



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원 저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리와 책임은 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



2017年

2月

碩士學位論文

2017年 2月
碩士學位論文

전기철도용 과전류 계전기
최적화 연구

전기철도용 과전류 계전기 정정 최적화에 관한 연구

朝鮮大學校 產業技術融合大學院

沈志明

電氣技術融合工學科

沈志明

전기철도용 과전류 계전기 최적화 연구

A Study on Optimization of Over-Current Relay
for Electric Railway

2017年 2月 24日

朝鮮大學校 產業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

沈 志 明

전기철도용 과전류 계전기
최적화 연구

指導教授 崔 孝 詳

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2016年 11月

朝鮮大學校 產業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

沈 志 明

沈志明의 碩士學位論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 曹錦培 印

委員 朝鮮大學校 教授 徐吉模 印

委員 朝鮮大學校 教授 崔孝祥 印

2016年 11月

朝鮮大學校 產業技術融合大學院

목 차

ABSTRACT	iv
I 서 론	1
II 이론적 고찰	3
A. 고장 전류	3
1. 고장전류의 형태	3
2. 고장전류 공급원	4
3. 비대칭 계수	5
B. 과전류 계전기	6
1. 전기철도용 과전류 계전기	6
2. 디지털 보호계전기	8
3. 전기철도용 과전류 보호계전기	8
III 실험 및 결과고찰	10
A. 호남선 전철변전소 과전류 계전기	10
B. 호남선 전철변전소 과전류 계전기	18
1. 노안전철변전소 과전류 계전기 정정	19
2. 일로전철변전소 과전류 보호 계전기 정정	27
C. 분석결과	30
IV 결론	34

List of Figures

Fig. 2-1 Form of fault current over time	3
Fig. 2-2 Time variance of rotator short circuit current	4
Fig. 2-3 Suction phenomenon of normal tram operation	7
Fig. 2-4 Differential connection of CT	8
Fig. 2-5 OCR protection coordination of Scott connection transformer	9
Fig. 3-1 Illo S/S impedance map	15
Fig. 3-2 Noan normal line S/S impedance map	15
Fig. 3-3 Beagyangsa IMPEDANCE MAP	16
Fig. 3-4 Illo Honam line S/S OCR coordination of protection graph ..	16
Fig. 3-5 Beagyangsa Honam line S/S OCR coordination of protection graph	17
Fig. 3-6 Noan Honam normal line S/S OCR coordination of protection graph	17
Fig. 3-7 Noan high speed line one line diagram	19
Fig. 3-8 Noan high speed line impedance map	19
Fig. 3-9 Revised Noan Honam line S/S OCR coordination of protection graph	26
Fig. 3-10 Noan Honam high speed line S/S OCR coordination of protection graph	26
Fig. 3-11 Revised Illo Honam line S/S OCR coordination of protection graph	29
Fig. 3-12 Secondary CT connection of Noan S/S main transformer ..	32
Fig. 3-13 Noan Honam line S/S OCR coordination of protection graph after CT connection	33

List of Tables

Table 3-1 Basic data of Honam line substation transformer	11
Table 3-2 Illo S/S OCR setting	12
Table 3-3 Beagyangsa S/S OCR setting	13
Table 3-4 Noan normal line S/S OCR setting	14
Table 3-5 Revised Illo normal line S/S OCR setting	30
Table 3-6 Revised Noan high and normal speed line S/S OCR setting	31

ABSTRACT

A Study on Optimization of Over-Current Relay for Electric Railway

Ji-Myoung Shim

Advisor : Prof. Hyo-Sang Choi, Ph.D.

Electrical Engineering Technology
Convergence

Industrial Technology Convergence

Graduate School of Chosun University

According to electrification of railroad in domestic and gradually increasing dependency for using electric power in operating the system, the demands that are supplying stable power in the electric railway and power quality improvement increase rapidly. Also importance of protective relay which is main part for maintaining the stability in the grid increases steadily. Protective relay can clearly detect the type of the fault like electric tramway fault or transformer fault, amplitude of the fault voltage and current, the impedance. It can control the shut down system in the grid for prevent the expansion of the fault state and also find the faulting spot. The causes of the fault in the AC electric railroad system are short circuit in the substation or

the feeding circuit and line to ground fault. The fault occurs the high voltage and the large current, it should be remove in a moment. Therefore by replacing the protective relay in perfect location can detect the fault and organize circuit with protection in electric tramway system. Recently there are no big difference between the fault current and load current because of the high speed technology and using regenerative electric tram. Thus protective system is essential to avoid malfunction by protective relay. Domestic electric tram has distinctive electric uniqueness. Various of relay which developed in internal and external are widely used for construct the reliable gird. When there is a fault or the overload in the grid, it causes the large current than steady state current. The over current relay detects the current which high rated and sends the block signal. It removes the fault and overloaded states by relatively simple mechanism so it is prevalent in electric tramway system.

In this paper, decide the suitability of over current relay in protective device coordination to suggest the proper value by running the real simulation of 3 substation in Ho-nam. Also calculate the value of over current relay in the changed power feeding system by applying high speed tram. Finally verify the reliability by applying in the real grid.

I. 서 론

2016년 6월 확정한 「제3차 국가철도망구축계획」에 따르면 정부는 기존 고속철도구간의 연장과 연도 말 수도권 고속철도의 완공을 통해 전국 고속철도망을 구축하고 고속열차 운행구간의 병목구간 해소, 고속철도 서비스 지역 확장 사업, 철도서비스가 제공되지 않는 지역에 고속화철도(200km/h 이상) 건설, 낙후된 기존 일반철도를 고속화(230km/h)하는 사업 등을 지속적으로 추진하며 비전철과 전철이 혼재되어 전철운행이 불가능한 주요 간선을 전철화시키는 사업과 장항선·경전선·동해선·경북선 비전철 구간의 전철화사업을 통하여 해당 노선의 열차속도 향상, 전철운행, 열차운영편성 증가가 가능한 환경을 조성함으로써 운영효율성 확보하겠다는 계획을 밝혔다. 2020년 철도 영업거리 대비 전철화율 비율이 80% 이상으로 예상되며 전철화율 확대로 전차선로에 필연적으로 나타나는 전철변전소는 더욱 확대될 것이다. 이처럼 철도망의 전철화율 및 시스템의 전기에너지에 대한 의존도가 점진적으로 상승함에 따라 안정적인 전력 공급 대책과 질 높은 전력 향상에 대한 요구도 증가하고 있으며 안정적인 계통유지에 중요한 역할을 하는 보호계전기의 중요성도 부각되고 있다. 전기철도의 보호계전기는 변압기, 전차선로 등의 사고나 고장 시에 고장 전류와 전압의 크기, 임피던스 등을 검출하고 확인하여 고장을 분별하고 연계된 시스템으로의 파급 확대를 방지하기 위해 급전 차단을 제어한다. 대부분의 일시적이고 부분적인 고장은 급전 차단 후 정상 상태로 재폐로 복구하며 보호시스템의 정상, 비정상 상태를 구분함으로써 이 후 비정상적인 동작 오류를 방지한다[1].

전철변전소 및 급전회로의 단락이나 지락은 교류전기철도 급전시스템에서 가장 주목해야 할 고장 원인이다. 이는 전압이 높고 고장전류가 대단히 크기 때문에 순시에 검출하여 그 원인을 제거해야 한다. 이를 위해 급전회로의 적절한 위치에 가능한 정확한 정정이 이루어진 보호계전기를 설

치하여 고장을 검출하고 전차선로를 보호하는 것은 중요하다. 또한 회생 전력을 발생시키고 고속화 되어가는 전기차의 부하 전력 증가는 사고시 발생하는 고장전류와 정상상태의 부하전류 사이에 그 구별을 모호하게 하여 보호계전기의 동작 오류 가능성을 발생시키고 있다[2-3].

변전소 신, 중설과 같은 계통 변경 시 계전기 정정 범위를 파악하여 정정치를 산정하는 작업은 많은 양의 데이터를 검증해야하는 절차를 거치고 그 정정 과정도 복잡하다. 우리나라 교류전기철도 급전시스템은 시스템 고유의 전기적 특이성을 가지고 있고 신뢰성 있는 계통을 구축하기 위하여 국내외의 계전기를 사용하고 있으며 그 종류도 매우 다양하다.

계통의 과부하나 회로의 고장으로 전류량이 증가할 때 정상상태의 기준 전류와의 차이를 검출하여 차단기에 신호를 보냄으로 고장 구간을 구별하고 이상 부하를 제거하는 과전류계전기는 보호방식이 비교적 간단하고 고장제거도 확실하여 전기철도시스템에서 널리 사용되고 있다[4].

본 논문에서는 호남선 3개 전철변전소에 설치되어 운영되고 있는 과전류 계전기의 정정값 및 정정에 필요한 요소들을 전기철도용 보호계전기 정정 프로그램으로 검토하고 시뮬레이션하여 그 과전류 계전기 간 협조 (Protective device coordination)관계의 적합성을 판단하여 수정된 정정값을 제시하였다. 또한 고속선의 신설로 변경된 전력 급전계통에 적합한 과전류 계전기 정정값을 산출하였고 실제 계통에 적용하여 그 신뢰성을 검증하고자 하였다[5].

