

## 국내 수송용가계통에서의 초전도한류기 적용가능성 검토

### A study on the application of HTS-FCL in Korean Customer Power System

이승렬\*, 김종율\*, 윤재영\*\*

Seung-Ryul Lee\*, Jong-Yul Kim\*, Jae-Young Yoon\*\*

**Abstract:** As the load density of KEOCO system is higher, the fault current can be much higher than SCC(Short Circuit Capacity) of circuit breaker. Fault current exceeding the rating of circuit breaker is a very serious problem in high density load area, which can threaten the stability of whole power system. Even though there are several alternatives to reduce fault current, as the superconductivity technology has been developed, the HTS-FCL(High Temperature Superconductivity Fault Current Limiter) can be one of the attractive alternatives to solve the fault current problem. This study presents the application of 154kV HTS-FCL in Korean power system.

**Key Words:** HTS, FCL, customer power system.

#### 1. 서 론

1960년대 이후 경제발전과 함께 전력수요가 증가하여 전력계통이 점차 대형화하고 복잡화함에 따라 고장전류 문제 및 공급신뢰도 문제 등이 대두되었다[1]. 전력수요 증가에 따른 발전설비 및 송변전 시설의 확장으로 인하여 향후 국내 전력계통의 고장 전류는 점점 더 증가할 것으로 전망된다. 특히 우리나라는 수도권의 부하 밀집 정도가 매우 높고 계통 구성 역시 복잡한 환상(Loop) 구조로 운영되고 있다. 때문에 부하밀도 및 계통구성형태 등으로 인한 고장 전류의 증가가 매우 심각할 것으로 예상된다.

이에 따른 고장전류 저감대책으로서 현재, 선로개방, 모선분리, 직렬리액터 적용, 차단용량 증가 등의 대책을 강구할 수 있다[2]. 그러나 이러한 방안들은 고장전류 문제해결의 최선책이 아니며, 계통측면에서도 공급신뢰도 저하 등의 문제점을 야기할 가능성이 존재한다. 따라서 이러한 고장전류 문제를 해결하기 위한 근본적인 대안으로서 초전도한류기의 적용가능성을 검토해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 초전도한류기의 도입대상 중 하나인 수송용가계통에서의 그 적용가능성을 검토하는 것을 목적으로 한다.

\* 정 회 원 : 한국전기연구원 연구원

\*\* 정 회 원 : 한국전기연구원 책임연구원

원고접수 : 2004년 8월 11일

심사완료 : 2004년 9월 2일

#### 2. 국내계통의 고장전류 문제

##### 2.1 전력수요의 편재

국내 전력계통의 특성 중 하나는 타 국가와 전력용량이 불가능한 단독계통(Island System)이며, 발전원은 중·남부 지역에 편재되고 전력수요는 수도권에 과도하게 집중되어 있다는 것이다. 이러한 특성은 전 세계적으로 유래를 찾아보기 힘든 사례인데, 이처럼 전력계통에서 특정지역에 부하가 집중되어 있는 경우, 고장전류문제 및 전압문제 등 여러 가지 문제가 발생할 가능성이 매우 높다. 향후, 아래 Fig. 1 과 같이 수도권의 전력부족과 지역별 전력수급 불균형은 더욱 심화될 전망이다[1]. 부하 밀집지역인 수도권에서 전압 및 고장전류 문제 발생의 가능성은 더욱 커질 것으로 예상된다. 따라서 기타 고장전류 저감책과 함께 초전도한류기와 같은 대책방안이 강구되어야 할 것이다. 또한, 이와 함께 수급안정 및 원활한 전력수송을 위한 송변전 설비의 보강이 필요할 것으로 사료된다.

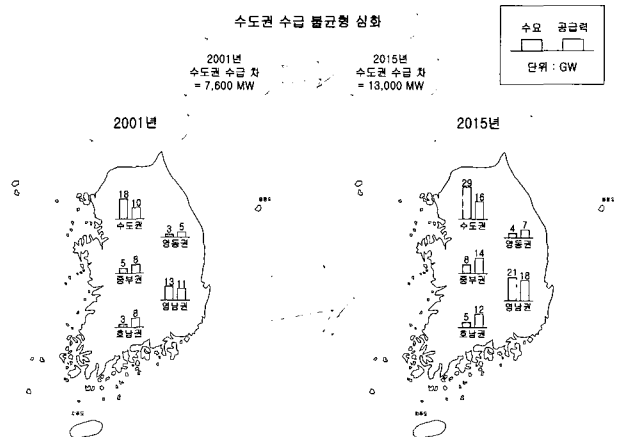


Fig. 1. Unbalance of power supply and demand in the metropolitan area.

