오동작을 야기 할 수 있게 된다.

### 3. 초전도 한류기 및 계통 모델링

#### 3.1 초전도 한류기 모델링

초전도 한류기의 켜칭, 회복에 따른 동작특성을 구현하기 위하여 식 (1), (2)와, 동작 결정을 위해 그림 3을 이용하였고 EMTP/ATPDraw로 모델링 하였다. 이때, 초전도 켜칭, 회복 저항에 관한 수식 구현을 위하여 EMTP내의 프로그래밍 언어인 MODELS를 사용하였다.

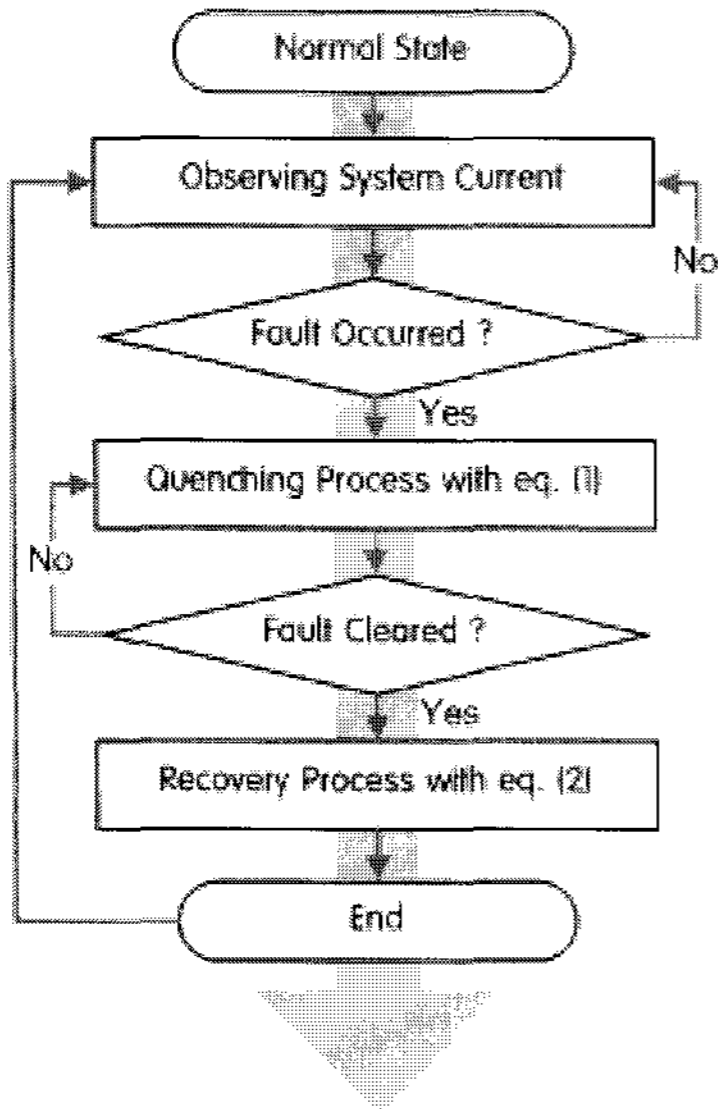


그림 3 초전도 한류기 동작  
Fig. 3 Operation of SFCL

그림 4는 모델링된 초전도 한류기를 나타내며 TACS 저항을 이용하여 초전도 저항을 구현하였다.

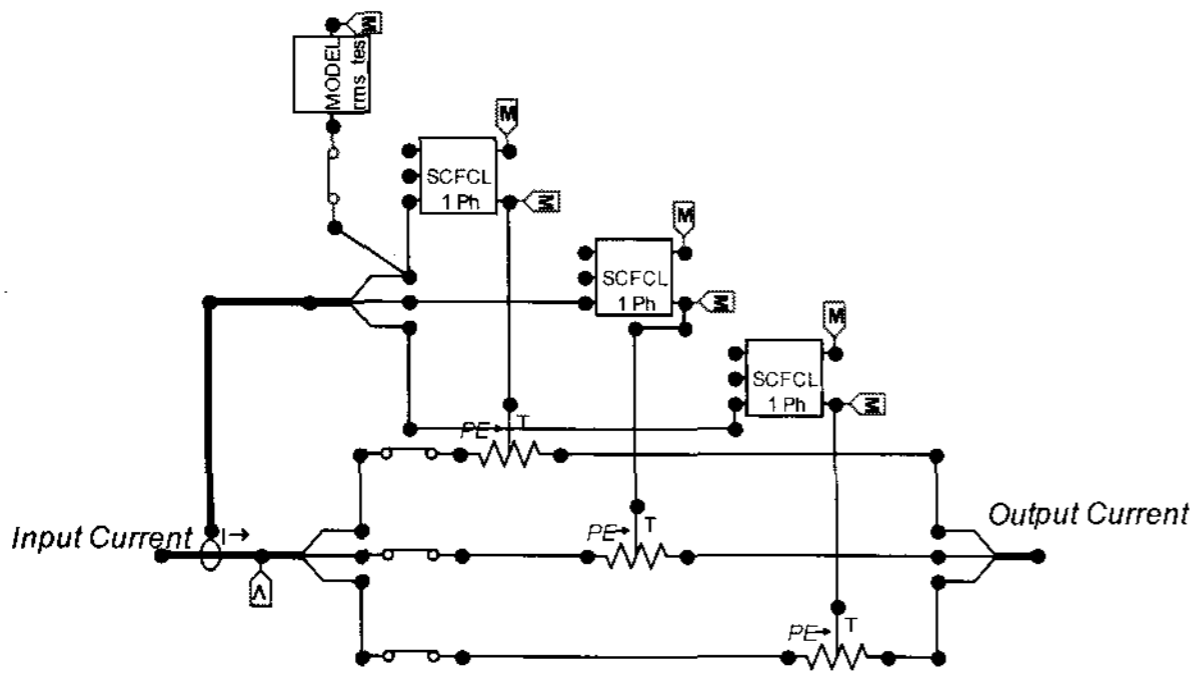


그림 4 초전도 한류기 EMTP 모델링  
Fig. 4 EMTP modeling of SFCL

그림 5는 임의 사고에 대한 초전도 한류기 동작시 EMTP로 모델링된 초전도체의 한류 임피던스인 저항 출력 결과이다. 고장전류 판별 후 켜칭 시간은 10[ms], 회복 시간은 0.3[s], 2단계 회복 특성의 각 회복 단계별 시간은 전체 회복 시간을 동일하게 분배해 설정 하였고 한류 저항은 5[Ω] 으로 정하였다.

