

### 제철소의 고장전류 계산과 단락전류 저감 방안

조양행, 손재현, 김제홍  
강릉영동대학 전기과

## Fault Calculation and Reduce Methods of Short Circuit Current for Steel Plant

Cho Yang Haeng, Son Jae Hyun, Kim Jae Hong  
Kangneung Yeongdong College

### 1. 서 론

연구의 필요성

- 공장 및 발전기 증설로 인한 계통 고장전류의 변화 계산
- 고장용량 초과가 예상되는 계통에 대한 저감방안 수립
- 계통 운영의 문제점 검토

연구내용

- 기초조사: 기존설비 및 증설 설비에 대한 자료 검토/분석
- 적용 Data 및 Impedance Map 작성, 고장전류 Case 선정
- 고장전류계산: Case별 고장계산(Momentary 및 Interrupting Current), 1선 지락전류 계산

계통운영 및 단락용량 저감 방안 제시

수전선로 또는 구내 Tie Line Reactor 설치 방안, 계통분리 운전방안, 22KV 모선의 운전방안 등의 보완방법 분석

### 2. 시스템 구성 및 적용 Data

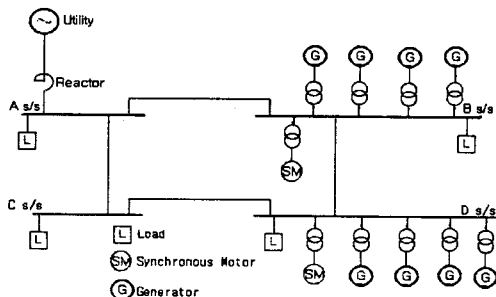
시스템 전압 및 전력설비 구성

- 현 수전방식 : 154KV 2회선 수전
- 향후 : 345KV 2회선 수전, 주변압기 용량 500MVA 18% 2대
- 주변전소 : Loop 운전, 이중모선 Normal On운전
- 계통접지 : 직접접지 방식
- 기타사항 : 공장 측의 각종 전력설비 구성 및 용량, 모터 기동 방식 등의 자료조사 및 분석

적용 Data

- Utility : 정상임피던스 → 0.075+j0.872, 영상임피던스 → 0.265+j2.456
- 345KV 계통 : - 모선단락용량 : 16GVA  
- 송전선로 : 0.0345+j0.367(Ω/km), 20Km  
- 345KV TR. : 500MVA, %Z :18%
- 발전기, 동기전동기, 변압기, 유도기 및 선로 : 실 운영 자료를 조사하여 적용하며, 440V급 이상 유도전동기도 축약하여 적용한다.

시스템 구성도



<그림 1> 시스템 구성도  
<Fig.1> System Configuration

### 3. 고장계산 Case

현 계통의 고장계산 Case

- ① 3상 단락전류
  - Interrupting and Momentary Current
- ② 1선 지락전류
  - 100MW T/G용 154KV TR 1, 4, 8 대 접지

향후 설비 증설 완료 후의 계통구성에 따른 Case

Case 명	계통운영 상태	내부 발전설비 운전상태
Case 1	그림 1의 시스템 구성도	100MW 7대, 150MW 3대
Case 2	Case 1에 수전 Line 3% Reactor 설치	100MW 9대, 150MW 3대
Case 3	345KV 수전(345KV TR 2대 병렬운전)	100MW 7대, 150MW 3대
Case 4	Case 3에서 제철소 내부 계통 분리	100MW 9대, 150MW 3대

### 4. 고장계산 결과

#### 4.1 3상 단락전류

현 계통의 고장계산 결과

Bus명	Current	Momentary Current(KA) (1/2 Cycle)	Interrupting Current(KA)			차단기 차단용량
			3Cycle	5Cycle	8Cycle	
154KV BUS	R S/S	43.1	29.2			31.5 KA
	J S/S	42.8	29.1			
	A S/S	42.8	29.0			
	H S/S	42.8	29.0			
22KV BUS	R S/S	32.8		19.0		40 KA
	J S/S	43.8		36.3		
	A S/S	35.7		20.1		
	H S/S	50.5		33.4		
6.6KV BUS	R S/S	20.8			18.4	31.5 KA
	J S/S	33.8			18.5	
	A S/S	18.8			12.3	
	H S/S	18.8			11.2	

향후 설비 증설 완료 후의 계통구성에 따른 계산 결과

Case 명	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
R S/S	42.0	39.2	40.8	17.8
J S/S	41.6	39.0	40.4	17.8
A S/S	41.9	39.3	40.7	28.8
H S/S	41.8	39.3	40.6	28.6

**4.2 1선 지락전류**

□ 현 계통의 Step up TR 증성점 접지 대수에 따른 수전변전소 154KV Bus 영상 임피던스 및 지락전류 크기는 다음과 같다.