##### 2.2 국내계통 고장전류 추이

향후 국내 전력계통의 고장전류 추이를 살펴보기 위해서 2006년 ~ 2010년 한전 실계통 계획데이터를 대상으로 PSS/E 3상 고장해석을 수행하였다. 대상계통의 부하시점은 고장전류 문제가 좀 더 심각한 부하집중시점을 선정하기 위해서 각 년도별 하계 peak 시점을 선택하였으며, 모의 대상지역 역시 부하밀도가 높아서 고장전류 문제가 발생할 것으로 판단되는 수도권지역을 선택하였다. 이러한 데이터를 기준으로 하여 PSS/E 고장해석을 통해서 154kV전체 모선에 대한 고장전류 수치를 확인하였다.

위의 Fig. 2, 3 에서 나타나는 바와 같이 154kV 계통에서 계통 다중연계와 부하밀도 증가로 인하여 고장전류가 점점 증가하는 경향을 보이며, 2010년경에는 154kV 차단기 최대 용량인 50kA를 넘는 모선이 다수 발생할 것으로 예상된다. 이처럼 고장전류가 차단기 용량을 초과하는 경우, 고장으로 인한 사고 파급영향을 미연에 방지하고 전력계통의 안정적인 운영을 도모하기 위해서는 고장전류의 크기를 억제해야 한다. 다시 말해서 전력계통에서 고장이 발생할 경우, 고장전류를 억제하여 차단용량보다 적게 하여 차단기가 고장구간을 신속하게 분리할 수 있어야 한다.

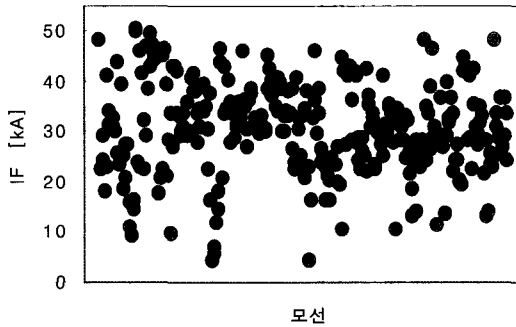


Fig. 2. Fault current of metropolitan 154kV bus in 2006.

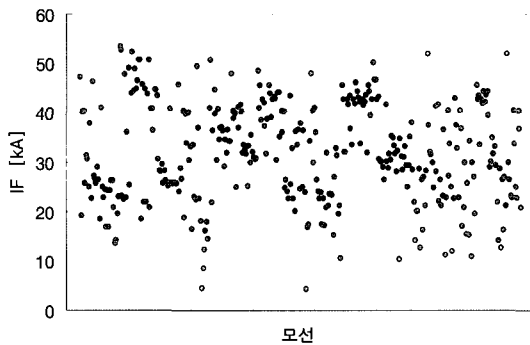


Fig. 3. Fault current of metropolitan 154kV bus in 2010.

**2.3 고장전류 억제대책**

현재 한전에서 검토되고 있는 고장전류 대책은 아래와 같으며 실 계통적용 시에는 경제성, 계통신뢰도 및 현장여건을 고려하여 선택적으로 추진하고 있다. 향후 장기 송변전 계획에 고장전류 억제대책의 하나로써 초전도한류기의 적용방안이 포함되기 위해서는 기술적 측면의 타당성은 물론 경제적 측면의 타당성도 반드시 확보되어야 할 것으로 사료된다.