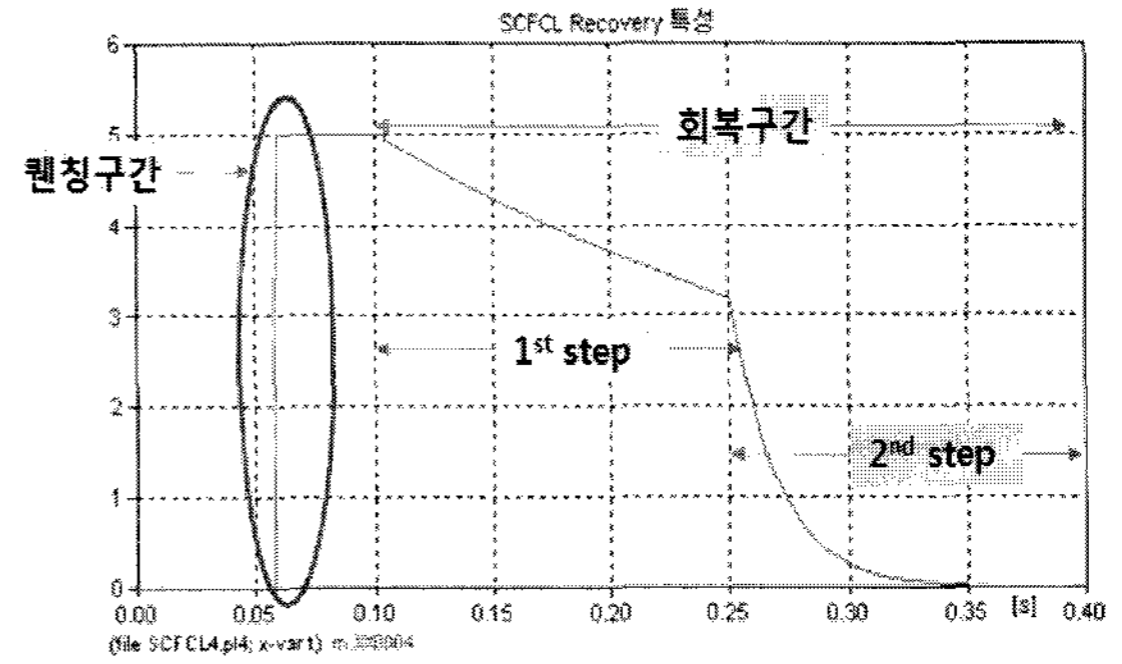


그림 5 초전도 한류기 저항 특성  
Fig. 5 A resistive characteristic of SFCL

#### 3.2 계통 모델링

초전도 한류기를 적용하기 위한 배전계통은 그림 6과 같고 사용된 데이터는 다음과 같다.

- 주변압기 : 154/22.9[kV-Y], 40/60[MVA], %Z=20, Delta-Wye
- 선로( $Z_{L1}$ ) : 4[km],  $Z_{L1} = 0.217 + j0.447 [\Omega/km]$
- 선로( $Z_{L2}$ ) : 4[km],  $Z_{L2} = 0.294 + j0.513 [\Omega/km]$
- 부하 : Load 1 (18 + j8.9[MVA])  
Load 2 (9 + j4.7[MVA])

초전도 한류기는 주변압기 2차측에 설치하여 사고 발생시 고장 전류를 제한하도록 하였으며 저항형으로 모델링하였다. 계통사고는 feeder 2 부하측에서 1선지락 사고를 모의하였고 고장저항은 0[Ω]으로 가정하였다.