증성점 접지 상태	영상 임피던스 (10MVA)	1선 지락전류
1 대 접 지	0.0548 + j0.634 %	18.0 KA
4 대 접 지	0.0311 + j0.455 %	25.8 KA
8 대 접 지	0.0247 + j0.380 %	31.0 KA

□ Step-up TR 증성점을 8대 접지할 경우 1선 지락전류가 31.4KA로 고장 전류가 너무 크며 4대 정도 접지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

□ 향후 설비 증설 완료 후의 Case 4 에 대한 1선 지락전류 크기는 다음과 같다.

증성점접지상태	영상 임피던스 ( 10MVA)	1선 지락전류
4 대 접 지	0.0311 + j0.455	25.8 KA
8 대 접 지	0.0227 + j0.457	27.5 KA

**5. 3상 단락용량 저감 방안**

□ 단락용량 억제 대책

- 직렬 Impedance의 추가 : Line Reactor 설치, 발전기 및 변압기 Impedance증가

- 계통구성상의 대책 : 계통의 분할 구성, 전원계통의 분산, 직류변환장치에 의한 억제

□ Line Reactor 설치

- 수전선로에 3%의 Line Reactor 설치 : 이 경우 154KV모선에 약 5.5KA 정도의 저감효과를 가져오나, 향후 내부발전력 증가로 큰 효과를 보기 어렵다.

- J S/S 와 H S/S 사이 Reactor를 설치 : 이 경우 A S/S 및 H S/S의 차단기 차단용량이 초과 한다.

□ 변압기 Impedance 조정

- 제철소 내의 발전기용 Step-up TR의 임피던스가 12%이나 이를 15%로 상향할 경우 154KV에서 2.7KA정도가 저감된다. 이 경우는 기존 변압기를 교체하여야 하므로 현실적으로 어렵다.

- 신설계획인 345KV 500MVA변압기와 신설발전소용 변압기를 다소 높게 선정 하면 1.2KA정도가 감소된다.

□ 계통분리

- Case 4와 같이 J S/S와 H S/S 간 154KV 계통을 분리하여

운전하면 고장전류 계산값이 28.6KA로 약 12.2KA 정도의 저감 효과가 있다. 이 고장전류는 제철소 내부의 모든 설비가 전 가동(유도전동기 포함)할 때의 값으로 실제로는 최대 26KA 정도가 예상 된다.

- 22KV 모선의 경우 J S/S와 H S/S의 고장전류는 36.3KA, 33.4KA이다. 이는 주 변압기를 3대 병렬운전 한 경우이며, 2대 병렬운전시에는 각각 24.7KA, 22.5KA로 감소된다.

**6. 결 론**

□ 3상 단락전류

① 현 설비의 3상 단락전류 계산결과 차단기의 차단용량에 근접하는 것으로 나타났다.

구 분	차단기 차단전류(KA)	고장전류 계산 값(KA)	비 고
154KV	31.5	29.2	R S/S
22KV	40.0	36.3	J S/S
6.6KV	31.5	18.5	J S/S

② 고장전류의 주 공급원은 Utility(11.4KA), 발전설비(9.2KA), 동기전동기(4.3KA) 및 유도전동기(4.3KA)로서 구내설비가 공급하는 고장전류가 61%를 차지하고 있다. 본 계산은 6.6KV에 걸려 있는 모든 유도 전동기가 동시 가동 상태로 보았으나, 실제로는 계산 값의 70%정도(3KA)가 기여 될 것으로 사료 된다.

③ 향후 Utility의 단락용량 증가와 공장 내 설비 증설로 인하여 154KV모선의 3상 단락전류가 42KA로 차단용량을 초과하게 된다. 이는 수전선로에 Reactor를 설치하여도 154KV 모선의 차단용량은 초과하게 된다.

□ 1선 지락전류

① 현 계통에서 소내 발전기(GEN. TR)의 변압기를 모두 접지하는 경우 1선 지락전류는 3상 단락전류 보다 크다. 이 경우 유도장해, 기기절연 내력 및 차단용량에도 문제가 되므로 바람직하지 않다.

② 향후 345KV 및 계통해열 후 GEN. TR을 1대 접지하는 경우 비유효접지가 되므로 이 변압기를 4대 접지로 운영하는 것이 적절하다.

□ 고장전류 저감 방안

① 현 설비의 154KV모선에서 3상 단락전류 계산결과 차단기의 차단용량에 근접하는 것으로 나타났으며, 향후 공장 내 설비용량 증가로 인해 차단용량을 초과하게 되므로 Utility측에 Reactor를 설치하여 고장전류 유입을 줄일 수 있으나 내부 고장전류가 크므로 154KV계통을 분리 운전하는 것이 적절하다. ② 22KV계통은 주변압기 3대를 병렬운전 함에 따라 고장전류가 크므로 2대씩계통을 분리하여 운전하는 것이 적절하다.