- 345kV 변전소간 154kV 연계선로 분리 시행
- 모선분리 시행(모선 Section CB 설치, 인출변경 또는 단일모선 운전)
- 직렬리액터 설치 검토
- 대용량 차단기 적용(345kV : 50kA, 63kA, 154kV : 50kA )

**3. 초전도한류기 도입필요성**

2장에서 논의한 바와 같이 국내 전력계통의 고장전류 문제는 부하집중 등으로 인해서 향후 더욱 심각해질 전망이다. 이에 따른 고장전류 저감대책으로서 현재, 선로개방, 모선분리, 직렬리액터 적용, 차단용량 증가 등의 대책을 강구할 수 있지만, 각각의 대안들이 계통관점에서 약간의 문제점을 갖거나 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

때문에, 고장전류 억제, 계통 안정도 및 공급신뢰도 확보, 전력기기의 경제적 효율성 등 여러 가지 문제를 동시에 해결하기 위한 한 가지 방안으로서 초전도한류기(Superconducting Fault Current Limiter : SFCL)의 도입이 제기되었다. 초전도한류기는 정상상태에서는 임피던스가 거의 0(zero)이지만, 고장상태에서는 상당히 큰 값을 가지므로 고장전류를 크게 감소시키는 효과를 나타낸다. 그러므로 계통용량 증대에 따른 고장용량 증대에 효율적으로 대처하기 위하여 적용할 수 있다. 즉, 초전도한류기를 적용함으로써 고장발생시 전력계통을 안전하게 보호할 수 있음은 물론이고, 고장용량이 초과되는 송변전 설비를 교체하지 않아도 되므로 경제적으로 큰 효과를 볼 수 있다. 또한 초전도한류기는 한류리액터 적용이나 모선분리 등의 대책들보다 계통안정화를 저하시킴이 없이 고장전류 저감효과가 크며, 차단용량 증가보다 상대적으로 비용도 적게 드는 장점이 있다.

**4. 상전도 차단기 기본성격**

현재 한전계통에서 사용되는 차단기는 정격전압에 따라 7.2kV, 25.8kV, 72.5kV, 170kV, 362kV로 구분되며, 정격차단전류 및 정격전류에 따라 다양한 사양을 가지게 된다. 이에 대한 상세한 내용은 Table 1 에 나타내었다.

특히, 본 연구에서 초전도한류기 적용과 관련된 차단기의 사양은 22.9kV과 154kV급이므로 이에 대해서 고찰하면 다음과 같다.

Table 1. The standard of circuit breaker.

정격 전압 (kV)	정격 차단 전류 kA (rms)	정 격 전 류 A (rms)				정격 투입 전류 kA (Peak 치)	정격 차단시간 (Cycle) (60 Cycle 기준)
		600	1200	2000	3000		
7.2	12.5	600	1200	2000		31.5	8(5)
	25	600	1200	2000	3000	63	
	31.5		1200	2000	3000	79	
	40		1200	2000	3000	100	
25.8	12.5	600	1200			31.5	5(3)
	25	600	1200	2000	3000	63	
	40		1200	2000	3000	100	
72.5	12.5	600	1200			31.5	5(3)
	20		1200	2000		50	
	31.5		1200	2000	3000	79	
170	31.5	600	1200	2000		79	3
	40		1200	2000		100	
	50		1200	2000	3000	125	
	63			2000	4000	158	
362	40			2000	4000	100	3

- 22.9kV 계통의 차단기와 Recloser 기본정격은 25.8kV 25kA이다.
- 154kV 한전 및 수용가 계통의 차단기 기본정격은 170kV 31.5kA(일부 한전 변전소용 및 수용가 설비) 및 50.0kV(대부분 한전 변전소용)이다. 만약, 향후 고장전류 문제가 심각하고 다른 대안이 부적절한 경우 170kV 63kA 차단기 적용도 고려하고 있는 실정이다.

## 5. 초전도한류기의 적용가능성 해석개요

### 5.1 해석사례 선정

본 연구에서는 실제 수용가계통에서 초전도한류기를 적용 가능성을 검토하기 위해서 다음 Table 2와 같이 전압별 CASE로 구분하였다.

Table 2. Application cases of HTS-FCL in customer system.

