creative commons

COMMONS DEED

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 원저작자를 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 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000266723

2018年 2月

碩士學位 論文

일반철도 배전선로 지락보호시스템에 관한 연구

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

裵 率

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

일반철도 배전선로 지락보호시스템에 관한 연구

A Study on the Ground Fault Protection System for Railway Distribution Line

2018年 2月 24日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

裵 率

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

일반철도 배전선로 지락보호시스템에 관한 연구

指導敎授 崔 孝 祥

이 論文을 工學碩士學位 申請論文으로 提出함

2017年 10月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

裵 率

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

裵 率의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 조 금 배 (印)

委 員 朝鮮大學校 教授 김 남 훈 (印)

委 員 朝鮮大學校 教授 최 효 상 (印)

2017年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

Ⅰ. 서론 1

Ⅱ. 접지의 종류와 계통보호 2

A. 접지의 종류 2

1. 계통의 접지 2

2. 직접접지 방식 3

3. 비접지 방식 4

4. 저항접지 방식 5

B. 접지방식에 따른 보호방법 6

1. 직접접지 방식 6

2. 비접지 방식 8

3. 저항접지 방식 9

C. 지락보호계전기의 동작요인 10

1. 절연의 파괴 10

2. 절연 열화 11

3. 부하의 불평형 12

Ⅲ. 지락보호계전기의 오동작 14

A. 오동작의 원인 14

1. 일반철도 배전선로 장애 발생 사례 14

2. 불평형 전류에 의한 영상전류 증가 17

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 오동작 개선 대책 18
1. 방향성 지락계전기(DOCGR) 18
2. 부하불평형률 해소를 통한 고조파의 저감 19
C. 고려사항 20

Ⅳ. 결론 21

참 고 문 헌 22

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 2-1 Range of unbalance rate depending on the specification ····· 12
Table 3-1 Current of ground fault on Hyo-chun line ····· 15
Table 3-2 Current of ground fault on Mu-an line ····· 15
Table 3-3 Current of ground fault on Mu-an line ····· 15
Table 3-4 Current of ground fault on Gwang-ju line ····· 15

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 2-1 Type of earthing ····· 2
Fig. 2-2 Direct grounding system ····· 4
Fig. 2-3 Non-grounding system ····· 4
Fig. 2-4 Resistance grounded neutral system ····· 5
Fig. 2-5 Residual circuit system ····· 6
Fig. 2-6 Three-winding current transformer system ····· 7
Fig. 2-7 Neutral point CT system ····· 7
Fig. 2-8 Currents of single-phase-to-ground detection ····· 8
Fig. 2-9 Zero-sequence voltage detection ····· 8
Fig. 2-10 Neutral point CT system ····· 9
Fig. 2-11 NGT system ····· 9
Fig. 2-12 Electron avalanche ····· 10
Fig. 2-13 Graph between time and breakout strength ····· 11
Fig. 3-1 Single ling diagram ····· 13
Fig. 3-2 Direction ground protection relay ····· 17
Fig. 3-3 Operating characteristics of DOCGR ····· 18

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Ground Fault Protection System for Railway Distribution Line

SOL BAE
Advisor : Prof. Hyo Sang Choi, Ph.D.
Department of Electrical Technology Convergence Engineering
Graduate School of Chosun University

The receiving and distribution power system of the railway receives the electronic power through double-circuit lines from KEPCO and sends it back to each station. This system uses a voltage of 22,900 from the direct grounding system and a voltage of 6,600 from the non-grounding system. If short-circuit faults occur in this receiving and distribution power system, the damage of electronic equipment are caused by overcurrent, leading the malfunction of the facilities in a station. As this kind of accident could threat the safe and stable operation of trains, it is required to be repaired as soon as possible.

If line-to-ground faults happen and are not handled in a short time, they could become the main reason of various disasters such as electric shocks and fire as well as do harm to workers and passengers. As these line-to-ground faults has the possibilities to arouse the short circuits, it should be dealt with in a short time.

The purpose of this study is to figure out the causes and detecting means of line-to-ground faults and investigate the cases of malfunction in OCGR to remain the stable operation in power protection system in electric power facilities.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

일반적인 전력설비의 사고에는 단락사고, 지락사고, 단선사고, 과부하, 과열, 기계적 소손 등이 있으며 이중 단락, 지락사고가 가장 높은 전력설비 사고의 원인이다. 이러한 사고를 신속히 검출하고 사고원인을 제거하여 전력공급을 안정적으로 하기 위하여 철도 전력시스템은 보호계전방식을 적용하고 있다[1].

철도의 배전설비는 한전변전소에서 수전을 받아 선로를 따라 산재하여 있는 역사, 신호소, 차량기지, 보수기지 등 철도운영에 필요한 전력을 안정적으로 공급하기 위하여 설계되며, 노선과 선로, 열차운행계획, 전압강하, 선로정수, 장래 부하의 증감, 기타 전력 수요를 고려하여 전력을 안정적으로 공급하도록 배전계통을 구성한다[2].

철도의 수배전계통은 3상4선식 2만2천900볼트 직접접지 방식으로 구성되나, 단선구간 등 노후, 벽지 노선의 경우 6천6백볼트로 구성되며, 한전 변전소로부터 2회선을 수전하여 자동절체회로를 통해 각 역소로 전송된다[3].

이러한 수배전계통에 단락사고가 발생할 경우, 대전류에 따른 전력기기의 파괴 및 주변의 설비까지 파급되어 역사 내 부하의 고장 등이 발생하여 열차의 안전운행을 위협할 수 있으므로 가급적 빠른 시간 안에 사고를 해소하는 것이 바람직하다[4].