III. 이론적 고찰

A. 고장전류

1. 고장전류의 형태

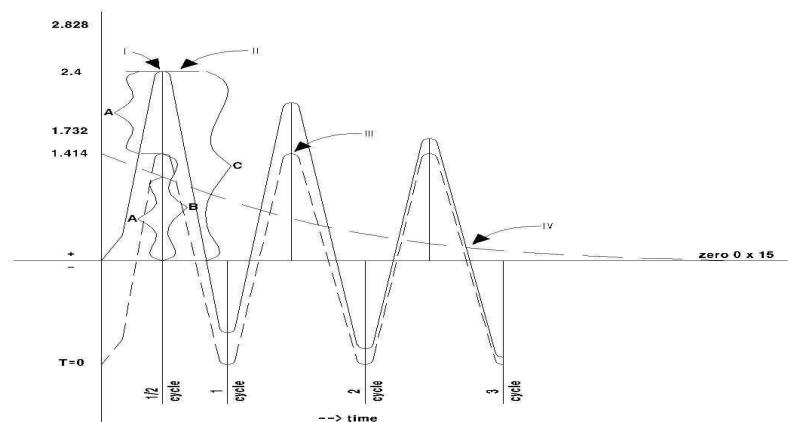


Fig. 2-1 Form of fault current over time

그림 2-1은 일반적으로 전력계통에서 발생하는 고장전류의 형태를 평면 그림과 같은 표현한 그림이다. 비대칭적인 고장 전류는 대칭(Symmetrical)분 교류성분과 직류성분으로 구성되고 특히 시간이 경과함에 따라 점차 감쇄하는 직류성분은 회로정수(X/R비)에 따라 그 크기가 정해진다. 회전기가 연결된 계통의 경우 교류분의 대칭성분도 시간의 영향을 받아 크기가 변화한다.

고장 전류 발생 시점에 따라 고장발생 처음 반주기에서 전류의 크기가 큰 First Cycle Fault Current, 보호용 차단기 접점 개방 시점의 Interrupting Fault Current, 회전기의 영향이 사라지고 임피던스의 변화가 안정화 된 시점의 Steady State Fault Current로 구분할 수 있다.

2. 고장전류 공급원

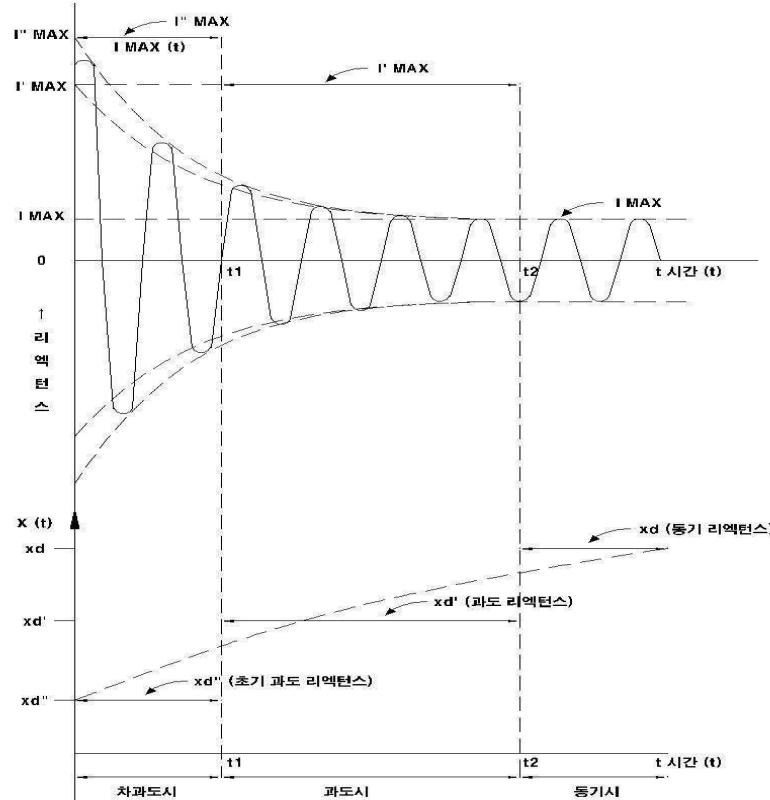


Fig. 2-2 Time variance of rotator short circuit current

전력계통에 고장이 발생하면 고장전류는 전력공급자 계통에서 공급될 뿐만 아니라 계통을 구성하는 회전기에서도 발생하게 된다. 계통에 연결된 전동기의 경우 고장이 발생 후 수 Cycle까지는 연결된 부하의 회전에너지에 의해 발전기로 작용하게 되고 전동기의 과도 리액턴스에 반비례한 고장전류가 사고지점으로 흐르게 된다. 이러한 전동기의 기여 전류 (Motor Contribution Current)는 잔류 자속의 영향만을 받는 유도전동기의 경우 수 Cycle후에는 소멸된다. 타여자 방식의 동기전동기의 경우는 유도전동기에 비해 기여 전류의 감쇄속도가 느리다. 큰 과도 고장전류를

발생시키는 전력용 콘덴서의 경우에 주파수가 계통의 주파수보다 훨씬 높고 그 크기에 비하여 과도 전류의 공급시간이 매우 짧아서 보편적으로 고장전류 공급원에는 포함되지 않는다. 고장전류 공급원이 회전기인 경우 공급되는 고장전류는 시간에 따라 변화한다.

그림 2-2는 회전기 단락 전류의 시간에 따른 변화량을 나타낸다. 고장이 발생하고 이 후 계통이 안정화 단계에 도달한 후 전류값을 결정하는 동기리액턴스 (Synchronous Reactance)를 X_d 라 했을 때 고장 발생 후 첫 주기(First Cycle)동안의 전류를 결정하는 차과도리액턴스 (Subtransient Reactance) X_d'' 는 0.1초 이내에 증가한다. 고장 발생 후 수 주기 (Cycle)후의 고장전류를 결정하는 과도리액턴스 (Transient Reactance) X_d' 는 0.5~2초 이내에 증가한다.

3. 비대칭 계수

고장이 발생하고 초기의 임의의 시간대의 고장전류는 고장발생시 전압의 위상과 역률에 의해 정해지는 직류성분이 중첩되어 흐른다. 이 직류분은 곧바로 소멸되어거나 고속차단을 하는 배선용 차단기나 Fuse 사용에 있어 이 직류분을 포함한 비대칭 고장 전류 실효값은 고려하여야 중요한 요소 중의 하나이다. 직류분을 포함하지 않은 교류분 실효값인 대칭 단락 전류 실효값 I_S 를 식 (2.1)로 직류분을 포함한 비대칭 단락전류실효값 I_{as} 를 식 (2.2)로 표현했을 때

$$I_S = \frac{100}{\%Z} \times \frac{P_n}{\sqrt{3} V_n} \quad (2.1)$$

$$I_{as} = \sqrt{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 + I_d^2} \quad (2.2)$$

식 (2.2)에서 I_m 은 단락고장전류 순시값, I_d 는 직류분 전류값이다. 직류

분의 감쇄율과 회전기의 리액턴스 변화율에 대한 값을 정확히 산출하여 적용하는 것이 바람직하나 실제로는 직류성분을 포함한 비대칭파의 전류 실효값을 교류성분으로 변환시키는데 비대칭 계수(M.F:Multiplying Factor)를 사용한다.

B. 과전류 계전기

1. 전기철도 운전전기의 특이성

전기철도는 전차선로가 1선을 접지한 단상회로라는 계통의 특수한 구성과 전기차가 Converter와 Inverter에 의하여 많은 고조파를 발생하고 또한 급전 구간 내의 전기차의 부하가 변하고 동시에 기동정지를 수시로 되풀이하는 등 변동이 극심한 부하라는 특이성을 갖는다. 전차선 급전시 단권변압기에 흐르는 무부하 여자 돌입전류와 전철변전소와 구분소에 절연구분장치를 전기차가 통과하여 지날 때 전기차가 장비하고 있는 변압기가 웨터그래프에 의하여 개폐시 흐르는 무부하 여자 돌입전류는 보호계전기가 오동작의 원인이 되고 있다. 대부분의 전철용 보호계전기는 상기의 동작 오류를 방지하기 위하여 운전전류에서 저차고조파 포함 여부를 확인한다. 또 극심한 부하 변동으로 부하전류와 고장전류의 구별이 쉽지 않으며 더욱이 원거리에서의 지락사고는 그 구별이 상당이 어렵다는 특징을 가지고 있다. 이와 같이 전기철도의 특이성으로 보호계전기 적용에 있어 계산과 정정이 매우 어려우므로 전기철도에서는 이를 계전기 적용과 보호에 차오를 일으키기 쉽다.

현재 국내의 전차선로는 프랑스의 전차선 설계방식에 따라 보호선을 직매설하고 변전소 접지망에 직접 접속하였다. 보호선 접속선은 레일과 공동접지방식으로 연결하였다. 임피던스를 경감하고 전압강하율 및 전기차의 회생제동효율을 높이기 위하여 구분소에서는 상선과 하선을 tie-병렬 운전 한다. 단권 변압기의 중성점으로 흐르는 전류 외에 급전회로의 구분소 tie-연결선이나 보호선을 통하여 타선으로 유출, 유입되는 타선 흡상현

상으로 단권변압기의 전류비에 오차가 생긴다.