해석 CASE	적용대상	해석방법
CASE-FCL-L1	154kV 수용가	EMTDC 계통해석
CASE-FCL-L2	22.9kV 수용가	EMTDC 계통해석

### 5.2 기본 검토사항 및 검토방법

초전도한류기 적용을 위한 계통검토는 고장해석을 기본으로 한다. 계통계획단계에서 고장전류 문제는 가장 가혹한 고장조건인 3상 고장해석을 하는 것이 원칙이므로, 본 연구에서는 조류계산 데이터를 이용하여 3상고장해석을 수행한다. 본 연구에서 사용한 EMTDC 초전도한류기 모델은 기 개발된 모델[5]을 사용하였으며, Quenching 최종임피던스 값은 계통해석시 적용 임피던스 값으로 통용되는 154kV, 100MVA 기준 0.05PU(11.858Ω)을 적용하였다.

## 6. CASE별 계통해석

### 6.1 CASE-FCL-L1 계통검토 (154kV 수용가)

#### 6.1.1 검토사례 선정 배경

국내 전력계통 내의 일부 154kV 자가용 수용가의 경우, 고장전류의 문제가 발생할 소지가 있다. 이러한 경우, 고장전류 문제를 해결하기 위한 대안으로서 초전도한류기를 고려할 수 있다. 본 사례는 국내 실 계통에서의 고장전류 문제가 있는 154kV 직수용가에 초전도한류기를 적용하는 경우이다. 본 연구에서는 우리나라의 대표적인 154kV 자가용 수용가에 대한 고장전류 문제발생여부 및 초전도한류기 적용가능성을 검토하기 위한 사례로서 울산 154kV 변전소에서 수전하는 H사의 CASE를 선정하여 검토하였다. 검토사례의 선정배경은 다음과 같다.

- 2001년 11월 단락용량 초과로 인한 정전사고 발생
- 정전사고 발생내역 및 피해
  - 모선 3상고장 → 단락용량 초과 및 차단기 파괴 → 지속정전 발생
  - 석유화학 공장의 특성상 막대한 피해 초래

- 차단용량 문제가 발생하면 차단기는 물론이고 모선, MOF, DS 등 대부분의 설비를 교체해야 함.
- 수전변전소 모선 포함 변전설비 교체비용으로 20 ~ 30 억 소요예상
- 향후 단락용량 대폭 증가 예상
- 국내의 상당수 154kV 직수용가들이 당면하고 있는 문제임
- 향후 FCL 적용 혹은 단락용량 증대 필요 : 초전도한류기 적용 가능성 높음

위에서 기술한 바와 같이 H사는 단락용량 초과로 인한 정전사고가 발생한 경험이 있으며, 이에 따라서 차단용량 문제로 인해서 단락용량의 대폭증가가 불가피하다고 결정을 하였다.

#### 6.1.2 계통구성

울산 154kV 변전소는 현재 모선분리를 하여 운전중이며, 경우에 따라서 모선통합 운전을 하고 있는 실정이다. 본 사례에서 고장이 발생한 시점의 울산 변전소의 경우, 모선통합 운전을 한 것으로 추정되며, 모선통합 운전시 고장전류 문제가 더욱 심각하므로 본 검토에서는 기본적으로 모선통합시의 계통을 고려하여 검토 CASE를 상정하였다. 본 CASE는 EMTDC 계통검토를 기본으로 하며, 상세계통검토를 위한 EMTDC 계통을 구성하면 Fig. 4 와 같다.

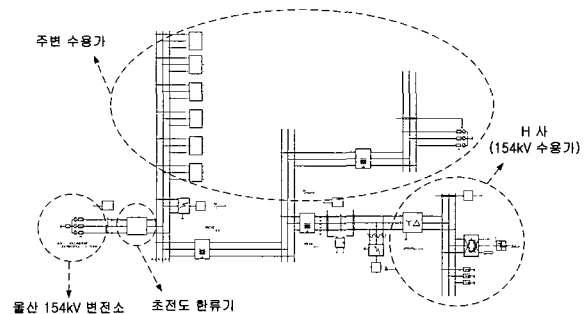


Fig. 4. CASE-FCL-L1 power system diagram.

#### 6.1.3 계통데이터

정확한 계통해석을 위해서는 상기 계통구성과 함께 전원임피던스, 선로데이터 등의 데이터가 필수적이다. 보다 신뢰성 있는 계통해석을 위한 계통데이터는 다음과 같다.