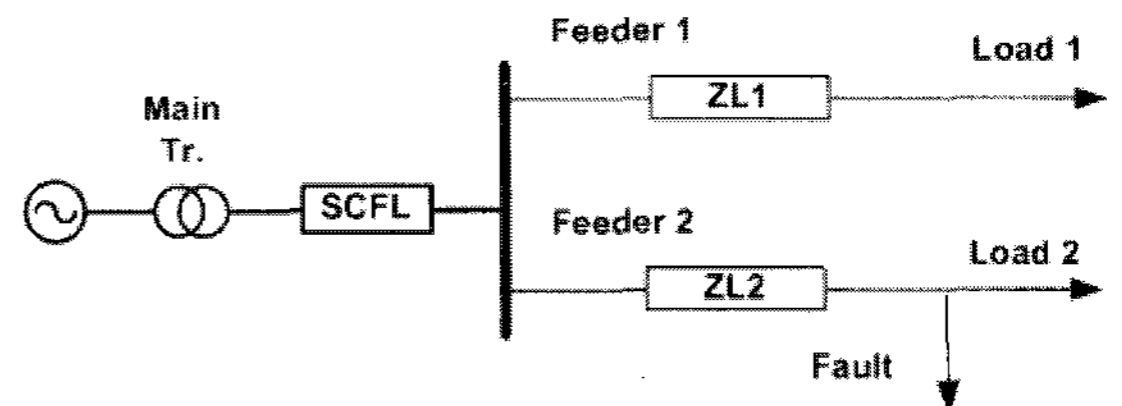


그림 6 시험 배전 계통  
Fig. 6 Test distribution system

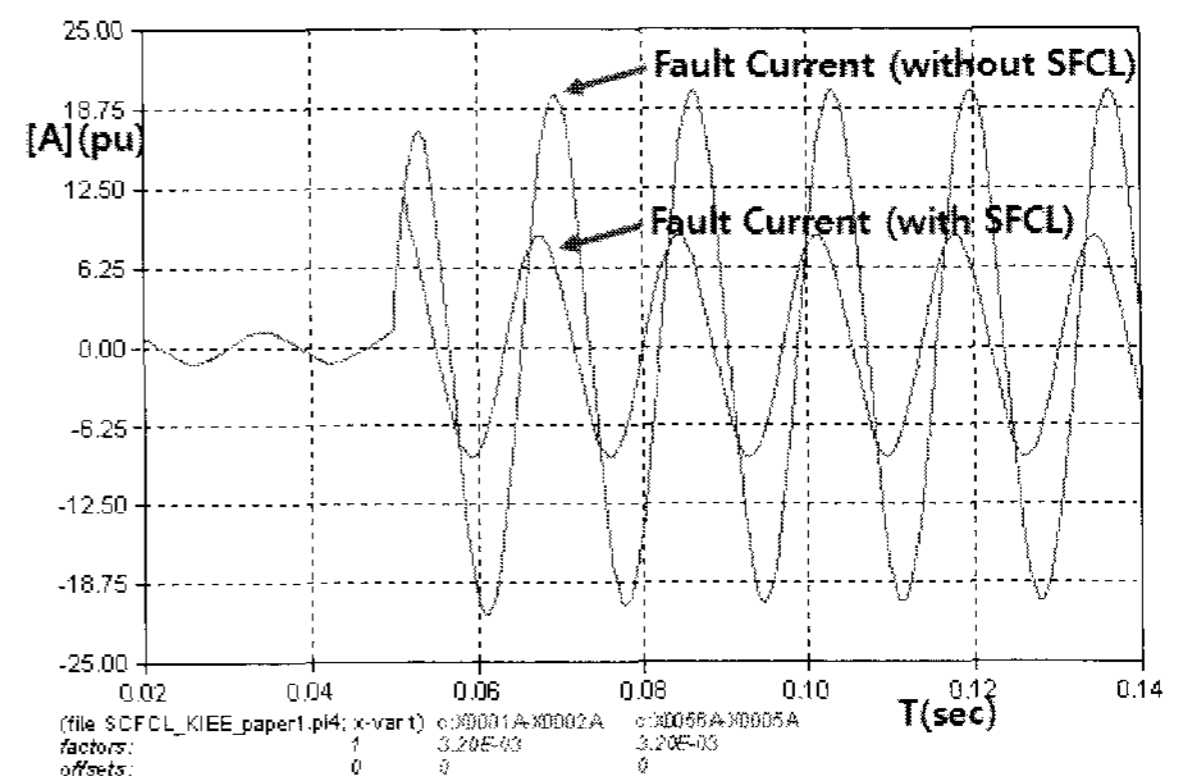


그림 7 고장전류  
Fig. 7 Fault currents

그림 7은 그림 6의 시험 배전계통의 A상 지락고장에 따른 초전도 한류기의 고장전류 제한을 나타내며 이때 고장전류는 주 변압기 2차 측에서 측정하였다. 초전도 한류기 투입 전의 고장전류 최고값은 약 19 (p.u)에서 한류기 투입 후 약 8 (p.u)로 감소됨을 확인함으로써 모델링 된 초전도 한류기의 정확한 동작상태를 검증할 수 있었다.

#### 4. 초전도 한류기 동작특성에 따른 계통 영향

구현된 초전도 한류기를 이용하여 켜칭, 회복특성 변화에 따른 배전 계통의 영향을 분석하였다. 분석 계통은 그림 6을 사용하였으며 고장은 feeder 2 부하 측에서의 A상 지락사고이며 고장저항은 0[Ω]으로 가정하였다.

##### 4.1 초전도 한류기 동작시점에 따른 계통 영향

고장발생 후 초전도 한류기의 투입은 계통의 고장 영향을 최소화 하는 목적으로는 빠른 투입이 우선시 된다. 그러나 초전도 한류기의 너무 빠른 투입으로 고장전류가 제한 될 경우 계통의 타 보호기기 동작에 이상을 유발 할 수 있고 원거리에 위치한 보호기기 에서는 극단적으로 고장의 발생 조차 검출하지 못하는 결과를 초래 할 수 있다. 따라서 계통 내 설비의 충격을 최소화하기 위해서는 고장 후 빠른 한류기의 투입이 필요한 반면 보호기기의 최적 동작을 위해서는 고장 검출을 위한 한류기 투입 지연이 필요하게 된다.

본 논문에서는 고장 발생 후 한류기 투입 시점을 고장 후 즉시투입, 반주기 내 투입, 그리고 반주기 후 투입 3가지 시점으로 나누어 모의시험 하고 이에 따른 계통의 영향을 분석하였다. 그림 8은 투입 시점에 따라 변화되는 고장전류의 실효값을 나타내는데 같은 한류 임피던스를 갖더라도 투입 시점에 따라 한류 되는 전류의 크기가 서로 다를 수 있으며 결국 계통 내 설비들에게 부담으로 작용하게 된다. 즉, 고장발생시 초전도 한류기가 즉시 동작하는 경우의 고장전류가 가장 작게 나타남으로 반주기 내,후 동작보다 계통설비에 대한 고장전류 영향이 최소화됨을 알 수 있다.