그림 2-3은 정상 운전시 전류 파형이다. 급전구간 상행선에만 부하가 있고 하행선에 부하가 없는 정상 운전시에도 고장과 관계없는 횡류가 단권변압기의 사이를 흐르고 있다. 이와 같은 횡류가 사고시 계전기에 더 흐르게 되므로 계전기가 읽는 고장점까지의 결보기 임피던스를 적게 하여 계전기의 동작에 문제를 발생시킨다. 단권변압기 중성선간의 횡류에 의한 타선흡상현상을 보상하고 계전기의 정확한 동작을 보장하기 위해서는 그림 2-4와 같이 CT를 차동 결선한다. CT를 차동 결선하면 전차선로는 단상이므로 전차선 전류 I_1 과 급전선 전류 I_2 는 vector상 180도 이어서 고장전류와 AT간의 횡류를 합한 전류 곧($I_1 + I_2$)의 값이 CT 2차에 흐르게 되어 고장전류보다 큰 전류가 된다. 따라서 전차선 보호에 있어 후비보호 계전기들이 거리계전기와 서로 보호 협조가 되도록 동작시간을 정정하여야 한다[6-7].

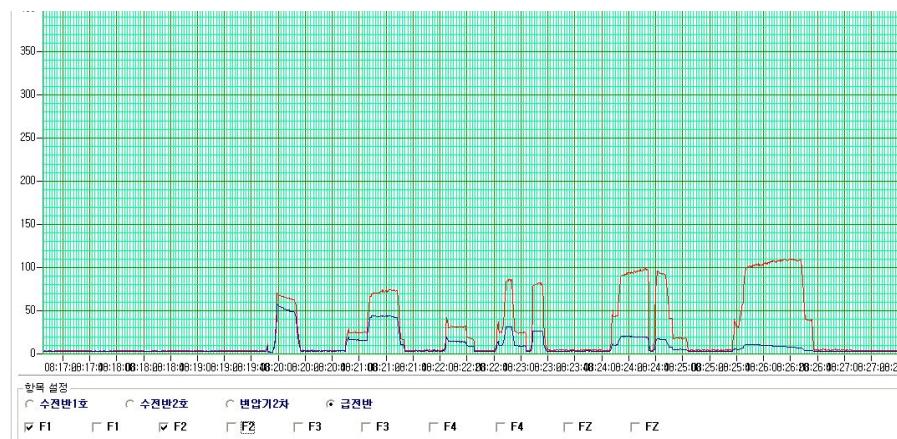


Fig. 2-3. Suction phenomenon of normal tram operation

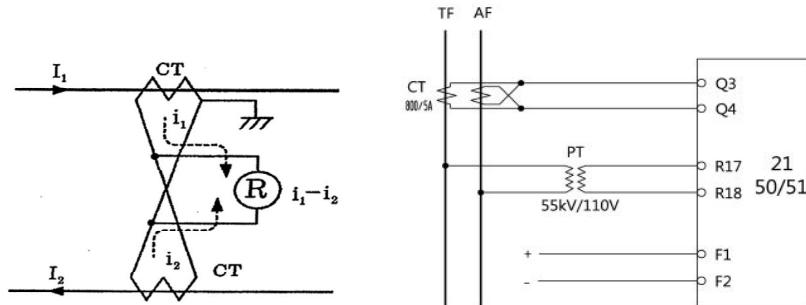


Fig. 2-4. Differential connection of CT

2. 디지털(Digital) 보호계전기

우리나라 전기철도에서 Digital 계전기로는 프랑스의 ICE사, 독일의 Siemens사, 및 일본의 Mitsubishi 전기의 3사 계전기를 사용하고 있으며, 사철인 공항철도에는 스웨덴(독일)의 ABB사 제품이 채택되어 있다.

국내의 계전기 제작회사는 과전류계전기의 한시특성에 IEC 60255-3에서 정한 특성식과 한국전력이 적용하여온 동작 특성식을 동시에 적용하고 있다. 또 ANSI/IEEE 특성의 계전기도 사용되고 있으므로 서로 다른 한시 특성을 가진 과전류계전기를 교체하거나 여러 제작회사의 계전기를 혼합하여 사용할 때에는 반드시 계전기 정정을 검토하여야 한다.

IEC, ANSI / IEEE, 한국전력공사가 적용하는 계산식이 서로 다르며 우리나라 철도에서 널리 쓰이고 있는 ICE, Siemens 및 Mitsubishi 계전기의 과전류 동작 시간 계산식의 계수도 서로 상이하므로 동작시간 등의 정정 시 주의를 요한다[8-9].

3. 전기철도용 과전류 보호계전기

일반적으로 송배전선, 모선, 발전기, 변압기, SC, SR등의 전력설비 신설 혹은 증설시, 전력계통 구성의 변경시, 계전기용 변성기의 교체 혹은 변압 비율, 변류비율 변경이 필요할 때, 부하 증가시, 보호계전기 오동작 및 부동작 발생의 경우 보호계전기 정정이 필요하다. 이때 정확한 고장구간

구분을 위하여 인접한 보호계전기간 보호 범위를 비교하여 상호 보호 협조가 잘 이루어지도록 정정치 및 동작시간을 결정해야 한다. 철도설계지침 및 편람(KR E-02090)의 정정 표준에 따라 수전측, 주변압기 1,2차측, 급전측 과전류 계전기를 정정하고 한국전력의 보호계전기 지침을 참조하였다. 그림2-5에서는 전기철도용 보호계전기의 설치 위치와 보호협조를 단선도로 표시하였다[10-11].

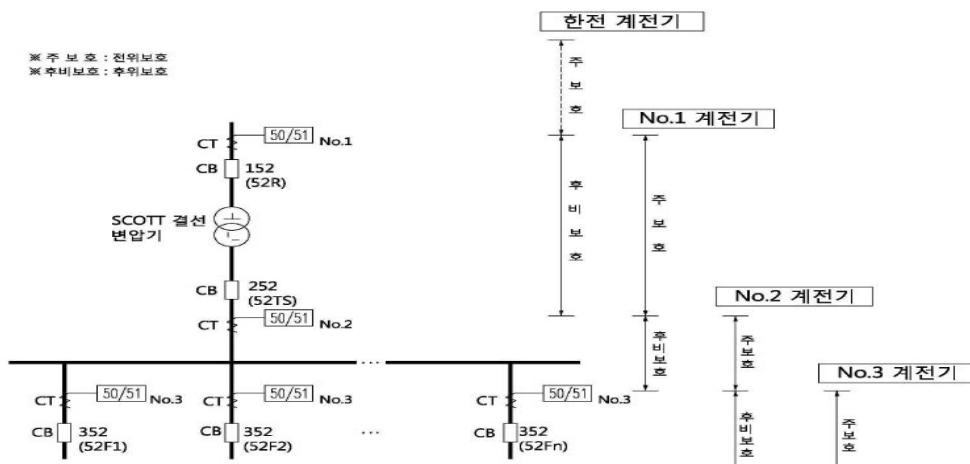


Fig. 2-5 OCR protection coordination of Scott connection transformer

III. 실험 및 결과고찰

A. 호남선 전철변전소 과전류 계전기

호남선 전철사업 개통이후 3개 변전소에 설치된 과전류 계전기의 한시 및 순시 전류값 정정치 및 시간차는 표3-2~4와 같다. 3개 전철변전소의 수전전압은 154kV이고 급전전압은 55kV이다. 주변압기는 스코트 변압기를 사용하고 있으며 기초 데이터는 표3-1과 같다. 전철변전소의 전력계통 단선결선도 및 기초데이터를 사용하여 전기철도용 보호계전기 정정 및 협조 프로그램으로 그림 3-1~3-3 같은 호남선 3개 전철변전소의 임피던스 맵을 작성하였다. 호남선 전철변전소에 설치된 보호계전기 정정값을 프로그램에 입력하여 그림 3-4~6과 같은 OCR 보호협조 곡선을 출력하였다.

그림 3-4와 3-5는 호남선 일로전철변전소와 노안전철변전소의 과전류 계전기 특성곡선이다. 일반선 급전계통의 경우 과전류 계전기 특성곡선이 변압기 손상 특성곡선 보다 좌측에 위치하고 있어 전력기기는 보호가능 범위이다. 또한, 변압기 여자돌입전류에 의한 계전기 동작가능성도 적어보이나 수전측 계전기, 변압기 1차 측과 2차 측 계전기간의 보호협조곡선이 중첩되어 고장 발생 시 상호간 보호협조가 이루어 지지 않을 수 있었다. 호남선 백양사변전소의 경우 과전류 계전기 특성곡선이 변압기 손상 특성곡선 보다 좌측에 위치하여 있어 전력기기는 보호가능 범위이고 변압기 여자돌입전류에 의한 계전기 동작가능성도 적어보이며 계전기간 보호 협조도 적정하였다. 전차선로 보호관계에서 후비보호계전기인 전철변전소의 급전측 과전류계전기의 경우 주보호 계전기인 거리계전기가 동작실패했을 때 동작되도록 설계되어있고 철도설계지침 및 편람(KR E-02090)의 보호계전기 정정 표준에 따라 보호계전기의 검출 감도는 계통전체로서 보호협조 될 수 있도록 정정되었다.