##### 1) 울산 154kV 변전소 전원 등가임피던스

고장해석을 위해서는 우선 전원 등가임피던스가 필요하다. 본 검토에서는 한전을 통해서 입수한 울산 154kV 변전소 모선 등가임피던스를 사용한다. 모선 등가임피던스는 다음과 같다.

- 울산 154kV 변전소 모선 등가임피던스
  - 정상분 :  $Z1 = 0.046 + j1.032$  [%]
  - 영상분 :  $Z0 = 0.146 + j0.963$  [%]

##### 2) H사 부하데이터

계통해석을 위해서 적용한 H사의 부하데이터는 다음과 같다.

- 전체 부하 유효전력 용량 : 10MW

- Static Load (전체부하의 15%)  
: 1.5+j10.75 (PF=0.95)
- Dynamic Load (전동기부하, 전체부하의 85%)  
: 8.5MW (11394.1HP),  
역률 0.9기준 9.44MVA

**3) 울산 154kV 변전소 수전 수용가 데이터**

일반적으로 주변 수용가의 존재여부가 고장전류 해석결과에 큰 영향은 미치지 않지만, 본 검토에서는 보다 상세한 검토를 위해서 주변 자가용 발전기의 영향을 등가적으로 고려하여 계통해석을 하였다. 울산 154kV 변전소 산하의 154kV 수용가 현황은 Table 3과 같다.

Table 3. Transmission line of customers for the connection to 154kV Ulsan S/S.

자가용 수용가명	선로사양	길이(km)
DH 사	ACSR 240 1회선	3.787
HW 사	ACSR 240 1회선	1.694
SS 사	ACSR 240 1회선	3.334
S 사	CV 200 1회선	2.2
HS 사	ACSR 240 1회선	2.2
T(1) 사	ACSR 240 1회선	0.854
T(2) 사	CV 400 1회선	1.831
B 사	CV 400 1회선	0.4
HD 사	ACSR 240 1회선	2.587
DHW 사	ACSR 240+360	1.6

EMTDC 계통분석에서 송전선로 임피던스는 도체 특성자료 및 송전선로 철탑의 기하학적 데이터를 입력하여 구할 수 있지만, 현실적으로 송전선로의 구간별 철탑형태가 서로 상이하므로 정확한 관련 데이터를 구하는 것도 어렵다. 이러한 단위 길이 당 선로정수의 정확성이 고장전류 해석결과에 미치는 영향은 극히 미미하다. 따라서, 송전선로 임피던스를 현장 자료조사와 한전에서 사용하는 송전 도체의 선종별 표준 임피던스 및 기타 참고자료를 적용하였다. Table 4는 한전의 계통 보호업무 참고자료에 수록되어 있는 도체 선종별 임피던스 중에서 본 사례의 계통해석과 관련 있는 선종별 단위길이 당(km당) 임피던스를 수록한 것이다.

Table 4. Impedance of the receiving power line for the neighbor customer. (154kV, 100MVA Base)

도체 선종	정상분 임피던스 (%/km)			영상분 임피던스 (%/km)		
	R1	X1	Y1	R0	X0	Y1
ACSR 240 <sup>*1)</sup>	0.0565	0.1920	0.0811	0.1156	0.4329	0.0333
ACSR 160 <sup>*2)</sup>	0.0896	0.2097	0.0776	0.1994	0.6689	0.0330
CV200 <sup>*3)</sup>	0.0686	0.0695		0.0709	0.0623	
CV400 <sup>*4)</sup>	0.02171	0.07029		0.04686	0.05657	

\*1) R1, X1, R0, X0는 한전 자가용 선로 임피던스 자료 적용  
Y1, Y0는 계통보호업무 참고자료집 데이터 적용  
\*2) 한전 보호업무 참고자료 HDCC 150(mm) 데이터 준용  
\*3) 한전 자가용 선로 임피던스 자료 적용 (울산-SK CV200 선로 데이터)  
\*4) CV400은 사양이 동일한 타 선로 데이터 준용

**4) 초전도한류기 데이터**

초전도한류기의 투입효과를 확인하기 위해서 기 개발된 EMTDC 초전도한류기 모델을 적용하였다[5]. 초전도한류기의 투입위치는 울산 154kV 변전소 후단이며, 초전도한류기의 최종저항값은 154kV 100MVA 기준으로 0.05 pu ( = 11.858 Ω )으로 가정하였다.