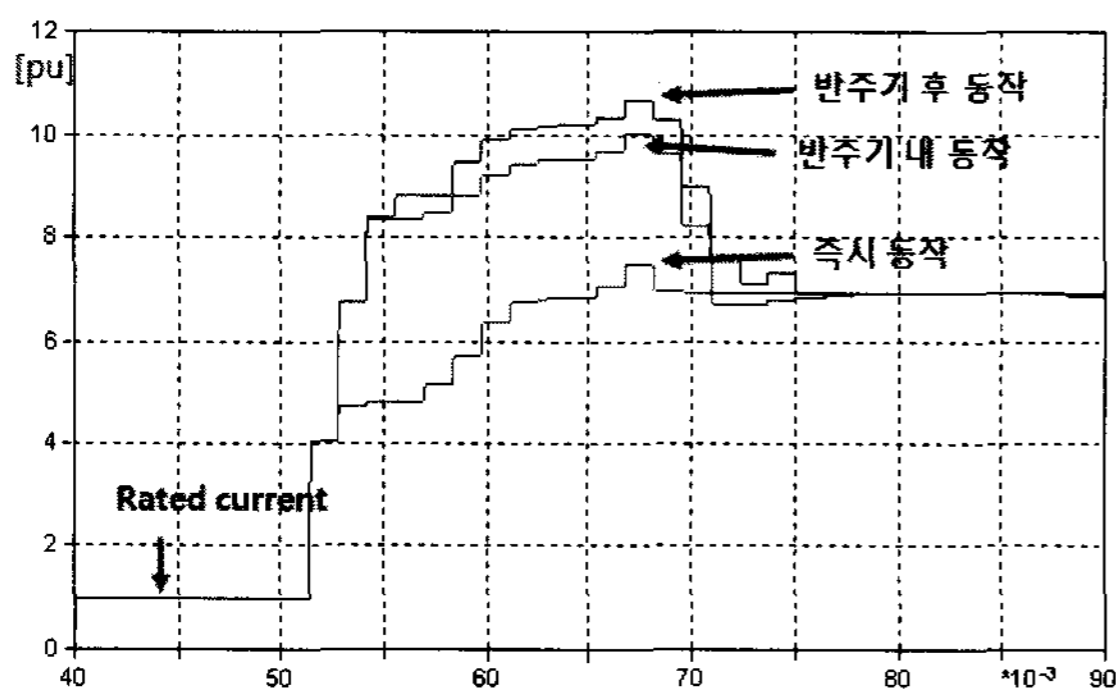


그림 8 초전도 한류기 투입 시점에 따른 고장전류  
Fig. 8 Fault current variation at trigger time

그림 9는 사고가 발생하지 않은 feeder 1 부하단 전압의 건전상 전압 파형으로 계통에 초전도 한류기가 없는 경우와 있는 경우(한류기 투입시간: 반주기 이후)를 비교한 것이며 한류기의 투입에 의해 건전상의 전압 상승이 낮음을 알

수 있다. 따라서, 초전도 한류기의 계통적용은 계통의 안정도 측면에 유리한 결과를 나타내게 되는 것이다.

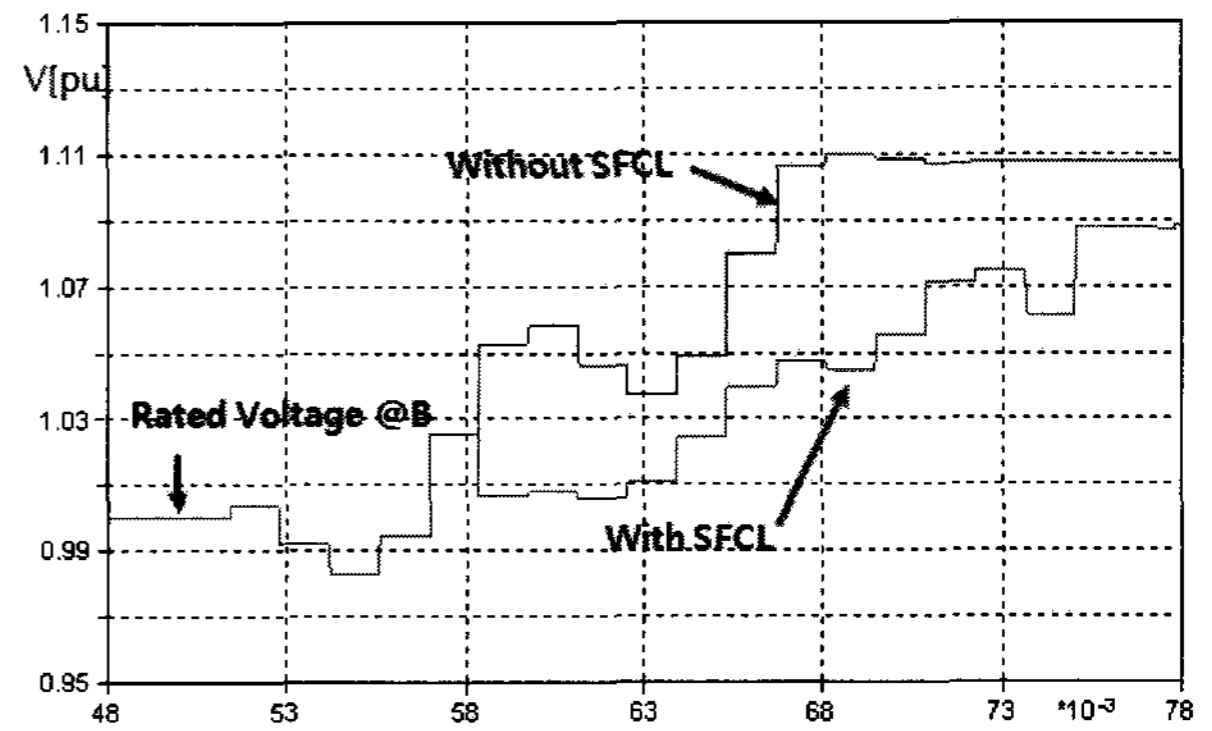


그림 9 초전도 한류기 유무에 따른 건전상 전압  
Fig. 9 Voltage with or without SFCL

표 1은 한류기 투입 시점에 따른 전압, 전류의 값을 나타낸 것으로 계통의 고장 발생 시 초전도 한류기의 빠른 투입이 계통의 영향을 최소화 하는 것을 확인할 수 있었다.