Table 3-1. Basic data of Honam line substation transformer

		일로전철변전소	노안전철변전소	백양사전철변전소	
용량	1차		30/40 MVA	30/40 MVA	45/60 MVA
	2차	M상	15/20 MVA	15/20 MVA	22.5/30 MVA
		T상	15/20 MVA	15/20 MVA	22.5/30 MVA
전압	1차		154 kV	154 kV	154 kV
	2차	M상	55 kV	55 kV	55 kV
		T상	55 kV	55 kV	55 kV
전류	1차		$I_A = 112.5 A / 149.9 A$ $I_B = 97.4 A / 129.9 A$ $I_C = 97.4 A / 129.9 A$	$I_A = 112.5 A / 149.9 A$ $I_B = 97.4 A / 129.9 A$ $I_C = 97.4 A / 129.9 A$	$I_A = 168.7 A / 224.9 A$ $I_B = 146.1 A / 194.8 A$ $I_C = 146.1 A / 194.8 A$
	2차	M상	$I_{M2} = 272.7 A / 363.6 A$	$I_{M2} = 272.7 A / 363.6 A$	$I_{M2} = 409.1 A / 545.4 A$
		T상	$I_{T2} = 272.7 A / 363.6 A$	$I_{T2} = 272.7 A / 363.6 A$	$I_{T2} = 409.1 A / 545.4 A$

※ 변압기 %임피던스

 $\%Z = 10 [\%]$ based on self capacity (노안, 일로 S/S)

66.667 [%] based on self capacity

 $\%Z = 12.5 [\%]$ based on self capacity (백양사 S/S)

55.56 [%] based on self capacity

Table 3-2. Illo S/S OCR setting

C.B NO.	FEEDER NO.	PROTECTION RELAY SETTING							CT- RA TIO	
		Manufac- ture	Model No	PA RA ME	low,1st (순시)		high,2nd (한시)			
					TAP (x In)	DIAL (s)	TAP (x In)	DIAL (Tp)		
52R1	154kV R1 일로SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3	0.00	0.36	0.15	800 /5	
52R2	154kV R2 일로SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3	0.00	0.36	0.15	800 /5	
52TP1	154kV TP1 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.00	0.6	0.15	400 /5	
52TP2	154kV TP2 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.00	0.6	0.15	400 /5	
52TS1	55kV TS1_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS1_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52TS2	55kV TS2_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS2_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52F1	55KV F1 서울하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F2	55KV F2 서울상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F3	55KV F3 목포하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F4	55KV F4 목포상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	

Table 3-3. Beagyangsa S/S OCR setting

C.B NO.	FEEDER NO.	PROTECTION RELAY SETTING							CT RATI O	
		Manufac ture	Model No	PA RA ME	low,1st (순시)		high,2nd (한시)			
					TAP (x In)	DIAL (s)	TAP (x In)	DIAL (Tp)		
52R1	154kV R1 백양사SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	2.4	0.00	0.35	0.2	1200 /5	
52R2	154kV R2 백양사SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	2.4	0.00	0.35	0.2	1200 /5	
52TP1	154kV TP1 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	5.8	0.00	0.9	0.13	400 /5	
52TP2	154kV TP2 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	5.8	0.00	0.9	0.13	400 /5	
52TS1	55kV TS1_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1.1	0.09	800 /5	
	55kV TS1_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1.1	0.09	800 /5	
52TS2	55kV TS2_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1.1	0.09	800 /5	
	55kV TS2_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1.1	0.09	800 /5	
52F1	55KV F1 서울하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5	0.02	2	0.05	400 /5	
52F2	55KV F2 서울상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5	0.02	2	0.05	400 /5	
52F3	55KV F3 목포하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5	0.02	2	0.05	400 /5	
52F4	55KV F4 목포상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5	0.02	2	0.05	400 /5	

Table 3-4. Noan normal S/S OCR setting

C.B NO.	FEEDER NO.	PROTECTION RELAY SETTING							CT RATI O	
		Manufac ture	Model No	PA RA ME	low,1st (순시)		high,2nd (한시)			
					TAP (x In)	DIAL (s)	TAP (x In)	DIAL (Tp)		
52R1	154kV R1 노안SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3.4	0.00	0.35	0.15	800 /5	
52R2	154kV R2 노안SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3.4	0.00	0.35	0.15	800 /5	
52TP1	154kV TP1 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	5.8	0.00	0.9	0.13	400 /5	
52TP2	154kV TP2 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	5.8	0.00	0.9	0.13	400 /5	
52TS1	55kV TS1_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS1_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52TS2	55kV TS2_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS2_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52F1	55KV F1 서울하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F2	55KV F2 서울상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F3	55KV F3 목포하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F4	55KV F4 목포상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	