**6.1.4 검토결과**

상기 구성된 계통에서 t = 1 초에 고장이 발생한 것으로 모의하였으며, 고장위치는 울산 154kV 모선과 H사 154/6.6kV 변압기 154kV측으로 가정하였다. 초전도한류기 투입 전후의 검토결과는 다음과 같으며, 본 결과에서 초전도한류기의 적용효과를 확인 할 수 있다.

Table 5의 결과에서 알 수 있듯이 초전도한류기를 적용하기 전에 154kV 수용가측 고장이 발생하였을 경우, 고장전류 수치가 31.44kA로서 일반적인 154kV 수용가 측 차단기 용량인 31.5kA에 거의 육박하는 수치를 기록하고 있다. 이는 계통운영상태 및 주변 수용가 등의 영향에 의해서 경우에 따라서는 차단기 용량을 초과할 가능성이 있음을 나타낸다. 이 경우, 고장문제에 대한 대책수립이 필요한데, 일반적으로 고려하는 방법은 차단용량의 증대이다. 그러나 이 방안은 MOF, DS 등 기타 관련 설비를 모두 교체해야하므로 경제적인 비용이 많이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 고장전류문제를 해소하기 위한 대안으로서 초전도한류기를 적용한다면, 상기 표의 결과에서 알 수 있듯이 현재의 고장전류를 저감시킬 수 있을 뿐만 아니라 향후 단락용량이 증대되는 악조건에서도 고장문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 그러므로 초전도한류기의 도입은 경제적인 면의 장점을 가질 뿐만 아니라, 고장전류 문제의 근본적인 해결방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5. The result of fault analysis.

고장위치	울산 154kV 모선		H사 변압기 1차측	
	HTS-FCL 적용 전	HTS-FCL 적용 후	HTS-FCL 적용 전	HTS-FCL 적용 후
고장전류	41.63 kA	10.20 kA	31.44 kA	9.82 kA

**6.2 CASE-FCL-L2 계통검토 (22.9kV 수용가)**

**6.2.1 검토사례 선정배경**

본 사례는 22.9kV 자가용 수용가의 고장전류 문제를 확인하여 고장전류 문제가 있을 경우, 이에 대한 대책 방안으로서 초전도한류기를 적용하기 위한 사례이다. 적절한 사례를 선정하기 위해서 국내 22.9kV 자가용 수용가에 대한 자료를 수집하였으며, 그 중 고장전류 문제가 심각할 것으로 판단되는 1개 CASE를 선택하여 검토사례로서 선정하였다. 본 사례는 서울지역의 신촌 154 kV 변전소에서 수전하는 22.9 kV 수용가 E에 대한 검토사례이며, 계통 구성 및 관련 데이터에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다. 기본계통 데이터는 실제 계통 데이터에 가까운 값을 사용하기 위해서 2010년 PSS/E 한전계통 데이터를 활용하였다.

- 신촌 154kV 변전소 (PSS/E 계통데이터 활용)
  - 모선 전압 : Vs = 160.79kV
  - 전원 등가임피던스  
: Zs = 3.5224 ∠ 79.21°Ω  
(고장전류 = 26.23 kA 기준)
  - : 2010년 PSS/E 한전계통 데이터를 대상으로

고장계산을 수행하여 산정

- 최대부하 :  $P = 3.376 \text{ MW}$ ,  $Q = 1.3504 \text{ MVAR}$ 
  - 무효전력  $Q$ 는 역률 0.93을 가정하여 추정하였음.
- 배전선로 선종 및 길이
  - 선종 : CN 325mm<sup>2</sup> (873m), 전력선 EC 160mm<sup>2</sup> (950m), 중앙선 AL 95 mm<sup>2</sup> (950m)
  - 기본검토 계통 구성시는 CNCV 325 mm<sup>2</sup> (1km)로 가정했음.