표 1 초전도 한류기 투입 시점에 따른 전압 전류 비교  
Table 1 Voltage and current at SFCL trigger time

	With SFCL			Without SFCL
	즉시 투입	반주기 이내 투입	반주기 이후 투입	
한류전류 A(p.u)	7.52	10.01	10.65	-
건전상 전압 V(p.u)	1.04	1.07	1.09	1.11

##### 4.2 켜칭 특성에 따른 계통 영향

켄칭 특성 변화에 따른 영향 분석을 위해 켄칭 시간은 10 ~ 50[ms], 최종 한류기 저항은 계통 정격 전류를 고려하여 10[Ω]으로 설정하고 모의시험 하였다. 그림 10은 켄칭 시간에 따른 초전도 한류기 저항변화를 나타내며 그림 11은 켄칭시간에 따른 한류전류의 파형을 나타낸다.

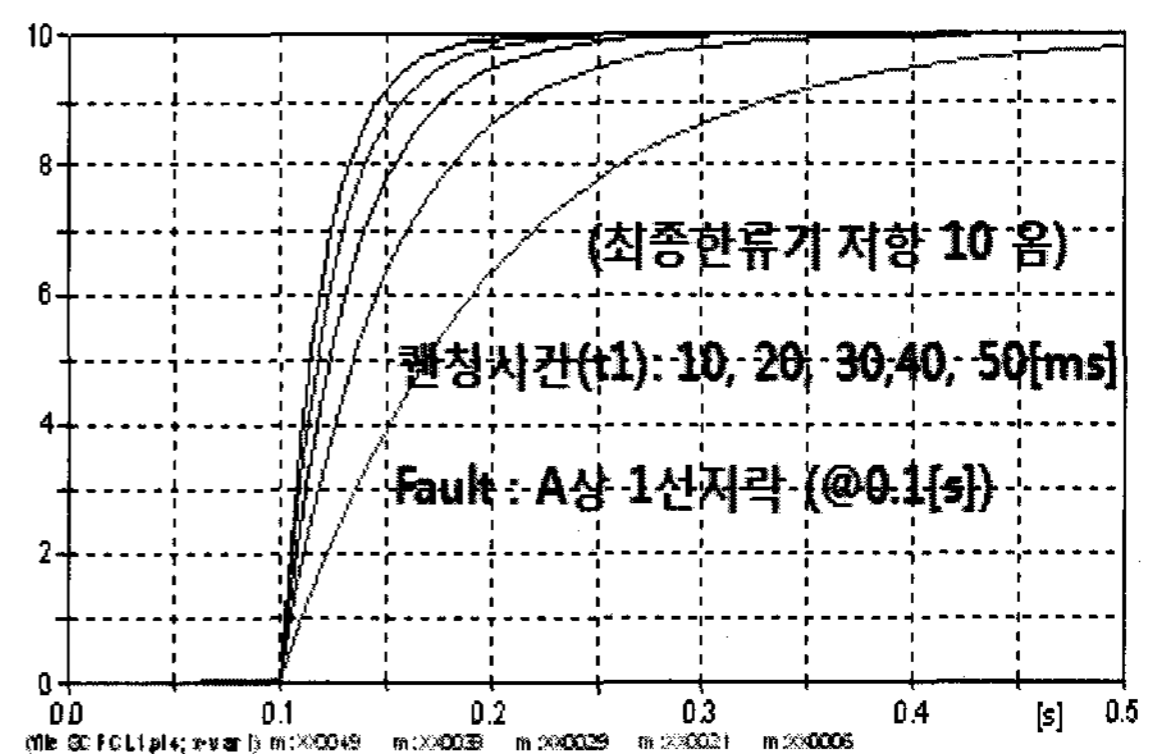


그림 10 켄칭 시간에 따른 초전도 한류기 저항 변화  
Fig. 10 SFCL resistance variation at quenching time



그림 11에서, 켄칭시간 변화에 따른 고장전류는 켄칭시간이 증가 할수록 한류전류로의 과도시간 역시 비례하여 증가함을 확인하였다.