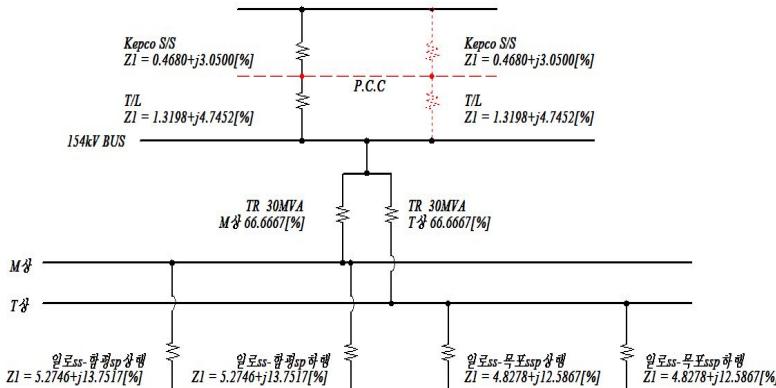


Fig. 3-1 Illo S/S impedance map

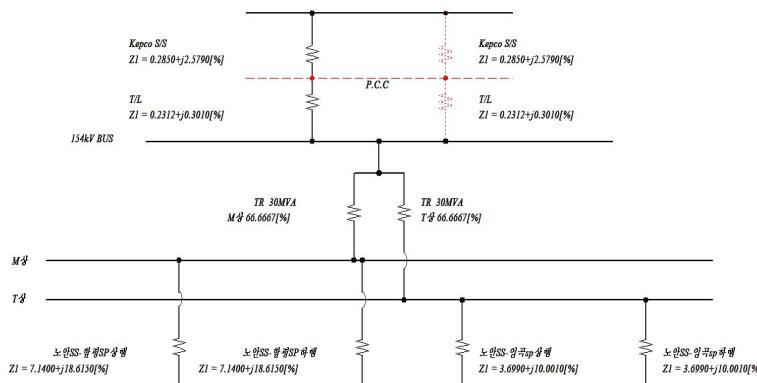


Fig. 3-2 Noan noraml line S/S impedance map

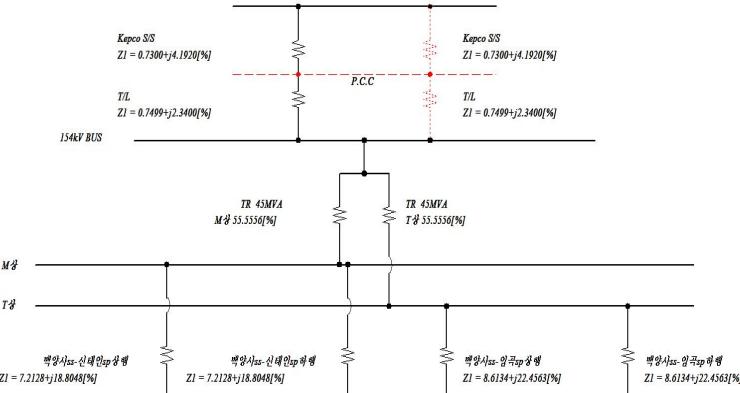


Fig. 3-3 Beagyangsa S/S impedance map

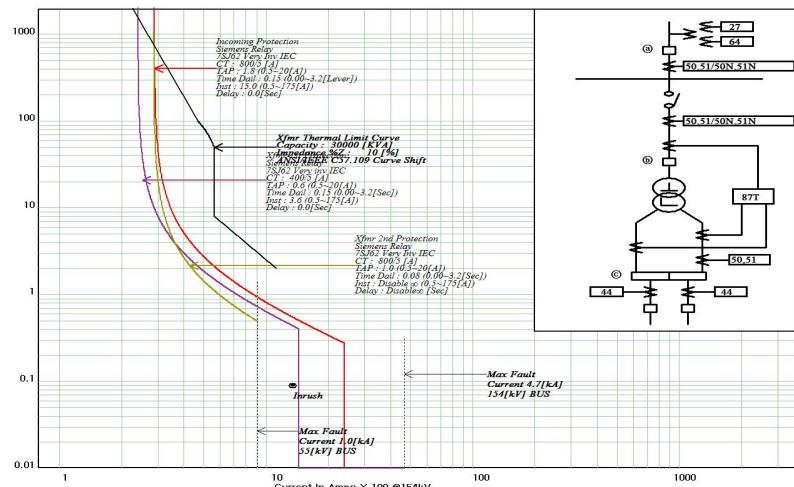


Fig. 3-4 Illo Honam line S/S OCR coordination of protection graph

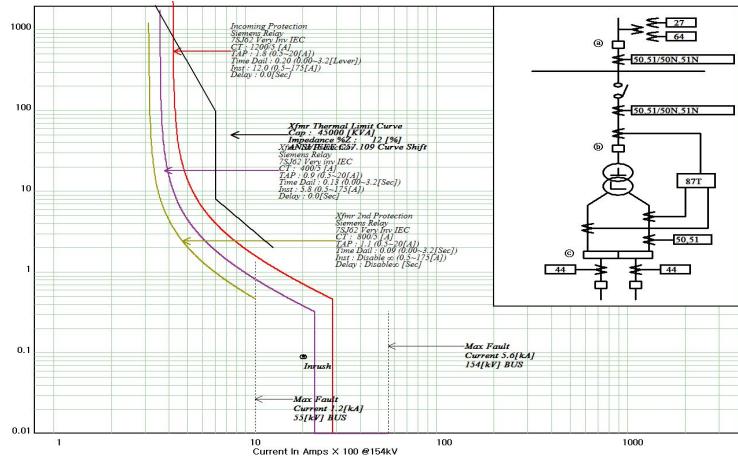


Fig. 3-5 Beagyangsa Honam line S/S OCR coordination of protection graph

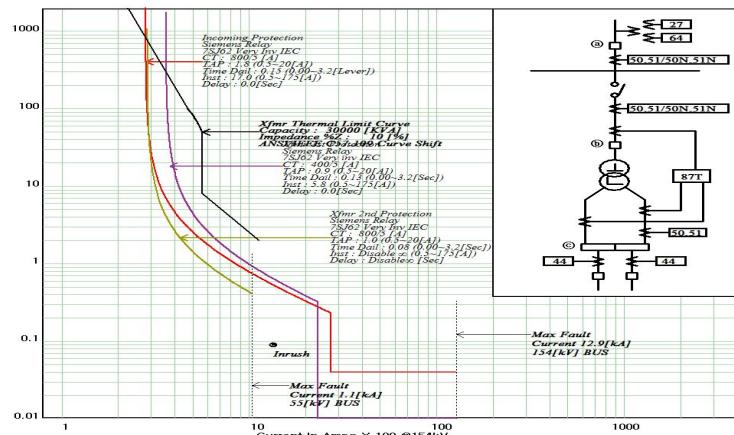


Fig. 3-6 Noan Honam normal line S/SOCR coordination of protection graph

B. 호남선 전철변전소 과전류 계전기

1. 노안전철변전소 과전류 계전기

노안전철변전소의 경우 호남선(일반선) 급전계통 주변압기 2차측에서 병렬로 고속전철 급전계통을 분기하였으므로 고속선도 수전측에서 주변압기 1차측까지 급전계통을 공유한다. 그림 3-7의 노안전철변전소의 단선결 선도와 기초데이터를 참고하여 정정 프로그램으로 출력한 그림이다. 노안전철변전소 고속선 임피던스 맵은 그림 3-8과 같다. 주변압기 자기용량 기준 $\%Z$ 는 10%이고 편상 용량이 15MVA이므로 100MVA를 기준용량으로 한 $\%Z$ 는 j66.667%이다.

Scott결선 변압기는 M상과 T상의 2차 전압이 전기각 90° 되는 단상이므로 부하전류에 의한 전압강하 또는 Scott결선 변압기의 2차측 변압기 단자 이후의 단락 전류 계산시 전원 임피던스를 2배로 계산하면 $\%Z_T$ 는 $72.434 \angle 89.183\%$ 이다. 호남고속선 노령방면 신설된 전차선로임피던스(Z_L)의 합계는 $5.5916 + j16.176\Omega$ 이고 정정을 위한 급전거리의 120% Z_L 은 $20.538 \angle 70.9308\Omega$ 이며 $\%Z_L$ 로 표시하면 $138.553 \angle 80.354869\%$ 이다.

이 때, Scott결선 변압기 2차 정격전류는 1818.18A이다. 임피던스 맵을 바탕으로 노안전철변전소 과전류 계전기 정정을 위한 고장전류를 구하고 철도설계지침 및 편람(KR E-02090)의 과전류보호계전기 정정 표준 및 한전 보호계전기 지침을 참조하여 각 계전기의 보호협조관계를 재구성하였다.

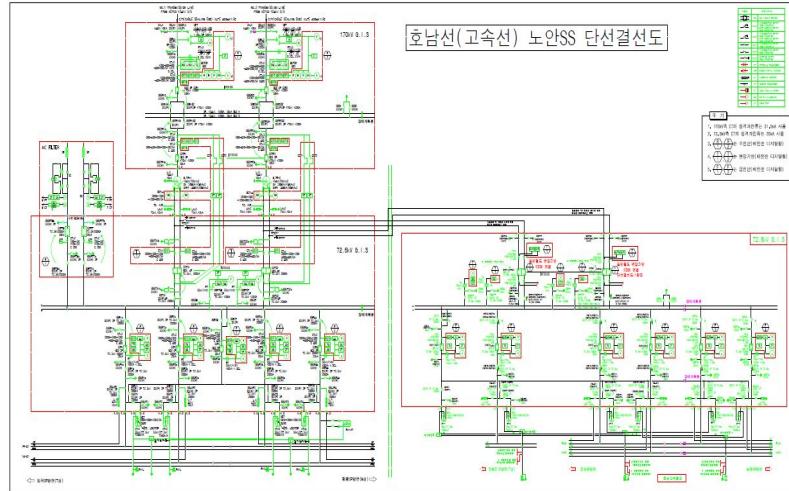


Fig. 3-7 Noan high speed line one line diagram

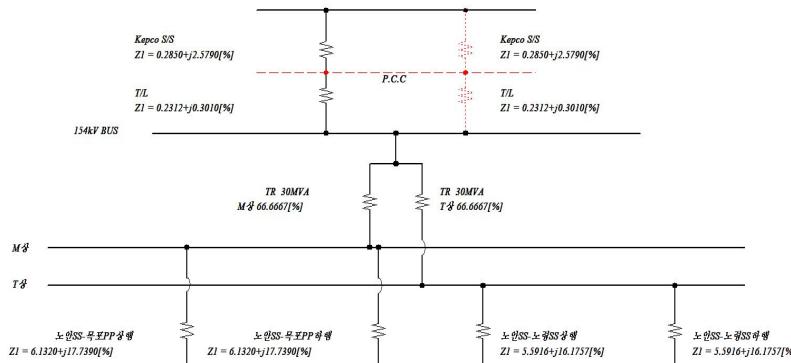


Fig. 3-8 Noan high speed line impedance map

a. 노안전철변전소 고장전류

- 수전 BUS 3상 단락전류 (100MVA 기준)

$$I_S = \frac{100 \times 1000 \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times \% Z_1} = \frac{100,000,000}{1.732 \times 154 \times 2.926} = 12,813 A$$

- Scott결선 변압기 2차 단락전류

$$I_{S_2} = \frac{I_N}{\%Z_T} \times 100 = \frac{1818.18}{72.434} \times 100 = 2,510.12 A$$

- Scott결선 변압기 1차측 154kV로 환산한 최대 단락전류 (Scott결선 변압기 T상 2차 단락발생시)

$$I_{S_1} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{\sqrt{3}} \times I_{S_2} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{1.732} \times 2,510.12 = 1,035.19 A$$

- 고속선_급전계통의 최소 단락전류

$$I_{S_3} = \frac{I_N}{\%Z_L + \%Z_T} \times 100 = \frac{1818.18}{138.553} \times 100 = 1,312.26 A$$

- 고속선_T상 급전계통 2차 단락시 1차인 154kV로 환산한 전류

$$I_{S_4} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{\sqrt{3}} \times I_{S_3} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{1.732} \times 1,312.26 = 541.18 A$$

b. 수전반 과전류 계전기

① 순시정정

수전점의 과전류계전기 순시정정시 여유계수는 최대 고장전류의 2.5 배로 한다. 여유계수는 수전점의 과전류계전기가 변압기 2차 단락사고시 동작하지 않아야 하고 변압기 2대를 병렬로 운전하는 경우를 고려하여 산정된 수치이다. 수전 변압기 1차측 단락고장에는 확실히 동작하고 2차측 단락 고장 및 여자 돌입전류에는 동작하지 않도록 정정하였다.

- CT비 800/5A
- 50 setting \geq 2차고장 전류 \times 2.5
- 50 setting $<$ 1차 고장전류 일 때
- 50 setting $\geq 1,035.19 \times 2.5 \times \frac{5}{800} = 16.17 A$

- 50 setting < $12,813 \times \frac{5}{800} = 80.08 A$
 - 50 Setting 은 $16.17 \leq 17 < 80.08$
 - ∴ TAP = $17A = 3.4 I/In$ (1차측 2720 A)이고
- 순시 시간 정정은 한전과의 보호 협조를 위하여 0.04sec로 하였다.

② 한시정정

전기철도 부하가 변동부하임을 고려하여 수전용 계전기의 한시전류는 계약 최대전류의 250%로 하였다. 한전계약용량은 40000 KVA 이고 부하전류는 149.97A이다. 한국전력과의 상호 협조를 위하여 강반한시를 채택하고 동작 시간은 한국전력의 정정 표준을 참조하여 0.6초 이내로 하였다. Scott결선 변압기 2차측 단락시 T상보다 M상이 Scott결선 변압기 1차측 154kV로 환산한 단락전류값이 작으므로 M상 단락전류에서 0.6초 이내에 계전기가 동작하도록 정정하였다.