상기의 실제 계통데이터를 이용한 계통검토와 별도로, 22.9kV 수용가의 일반적인 고장전류 문제를 검토하기 위해서 가장 악조건에서의 고장해석을 수행하여 그 결과를 비교하였다. 이 때, 22.9kV 수용가 E는 자가용 발전기가 없는 수용가이지만, 자가용 발전기가 고장전류 문제에 미치는 영향을 확인하기 위해서 자가용 발전기 역시 존재하는 경우까지 가정하여 계통검토를 하였다. 고장전류 문제에서의 악조건으로 가정하여 고려한 관련데이터는 다음과 같다.

- 신촌 154 kV 변전소 전원 등가임피던스
  - 모선 전압 :  $V_s = 160.79 \text{ kV}$
  - 전원 등가임피던스 :  $Z_s = 1.8566 \angle 80^\circ \Omega$  (고장전류 = 50kA 수준)
- 자가용 발전기
  - 전압 : 22.9kV
  - 전원 등가임피던스 :  $26.2205 \angle 80^\circ \Omega$  (3MVA, 15% 기준)

본 사례는 22.9kV급 배전계통에 대한 검토이므로 EMTDC 프로그램을 사용한 계통검토를 기본으로 한다. 위의 데이터를 적용하여 EMTDC 기본검토계통을 구성하면 Fig. 5와 같다.

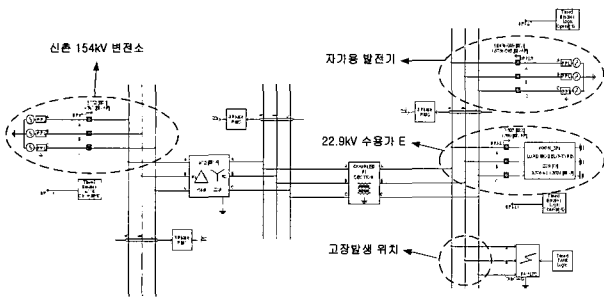


Fig. 5. Diagram of a 22.9kV customer system.

6.2.2 해석결과

상기 구성된 계통에서  $t = 1$  초에서 고장이 발생한 것으로 가정했을 때, 고장전류 결과는 Table 6과 같다. Table. 6의 검토결과에서 보면, 실제 계통에서 고장전류는 약 8.48 kA로서 수용가의 22.9kV 차단용량인 12.5 kA를 고려할 때, 고장전류 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 자가용 발전기의 투입함으로써 약 0.5 kA 정도의 고장전류 증가를 보이므로 자가용 발전기가 고장전류 문제에 미치는 영향은 매우 작을 것으로 추정된다. 좀 더 심각한 고장전류 문제를 갖도록 154kV 변전소의 고장전류 수준을 50kA 정도로 가정하여 검토한 결과 역시 22.9kV 수용가 측면에서는 고장전류가 약 9 kA 정도로써, 고장전류 문제가 발생하지는 않는 것으로 확인되었다.

Table 6. The result of fault analysis for CASE-FCL-L2.

검토조건	자가용발전기 투입 전	자가용발전기 투입 후
2010년 실제 운전조건 적용 (고장 전류 = 26.23 kA 기준)	8.48 kA	8.96 kA
154kV 변전소 $Z_s = 1.8566 \angle 80^\circ \Omega$ (고장전류 = 50 kA 수준) 가정	8.67 kA	9.16 kA

7. 결 론

본 연구에서 초전도한류기의 국내 전력계통적용 가능성에 대해서 기본적인 기술검토를 수행하였다. 우선 국내 전력계통 현황과 이에 따른 초전도한류기의 도입 필요성 및 계통적용효과에 대해서 분석하였으며, 실제 계통에의 적용가능성을 판단하기 위해서 실제 계통적용가능 사례를 도출하여, 각 사례에 대해서 EMTDC 등을 이용하여 세부계통해석을 수행하였다. 적용 사례별 세부 계통해석 결과를 정리하면 다음과 같다.

Table 7. Results of the feasibility for the application HTS-FCL.