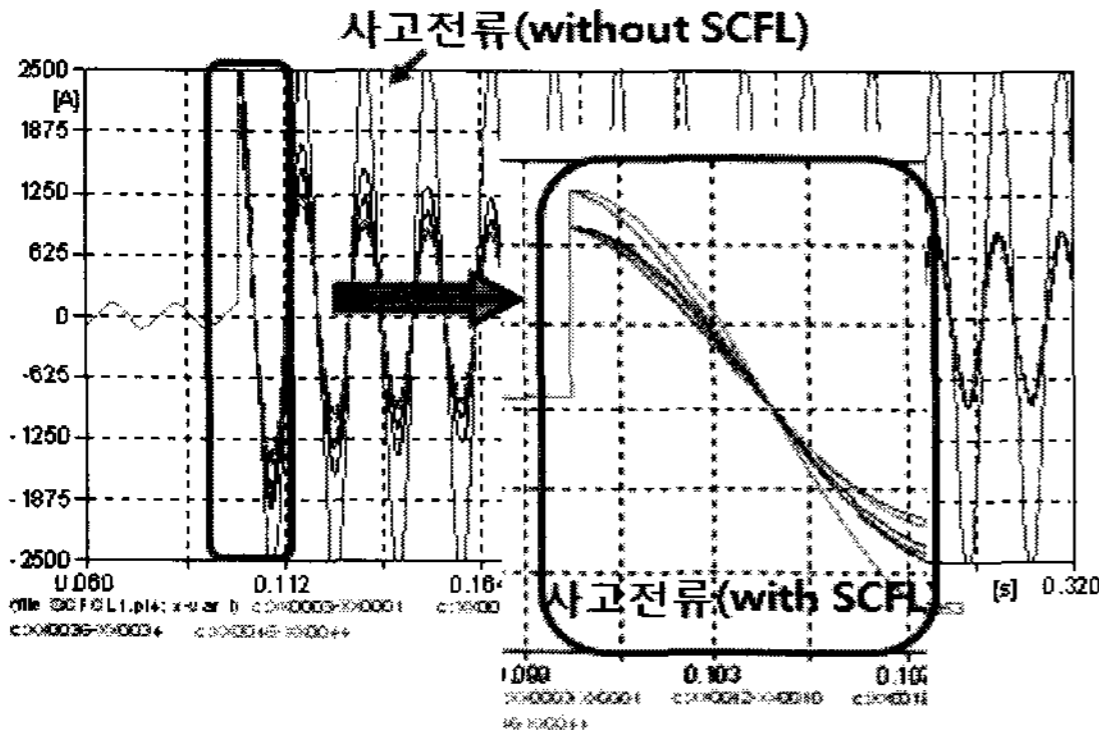


그림 11 켄칭 시간에 따른 고장전류 변화  
Fig. 11 Fault Current Variation at quenching time

### 4.3 회복 특성에 따른 계통 영향

초전도체의 소재 특성으로 초전도 한류기의 회복시간은 켄칭시간 보다는 긴 특성을 갖고 있으나 계통의 재폐로 차단기의 재폐로 동작을 고려할 때 1차 재폐로 시간인 0.5[s]를 초과하지 말아야 한다. 따라서 초전도 한류기의 회복시간은 최대 0.5[s]로 한정하고 0.1[s] 단위로 증가시켜 모의시험하였다.

초전도 한류기의 회복시간이 짧을수록 계통의 영향이 최소화 됨을 예상 할 수 있으며 모의시험 결과, 그림 12에서의 결과와 같이 한류기에 의한 제한전류가 고장제거 후 정상전류까지의 안정화 시간이 초전도 한류기의 회복시간에 의해 결정됨을 확인 할 수 있었다. 즉, 빠른 회복시간 특성을 갖는 한류기가 사고제거 후 과도시간을 최소화 하는 것으로 확인 하였다.

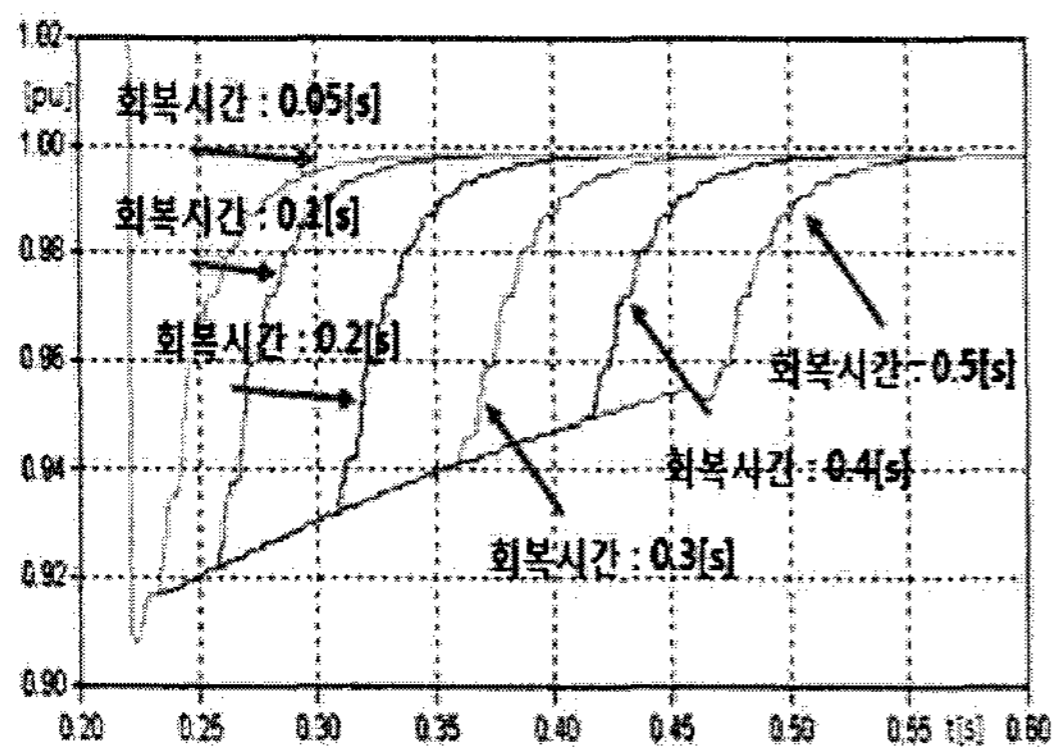


그림 12 회복시간에 따른 고장전류 변화 (rms)  
Fig. 12 Fault Current Variation at recovery time

그림 13은 초전도 한류기 투입에 따른 변압기 2차 측 A 상 전압 파형이며 초전도 한류기 투입 전과 비교하여 전압강하를 비교하였다. 이때, 초전도 한류기의 회복시간은 0.3[s]이다. 초전도 한류기의 투입 전에는 0.658[pu], 투입 후

에는 0.885[pu]로 초전도 한류기를 계통에 적용함으로써 전압강하 개선효과가 있음을 확인 할 수 있었다.