- CT비 800/5A
- 51 setting = 부하 전류 $\times 2.5$
- 51 setting = $149.97 \times 2.5 \times \frac{5}{800} = 2.34 A$
- ∴ TAP = $2.30 A = 0.46 I/In$ (1차측 368A)
- $t = \frac{13.5}{(\frac{I}{I_p}) - 1} \times T_p$, $\frac{I}{I_p} = \frac{1,035.19}{368.0} = 2.81$ 이므로
- $0.6 \geq \frac{13.5}{2.81 - 1} \times T_p$
- $T_p \leq \frac{0.6 \times 1.81}{13.5} = 0.0804$ 2차측 보호협조를 감안하여
- ∴ $T_p = 0.08$, 이 때 동작시간 $t = \frac{13.5}{2.81 - 1} \times 0.08 = 0.5957$ sec 이다.

c. 주변압기 1차측 과전류 계전기

① 순시정정

과전류계전기에 대한 ANSI와IEEE의 순시정정 추천값은 1.75배이다. 이는 변압기 2차측 단락발생으로 인한 최대 고장전류에 대하여 손상 없이 2초를 견디도록 명시된 ANSI 와 IEC 60076-5 규정에 따른 값이다. 호남선 노안전철변전소는 1.5배로 정정하였다.

- CT비 400/5A
 - 50 setting \geq 2차고장 전류 \times 1.5
 - 50 setting < 1차 고장전류 일 때
 - $50 \text{ setting} \geq 1,035.19 \times 1.5 \times \frac{5}{400} = 19.41 A$
 - $50 \text{ setting} < 12,818 \times \frac{5}{400} = 160.17 A$
 - 50 Setting은 $19.41 \leq 20 < 160.17$
 - ∴ TAP = $20A = 4.00 \text{ I}/\text{In}$ (1차측 1600A)
- 순시 시간 정정은 한전과의 보호 협조를 위하여 0.04sec로 하였다.

② 한시정정

철도 규정에 따라 전기철도용 Scott결선 변압기는 150% 과부하로 연속 2시간 운전이 가능하고 300% 과부하에서도 2분 동안 견디도록 되어 있다. 그러므로 과전류 계전기의 한시정정은 보통 변압기 1차 측을 정격전류의 200% 정도로 정정한다. 호남선 노안변전소는 2.25배로 정정하였다.

Scott결선 변압기 2차 측에 단락 사고가 발생시 T상의 변압기 1차 측 계전기는 0.5 Sec 이내에 동작하여야 한다.

- CT비 400/5A
- 51 setting = 최대부하전류 \times 2.25

- 51 pick up setting = $\frac{40000}{1.732 \times 154} \times 2.25 \times \frac{5}{400} = 4.22 A$
- ∴ TAP = $4.00A = 0.8I/In$ (1차측 320A) 2차환산 896A
- $t = \frac{13.5}{(\frac{I}{I_p}) - 1} \times T_p, \quad \frac{I}{I_p} = \frac{1,035.19}{4.00 \times 80} = 3.23$
- $0.5 \geq \frac{13.5}{3.23 - 1} \times T_p$
- $T_p \leq \frac{0.5 \times 2.23}{13.5} = 0.08$ 1차측 보호협조를 감안하여 Tp를 0.08로 세팅
- ∴ Tp = 0.08, 이 때 계전기 동작시간은 0.48323sec이다.

d. 고속선 주변압기 2차측 과전류 계전기 정정

① 순시정정

호남선 노안전철변전소는 급전계통 최대단락전류의 60%로 정정하였다.

- CT비 800/5A
- 50 setting $\geq 2,510.12 \times 0.6 \times \frac{5}{800} = 9.41 A$
- ∴ TAP = $9.40A = 1.88 I/In$ (1차측 1504 A)
- 시간정정은 급전반의 거리계전기가 동작하는 시간보다 길도록 0.35sec로 하였다.

② 한시정정

변압기의 2차 측 한시정정은 변압기 1차 보호협조를 고려하여 최대전류의 200%로 정정하였다. 계전기 동작시간은 수전변압기 2차측 3상 단락 고장시 0.4sec이하로 한다.

- CT비 800/5A
- 51 setting = 부하전류 × 2
- 51 pick up setting = $\frac{20000}{55} \times 2 \times \frac{5}{800} = 4.55 A$
- ∴ TAP = 4.5 A = 0.9I/In (1차측 720A)

- $t = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{I_p}\right) - 1} \times T_p$, $\frac{I}{I_p} = \frac{2,510.12}{4.5 \times 160} = 3.49$
- $0.4 \geq \frac{13.5}{3.49 - 1} \times T_p$
- $T_p \leq \frac{0.4 \times 2.49}{13.5} \approx 0.07$ 변압기 1측 협조관계로 Tp는 0.08로 하였다.
- ∴ Tp = 0.08, 이 때 계전기 동작시간은 0.434384sec이다.

e. 고속선_급전반 과전류 계전기

① 순시정정

전차선로 급전계통 최소단락전류의 90%로 정정하였다. 급전반의 거리 계전기가 동작하는 시간보다 길게 0.1sec로 정정하였다.

- CT비 400/5A
- 50 setting $\geq 1,312.26 \times 0.9 \times \frac{5}{400} = 14.76 A$
- ∴ TAP = 14.70A = 2.94I/In (1차측 11764A)
- 순시 시간 정정은 보호 협조를 위하여 0.1sec로 하였다.

② 한시정정

변압기 1차 보호협조를 고려하여 최대전류의 175%정정하였다.

변압기 1차측 51계전기와 보호협조를 고려하여 동작시간은 변압기 2차 3상 단락고장시 0.3sec이하로 하였다.

- CT비 400/5A
- 51 setting = 부하전류 $\times 1.75$
- 51 pick up setting = $\frac{20000}{55} \times 1.75 \times \frac{5}{400} = 7.95 A$
- ∴ TAP = $7.9A = 1.58I/In$ (1차측 632A)
- $t = \frac{13.5}{(\frac{I}{I_P}) - 1} \times T_P, \quad \frac{I}{I_P} = \frac{1,312.26}{7.9 \times 80} = 2.08$
- $0.3 \geq \frac{13.5}{2.08 - 1} \times T_P$
- $T_P \leq \frac{0.3 \times 1.08}{13.5} \approx 0.024$ 보호협조를 감안하여 Tp를 0.1로 세팅
- ∴ Tp = 0.1, 이 때 동작시간은 1.2542 sec이다.

f. 과전류 계전기 보호협조곡선

호남선 노안변전소 일반선 급전계통의 경우 과전류계전기 특성곡선이 변압기 손상 특성곡선 보다 좌측에 위치하여 있어 전력기기는 보호가능 범위이고 변압기 여자돌입전류에 의한 계전기 동작가능성도 적어보이나 수전측 계전기, 변압기 1차 측과 2차 측 계전기간의 보호협조곡선이 중첩되어 고장 발생 시 상호간 보호협조가 이루어 지지 않을 수 있었다. 호남선 노안변전소 일반선 급전계통의 경우 수전반과 주변압기 1차측 보호 계전기 정정값을 수정함으로써 계전기간 보호협조관계가 적합하도록 하였다. 그럼 3-9는 노안변전소 일반선 급전계통의 수정된 보호협조곡선이다. 호남선 노안변전소 고속선 급전계통의 경우 과전류계전기 특성곡선이 변압기 손상 특성곡선 보다 좌측에 위치하여 전력기기 보호가능 범위에 있도록 하고 변압기 여자돌입전류에 의한 계전기 동작가능성이 없도록 정정하였다. 그럼 3-10은 노안변전소 고속선 급전계통의 보호협조곡선이다.