해석 CASE	적용대상 및 적용방법	계통적용 필요성 및 가능성
CASE-FCL-L1	154kV 수용가	높 음
CASE-FCL-L2	22.9kV 수용가	보 통

- CASE-FCL-L1 : 154 kV 자가용 수용가
  - 본 사례는 국내 실 계통에서의 고장전류 문제가 있는 154kV 직수용가에 초전도한류기를 적용하는 경우이다. 우리나라의 대표적인 154kV 자가용 수용가에 대한 고장전류 문제발생여부 및 초전도한류기 적용가능성을 검토하기 위한 사례로서 울산 154kV 변전소에서 수전하는 H 사의 CASE를 선정하여 검토하였다.
  - 상세 계통검토 결과 고장전류 문제가 발생할 가능성이 있으며, 이에 대한 대책방안이 필요하다. 수용가의 고장문제에 대한 대책으로서 차단기 용량의 증대를 고려할 경우 MOF, DS 등 기타 관련 설비를 모두 교체해야하므로 경제적인 비용이 많이 소요된다는 단점이 있다.
  - 따라서, 고장전류 문제가 있는 154kV 수용가의 경우, 초전도한류기의 도입은 경제적인 면의 장점을 가질 뿐만 아니라, 고장전류 문제의 근본적인 해결방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.
- CASE-FCL-L2 : 22.9kV 수용가
  - 본 사례는 22.9kV 자가용 수용가의 고장전류 문제를 확인하여 고장전류 문제가 있을 경우, 이에 대한 대책방안으로서 초전도한류기를 적용하기 위한 사례이다.
  - 적절한 사례를 선정하기 위해서 국내 22.9kV 자가용 수용가에 대한 자료를 수집하였으며, 그 중 고장전류 문제가 심각할 것으로 판단되는 1개 CASE를 선택하여 검토사례로서 선정하였다. (신촌 154 kV 변전소에서 수전하는 22.9 kV 수용가 E)

- 계통검토 결과, 최악의 고장전류 문제를 갖는 조건을 고려하여도 고장전류 문제가 발생할 가능성은 매우 적은 것으로 확인되었다. 그러므로 본 사례에서 고장전류 제한에 의한 직접적인 효과는 없을 것으로 보인다. 그러나 지속적인 고장전류에 의한 배전계통의 각종 전력기기의 수명감소 관점, 즉, 고장전류로부터의 배전계통의 다양한 전력기기 보호측면에서는 초전도한류기의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

**감사의 글**

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도 응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

**참 고 문 헌**

- [1] 산업자원부, "제1차 전력수급기본계획(2002년 ~ 2015년)", 2002. 8.
- [2] 한국전력공사, 송변전사업본부, 계통계획실, "2002년 장기 송변전 건설계획(2002년 ~ 2015년)", 2002. 12.
- [3] 한국전력거래소, 계통기술처, "2002년 전력계통 설비 정수 종합표", 2002. 6.
- [4] 한국전력공사, "한전표준구매시방서"
- [5] 윤재영, 김종율, 이승렬, "저항형초전도한류기 과도 특성을 고려한 EMTDC 모델개발", 한국초전도·저온공학회논문지, 5권 2호, 2003. 9.
- [6] Hak-Man Kim, Jong-Yul Kim, "Feasibility Study of Superconducting Fault Current Limiter Application to Korean Power System", Journal of the Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics, Vol. 5, No. 1, 2003.
- [7] H. Kameda, "Setting method of specific parameters of a superconducting fault current limiter considering the operation of power system protection" IEEE Transactions on applied superconductivity, June 1999.
- [8] M. Noe, B. R. Oswald, "Technical and economical benefits of superconducting fault current limiters in power systems," IEEE Transactions on applied superconductivity, 1999. 6.
- [9] M. Sjostrom, D. Politano, "Technical and Economical Impacts on a Power System by Introducing an HTS FCL", IEEE Trans on Applied Superconductivity Conference, Sept. 2000.

**저 자 소 개**



**이승렬(李昇烈)**

1975년 9월 23일생. 1999년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2003년 동 대학원 전기공학과 박사과정수료, 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력시스템연구그룹 연구원.



**김종율(金鍾律)**

1974년 7월 6일생. 1997년 부산대학교 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력시스템연구그룹 연구원.



**윤재영(尹在暎)**

1962년 7월 30일생. 1985년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 기술사(발송배전). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력시스템연구그룹장 책임연구원.