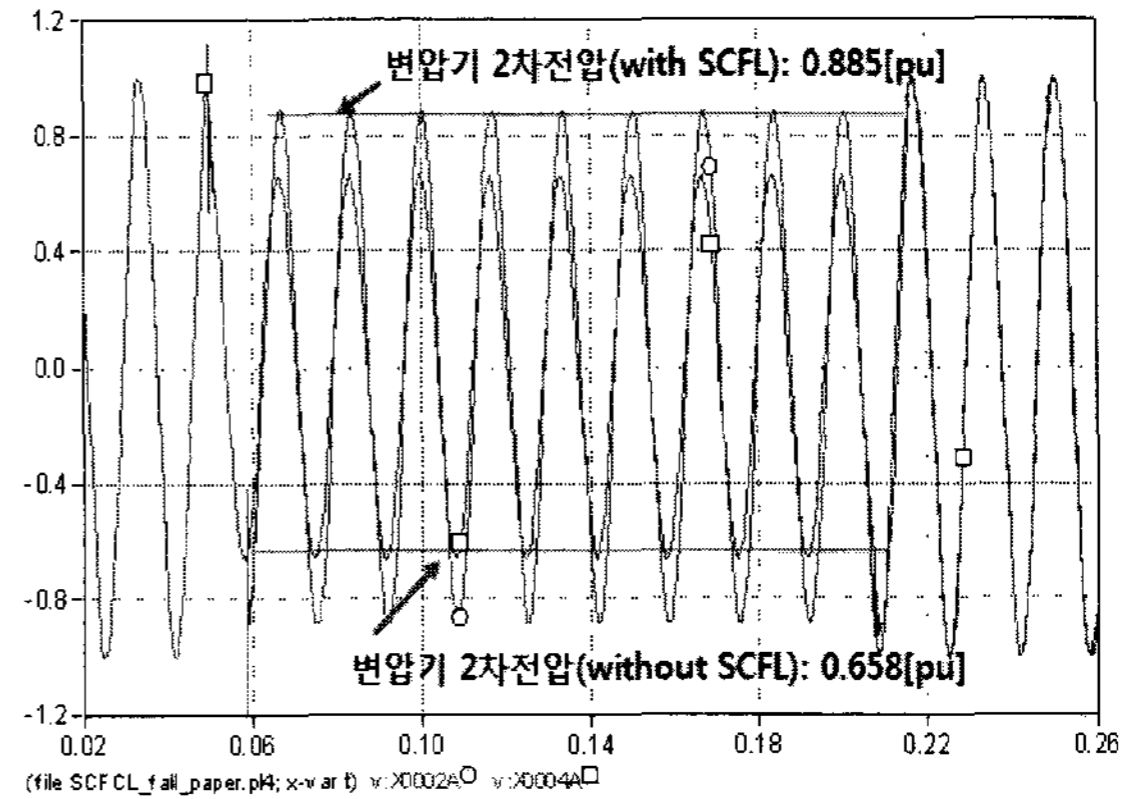


그림 13 전압강하 (회복시간:0.3[s])  
Fig. 13 Voltage sag(recovery time: 0.3[s])

그림 14는 회복시간 0.3[s]를 갖는 초전도 한류기의 고장전류 변화를 나타낸 것이며 초전도 한류기의 회복시간에 따라 정상전류로의 복귀시간이 결정됨을 확인 할 수 있었으며 초전도 한류기의 회복시간과 정상상태로의 복귀는 서로 비례함을 확인 하였다.