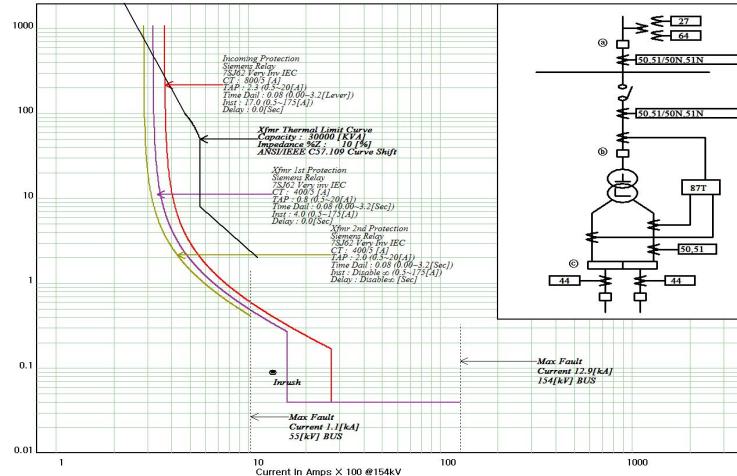


Fig. 3-9 Revised Noan Honam line S/S OCR coordination of protection graph

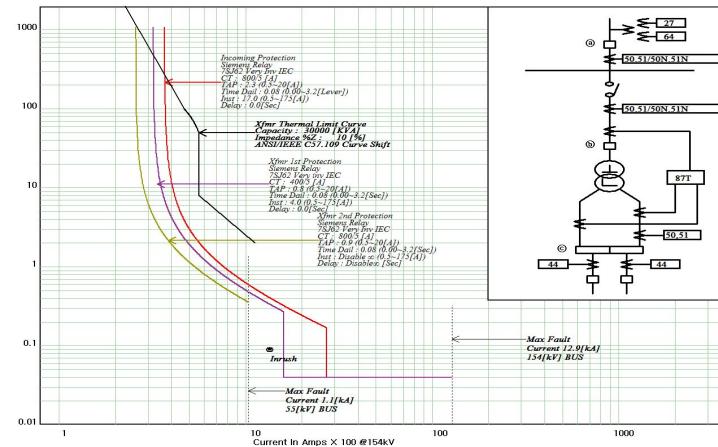


Fig. 3-10 Noan Honam high speed line S/SOCR coordination of protection graph

2. 일로변전소 과전류 보호계전기

호남선 일로전철변전소의 임피던스 맵을 바탕으로 고장전류를 구하고 수전반과 주변압기 1차측 과전류 계전기의 보호협조관계가 적합하도록 수정된 정정값 제시하였다. 주변압기인 Scott결선 변압기는 M상과 T상의 2차전압이 단상이다. 부하전류에 의한 전압강하와 Scott결선 변압기의 2차측 변압기 단자의 임피던스는 $72.434 \angle 89.183\%$ 이고 변압기 2차 정격전류는 1818.18A이다.

a. 일로변전소 고장전류 계산

- 수전 BUS 3상 단락전류 (100MVA 기준)

$$I_S = \frac{100 \times 1000 \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times \%Z_1} = \frac{100,000,000}{1.732 \times 154 \times 7.998} = 4,688 A$$

- Scott결선 변압기 2차 단락전류

$$I_{S_2} = \frac{I_N}{\%Z_T} \times 100 = \frac{1818.18}{82.335} \times 100 = 2,208.28 A$$

- Scott결선 변압기 1차측 154kV로 환산한 최대 단락전류 (Scott결선 변압기 T상 2차 단락발생시)

$$I_{S_1} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{\sqrt{3}} \times I_{S_2} = \frac{55}{154} \times \frac{2}{1.732} \times 2,208.28 = 910.71 A$$

b. 수전반 과전류 계전기 한시정정

수전용 계전기의 한시전류는 철도 부하의 극심한 변동을 고려하여 계약 최대전류의 250%로 하였다. 한전계약용량은 40000 KVA 이고 부하전류는 149.97A이다. 한국전력과의 상호 협조를 위하여 강반한시를 채택하고 동작 시간은 한국전력의 정정 표준을 참조하여 0.6초 이내로 하였다.

Scott결선 변압기 2차측 단락시 T상보다 M상이 Scott결선 변압기 1차측 154kV로 환산한 단락전류값이 작으므로 M상 단락전류에서 0.6초 이내에 계전기가 동작하도록 정정하였다.

- CT비 800/5A
- 51 setting = 부하 전류 × 2.5
- 51 setting = $149.97 \times 2.5 \times \frac{5}{800} = 2.34 A$
- ∴ TAP = 2.30 A = 0.46 I/In (1차측 368A)
- $t = \frac{13.5}{(\frac{I}{I_p}) - 1} \times T_p$, $\frac{I}{I_p} = \frac{910.71}{368.0} = 2.47$ 이므로
- $0.6 \geq \frac{13.5}{2.47 - 1} \times T_p$
- $T_p \leq \frac{0.6 \times 1.47}{13.5} \approx 0.07$ 2차측 보호협조를 감안하여
- ∴ $T_p = 0.08$, 이 때 계전기 동작시간은 0.7347sec이다.

c. 주변압기 1차측 과전류 보호계전기 한시정정

전기철도용 철도 규정에 따라 Scott결선 변압기는 150% 과부하로 연속 2시간 운전이 가능하고 300% 과부하에서도 2분 동안 견디도록 되어 있다. 그러므로 과전류 계전기의 한시정정은 보통 변압기 1차 측을 정격전류의 200% 정도로 정정한다. 호남선 일로변전소는 2.25배로 정정하였다.

Scott결선 변압기 2차 측에 단락 사고가 발생시 T상의 변압기 1차 측 계전기는 0.5 Sec 이내에 동작하여야 한다.

- CT비 400/5A
- 51 setting = 최대부하전류 × 2.25
- 51 pick up setting = $\frac{40000}{1.732 \times 154} \times 2.25 \times \frac{5}{400} = 4.12 A$
- ∴ TAP = $4.00A = 0.8I/In$ (1차측 320A) 2차 환산 896A

- $t = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{I_P}\right) - 1} \times T_P, \quad \frac{I}{I_P} = \frac{910.71}{4.00 \times 80} = 2.85$
- $0.5 \geq \frac{13.5}{2.85 - 1} \times T_P$
- $T_P \leq \frac{0.5 \times 1.85}{13.5} \doteq 0.07$ 1차측과의 협조관계로 T_P 는 0.08로 하였다.
- $\therefore T_P = 0.08, \text{ 이 때 계전기 동작시간은 } 0.5838\text{sec이다.}$

d. 보호협조 곡선 설정

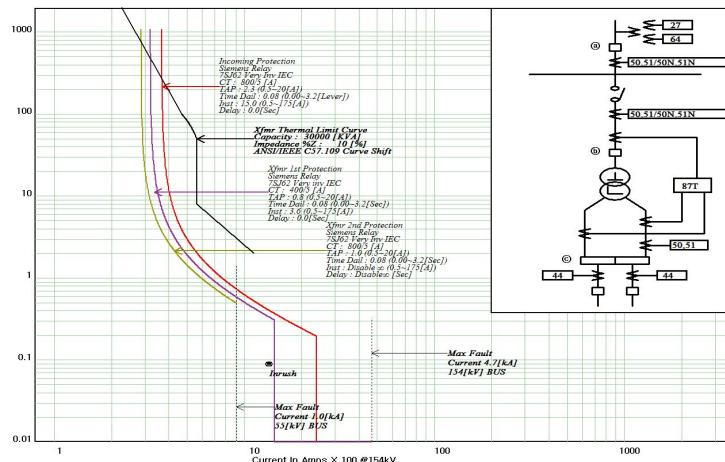


Fig. 3-11 Revised Illo Honam S/S OCR coordination of protection graph

호남선 일로변전소 일반선 급전계통의 경우 과전류계전기 특성곡선이 변압기 손상 특성곡선 보다 좌측에 위치하여 있어 전력기기는 보호가능 범위이고 변압기 여자돌입전류에 의한 계전기 동작가능성도 적어보인다. 그러나 수전측 계전기, 변압기 1차 측과 2차 측 계전기 상호간 보호협조 곡선의 중첩부분은 고장 발생 시 원만히 협조가 이루어 지지 않을 수 있다. 수전반과 주변압기 1차측 보호계전기 정정값을 수정함으로써 계전기 간 보호협조관계가 적합하도록 그림3-11과 같이 수정하였다.

C. 분석결과

호남선 3개 전철변전소에 설치된 과전류 보호계전기의 정정치에 대하여 전기철도용 보호계전기 정정 및 협조 프로그램으로 임피던스 맵을 작성하고 보호협조곡선의 적합성을 분석하였다. 그 결과를 바탕으로 노안, 일로전철변전소의 과전류계전기 정정치의 수정값을 표3-5~6과 같이 제시하였다.

Table 3-5. Revised Illo normal line S/S OCR setting

C.B NO.	FEEDER NO.	PROTECTION RELAY SETTING							CT RAT IO	
		Manufac ture	Model No	PA RA ME	low,1st (순시)		high,2nd (한시)			
					TAP (x In)	DIAL (s)	TAP (x In)	DIAL (Tp)		
52R1	154kV R1 일로SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3	0.00	0.46	0.08	800 /5	
52R2	154kV R2 일로SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3	0.00	0.46	0.08	800 /5	
52TP1	154kV TP1 MTR1차축	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.00	0.8	0.08	400 /5	
52TP2	154kV TP2 MTR1차축	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.00	0.8	0.08	400 /5	
52TS1	55kV TS1_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS1_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52TS2	55kV TS2_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
	55kV TS2_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		1	0.08	800 /5	
52F1	55KV F1 서울하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F2	55KV F2 서울상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F3	55KV F3 목포하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	
52F4	55KV F4 목포상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5	

Table 3-6 Revised Noan high and normal speed line S/S OCR setting

C.B NO.	FEEDER NO.	PROTECTION RELAY SETTING						CT RAT IO	
		Manufac ture	Model No	PA RA ME	low,1st (순시)	high,2nd(한시)	TAP (x In)	DIAL (s)	
52R1	154kV R1 노안SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3.4	0.04	0.46	0.08	800 /5
52R2	154kV R2 노안SS 수전	Siemens	7SJ622	50/ 51	3.4	0.04	0.46n	0.08	800 /5
52TP1	154kV TP1 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	4.0	0.04	0.8	0.08	400 /5
52TP2	154kV TP2 MTR1차측	Siemens	7SJ6025	50/ 51	4.0	0.04	0.8	0.08	400 /5
52TS1	55KV TS1_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		2	0.08	400 /5
	55KV TS1_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		2	0.08	400 /5
52TS2	55KV TS2_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		2	0.08	400 /5
	55KV TS2_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	off		2	0.08	400 /5
52TS3	55KV TS3_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.35	1.8	0.08	400 /5
	55KV TS3_T MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.35	1.8	0.08	400 /5
52TS4	55KV TS4_M MTR 2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.35	1.8	0.08	400 /5
	55KV TS4_T MTR2차	Siemens	7SJ6025	50/ 51	3.6	0.35	1.8	0.08	400 /5
52F1	55KV F1 서울하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5
52F2	55KV F2 서울상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5
52F3	55KV F3 목포하선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5
52F4	55KV F4 목포상선	Siemens	7SA518	50/ 51	5.0	0.02	2.0	0.05	400 /5
52F5	55KV F5 고속서울하선	Siemens	7ST612	50/ 51	2.94	0.1	1.58	0.10	400 /5
52F6	55KV F6 고속서울상선	Siemens	7ST612	50/ 51	2.94	0.1	1.58	0.10	400 /5
52F9	55KV F9 고속차창기지	Siemens	7ST612	50/ 51	3.7	0.10	0.55	0.05	400 /5
52Fy	55KV Fy 고속공통반	Siemens	7ST612	50/ 51	2.94	0.1	1.58	0.10	400 /5

호남선 노안전철변전소는 일반선 급전계통의 주변압기 2차측에서 병렬로 고속선 급전계통을 분기하였고 변압기 2차측 과전류 계전기용 CT결선도는 고속선 분기 직후에 그림 3-12(a)과 같았으나 이 후에 기존 일반선과 고속선간의 타선 흡상현상으로 과전류 계전기 오동작 사례가 발견되어 현재 급전선이 차동 결선하여 타선흡상현상에 의한 보호계전기 오동작을 방지하는 것과 같은 이유로 AF와 TF를 차동 결선하여 그림 3-12(b)와 같이 수정하였다. 단, CT비를 800:5에서 400:5로 조정하고 대신 그 정정값을 2배로 하여 CT결선 수정 전, 후 다름없이 계전기간 보호협조관계가 적정하게 유지되도록 하였다. CT결선 수정 후 과전류계전기 보호협조곡선은 그림 3-13와 같다.

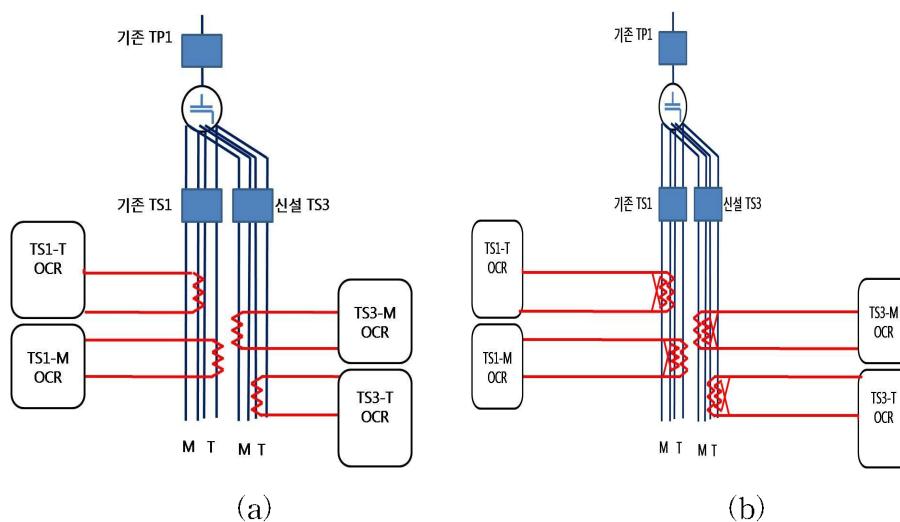


Fig. 3-12 Seconday CT connection of Noan S/S main transformer (a) Before (b) After

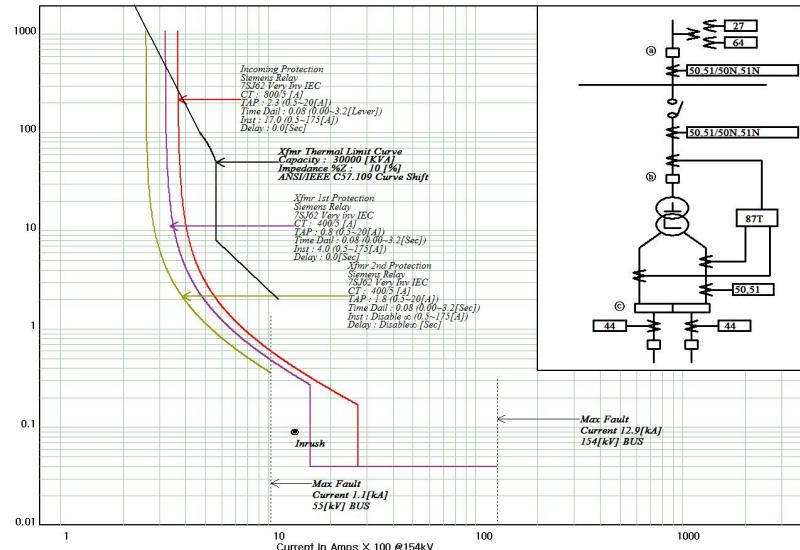


Fig. 3-13 Noan Homan line S/S OCR coordination of protection graph after CT connection

IV. 결론

본 논문에서는 전철변전소에 설치되어 운영되고 있는 과전류 계전기의 정정값 및 기초 데이터를 전기철도용 보호계전기 정정 프로그램으로 시뮬레이션하여 그 과전류 계전기 간 협조 관계의 적합성을 판단하고자 하였다. 또한 전력급전계통이 변경되어 추가된 데이터를 프로그램으로 시뮬레이션하여 계통에 최적화된 과전류 계전기 정정값을 산출하고 실제 변경된 급전 계통에 적용하여 그 신뢰성을 검증하고자 하였다.

본 연구에서 호남선 3개 전철변전소의 과전류 계전기 보호협조 관계를 분석하여 일로·노안전철변전소 일반선 급전계통에 사용되는 과전류 계전기의 수정된 정정값을 제시하였다. 또한 신설된 노안전철변전소 고속선 급전계통에 사용되는 과전류 계전기의 정정값을 시뮬레이션 프로그램으로 산출하여 현재 고속선 급전계통에 사용되는 계전기에 적용하였다. 지금까지 연구 결과 전기철도 교류급전계통의 과전류 계전기의 정정 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

첫째, 최단 시간내 사고를 제거함으로써 계통에 미치는 영향과 전기기기의 피해를 최소로 할 수 있기 때문에 보호계전기는 가능한 가장 빠른 속도로 동작하도록 정정한다.

둘째, 전기철도의 경우 타선흡상현상에 의해 보호계전기의 오동작가능성이 발생하므로 급전선(AF), 전차선(TF)간 CT의 차동결선 등 급전계통의 외부환경을 고려하여 최대 허용전류가 흘러도 오동작 하지 않도록 정정한다.

셋째, 전차선로 보호의 경우 주보호 장치는 거리계전기이고 과전류계전기는 후비보호 장치이므로 거리계전기의 검출 감도에 보호맹점이 생기지 않는 범위에서 과전류 계전기의 감도를 정정한다.

넷째, 계통의 일부분에서 발생한 고장이 전체 계통에 광범위한 영향을

주지 않도록 최소의 고장구간을 판다하여 차단해야 하므로 전류 - 시간
곡선 상 계전기간 상호협조가 되도록 정정한다.

Reference

- [1] 김양수, 유해출 공저 “전기철도공학”(2005)
- [2] 김정철 “급전계통 해석과 한국철도전기의 이해”(2008)
- [3] 유상봉외 8명 “보호계전기 시스템의 실무활용기술” (2007)
- [4] 권성일 “교류전기철도 급전시스템 보호계전기 기술개발” 한국철도기술 통권56호 (2014)
- [5] SIEMENS “7SJ602 V3.0_Manual”(2004)
- [6] 김병준 “변압기 돌입전류를 고려한 자가용 전기설비의 보호계전기 정정” (2011)
- [7] 박희온 “전기철도용 전력변압기 보호용 계전기의 효용성 실증연구”(2015)
- [8] 안기준 “직류전철 변전소의 보호계전 시스템 신뢰성 향상에 대한 연구”(2015)
- [9] 이진영 “전력계통 보호용 거리계전기의 동작 특성 및 적용에 관한 연구”(2016)
- [10] 김병준, 최창규 “자가용전기설비의 보호계전기 정정 최적화에 관한 연구”전기설비학회 학술대회논문집(2011)
- [11] 한국철도시설공단 “철도설계지침 및 편람”(2014)
- [12] T. Seeger, E. Krizauskas, et. Al, Transmission Line Protective Systems Loadability, IEEE Power Engineering Society Power System Relay Committee Special Report, New York, NY; (2000)
- [13] C. R. Mason, The Art & Science of Protective Relaying, Wiley, John & Sons, Inc., (1956)