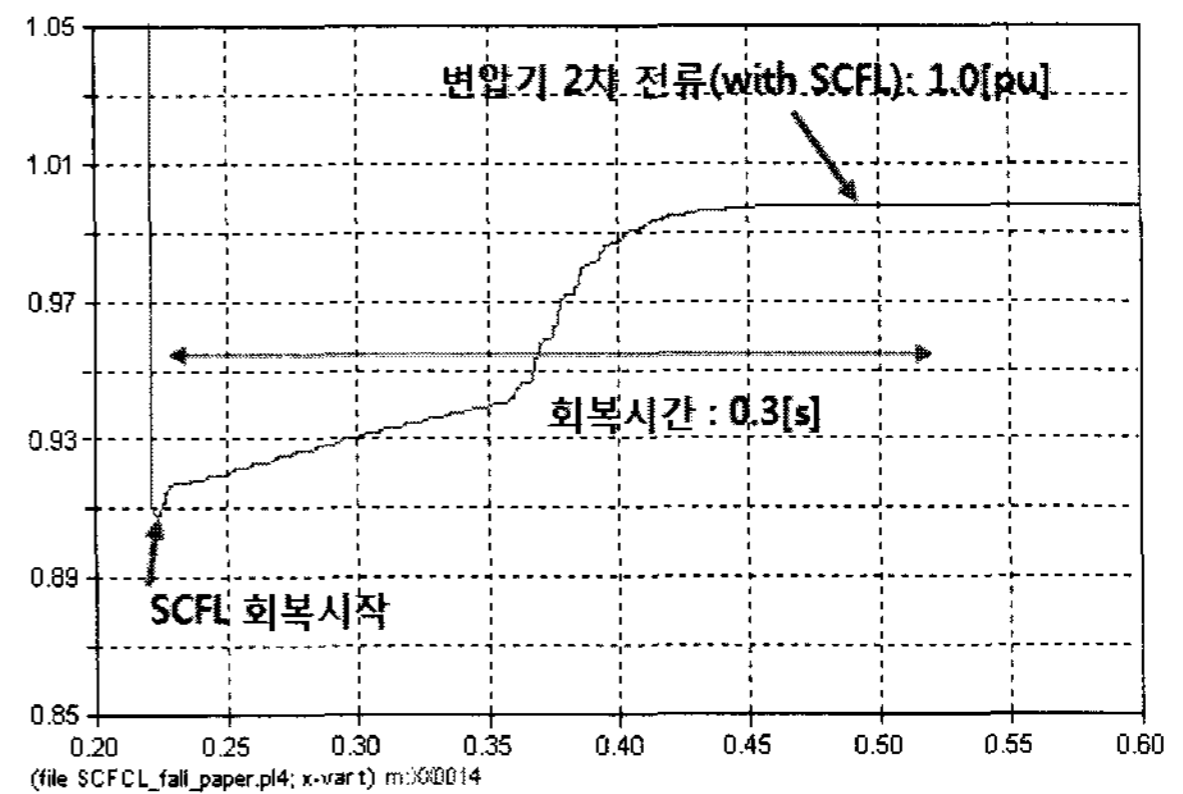


그림 14 고장전류(RMS) 변화 (회복시간:0.3[s])  
Fig. 14 RMS Fault current variation (recovery time: 0.3[s])

따라서, 켄칭 시간이 짧을수록 최종 한류전류에 빠르게 수렴하므로 다른 보호 설비인 재폐로 차단기의 투입 시간을 고려하여 최대한 짧은 켄칭 특성을 갖도록 하는 초전도체의 적용이 필요함을 확인 할 수 있었다. 회복 특성 시간은 초전도 한류기 냉각 설비의 비용적인 문제를 고려할 때 회복 시간이 길어 질수록 저비용이 소요되며 재폐로 동작이나 계통의 영향 측면에서는 짧은 시간이 우선 시 되는 pay-off 특성을 갖는다. 따라서 초전도 한류기 설계에 있어서 재폐로 동작이나 기타 보호기기의 한시특성에 영향을 주지 않는 범위 내에서 최대의 회복특성 시간을 갖도록 구성되어도 무방함을 모의시험을 통해 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 초전도 한류기의 배전 계통 투입 시 고장 전류의 한류특성을 결정하는 켄칭, 회복특성에 따른 계통 영향을 분석하였다. 켄칭, 회복시간에 따라 초전도 한류기의 제한전류, 사고 제거 후 정상전류까지의 안정화 시간이 서로 비례함을 확인 함으로써 초전도 한류기 설계 및 적용에 있어서 빠른 켄칭 및 회복시간을 갖는 한류기의 적용이 초전도 한류기 동작에 따른 계통의 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이러한 연구 결과는 계통 안정도를 고려하지 않은 결과이나 안정도를 고려하더라도 유사한 결과를 나타 낼 것으로 판단되며 향후, 계통안정도 및 최적 한류저항 값 결정과 같은 병행 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

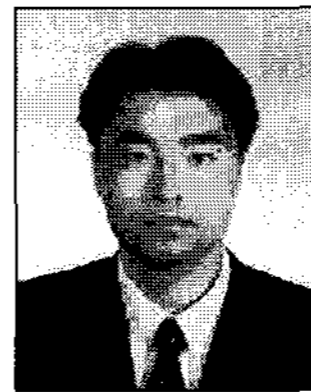
### 참 고 문 헌

- [1] Lj. Kojovic, S. Hassler, "Application of Current Limiting Fuses in Distribution Systems for Improved Power Quality and Protection", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 12, No. 2, April 1997.
- [2] Alex Y. Wh, Yuexin Yin, "Fault-Current Limiter Applications in Medium- and High-Voltage Power Distribution Systems", IEEE Trans. on Industry Application, Vol. 34, No. 1, Jan./Feb.,1998.
- [3] Michael Steurer, Klaus Frohlich, "CURRENT LIMITERS - STATE OF THE ART", Fourth Workshop & Conference on EHV Technology, July 1998.
- [4] Vladimir Sokolovsky, Victor Meerovich, Shaul Goren, Istvan Vajda, "Study of the Quench Conditions in Superconducting Current Limiters", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol. 11, No. 1, Mar. 2001.
- [5] Lin Ye, Klaus-Peter Juengst, "Modeling and Simulation of High Temperature Resistive Superconducting Fault Current Limiters", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol. 14, No. 2, June, 2004.
- [6] Anders Wikstrom, Peter Bennich, Ake Ekstrom, Pasi Hyvonen, "Power Quality Improvement by Use of a solid State Current Limiting Device", Harmonics and Quality of Power, 2000. Proceedings. Vol. 3. 1-4 Oct., 2000.
- [7] H.-R. Kim, S.-W. Yim, S.-Y. Oh, O.-B. Hyun,

"Analysis on recovery in Au/YBCO thin film meander lines", Progress in Superconductivity, Vol. 9, No.1, pp.119-125, 2007.

- [8] J. R. S. S. Kumara, A. Atputharajah, J. B. Ekanayake, F. J. Mumford, "Over Current Protection Coordination of Distribution Networks with Fault Current Limiters", IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006.

## 저 자 소 개



### 이 상 봉 (李相奉)

1968년 2월 22일생. 1994년 한양대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 성균관대학교 정보통신공학부 연구교수



### 김 규 호 (金圭浩)

1966년 3월 8일생. 1988년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 안산공과대학 전기과 부교수



### 김 재 철 (金載哲)

1955년 7월 22일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988년~현재 숭실대 전기공학과 교수.

Tel : (02) 817-0647

Fax : (02) 817-0870

E-mail : jckim@ssu.ac.kr



### 현 옥 배 (玄鉦培)

1953년 2월 11일생, 1976년 연세대 물리학과 졸업, 1987년 Iowa State Univ. 대학원 물리학과 졸업(이박), 현재 전력연구원 수석연구원.

Tel : (042) 865-7510

Fax : (042) 865-5206

E-mail : hyun@kepri.re.kr