지락사고의 경우, 이를 방치하면 작업원 및 철도이용고객의 감전, 화재 등 여러 가지 재해 발생 원인이 되고, 건전상 대지전위의 상승으로 단락사고를 유발한 가능성이 있으므로 이 또한 빠른 시간 안에 제거하여 전력계통의 적절한 보호를 위해 노력하여야 한다[5].

본 연구는 전력 사고 중 지락사고의 원인 및 검출방법 등을 파악하고 일반철도 6.6KV 배전선로의 보호계통 중 지락보호계전기의 오동작 사례를 분석하여 철도 전력설비 보호계통의 안정적 운영을 위한 원인 분석 및 대책을 수립하는데 그 목적이 있다[6].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 접지의 종류와 계통보호

A. 접지의 종류

1. 계통의 접지

접지한다는 것은 전력계통 운용 중 안전상 중요한 설비로 피뢰설비, 전력설비, 통신설비, 전기방식설비 등을 대지와 전기적으로 결합시켜 대지와 동일한 전위를 갖게 하는 것을 말한다. 일반적으로 전력계통의 사고는 3상 단락사고에 비해 1선 지락사고가 다수를 차지하고 있어 적절한 접지를 통해 대지 전위의 상승을 억제하고, 보호계전기에 의한 지락 고장의 검출, 고장구간의 자동 선택 차단을 통해 부하단의 전력기기 손상과 사고의 파급을 방지하고 있으며, 접지의 목적은 다음과 같다[5-7].

· 지락 고장시 건전상의 대지 전위 상승을 억제하여 전선로 및 기기의 절연 레벨 경감

· 뇌 서지, 아크 지락 등에 의한 이상 전압의 경감 및 발생 억제

· 지락 사고시 접지·보호계통의 확실한 동작 확보

· 소호 리액터 접지 방식에서 1선 지락의 아크를 신속히 제거하여 안정적인 송전 확보

계통의 접지는 그림 2-1과 같이 중성점 접지의 방식에 따라 직접 접지, 비접지, 저항접지 등으로 구분되며 각각의 접지 방식에 대한 설명은 아래와 같다.

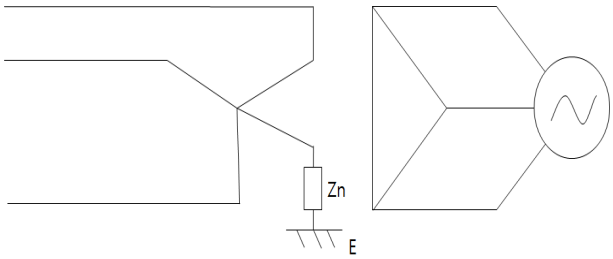

Fig. 2-1 Type of earthing

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 직접접지 방식

직접접지 방식은 아래 그림 2-2와 같이 계통에 접속된 변압기의 중성점을 금속선(접지선)으로 직접 접지하는 방식이다.

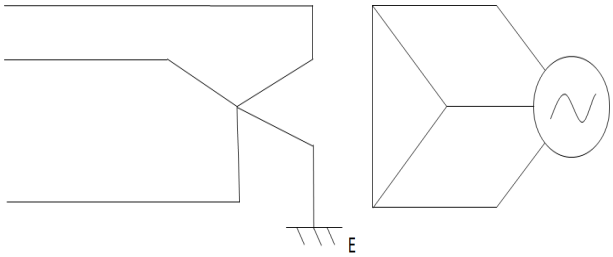

Fig. 2-2 Direct grounding system

1선 지락 고장시에는 이상전압의 발생이 적고 건전상 대지전위 상승이 낮아 절연강도를 줄일 수 있으며, 지락보호계전기의 확실한 동작을 보장할 수 있다. 그러나 큰 지락전류가 흘러 통신설비에 유도장해를 일으키거나 사고를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 계통은 충분한 절연을 확보하여 사고를 최소화하고 사고 발생시 선로에 유입되는 지락 사고전류의 지속시간을 최단시간으로 하기 위해 확실한 고속도 선택차단이 가능한 보호계전기 및 차단기를 설치하는 등의 대책이 필요하다[6].

직접접지 방식의 장점은 다음과 같다.

1) 1선 지락 사고시 건전상 대지전위 상승이 거의 없으며, 아크에 의한 이상전압이나 차단기 개폐 서지 등도 타 접지 방식과 비교하여 낮기 때문에 절연 레벨을 낮출 수 있어 경제적이다.

2) 개폐 서지를 감소시킬 수 있어 피뢰기의 부담을 줄이고 피뢰기 정격전압을 낮출 수 있다.

3) 선로 측으로부터 변압기 중성점까지의 전위 분포를 직선형으로 설계하여 중성점까지의 절연을 점차적으로 낮출 수 있는 단절연이 가능하여 변압기 선택이 용이하다.

4) 1선 지락시 1상이 단락되어 지락 사고 전류가 대전류가 되어 보호계전기의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

확실한 동작이 보장된다.

직접접지 방식은 다음과 같이 단점도 갖는다.

1) 지락전류가 낮은 역률의 대전류이기 때문에 안정도가 나빠진다.

2) 지락시 통신선에 전자 유도장해를 일으킨다.

3) 평상시 불평형 전류 및 변압기의 제3고조파로 인한 유도장해 가능성이 있다.

4) 지락사고시 큰 지락전류로 인해 전력기기에 기계적 충격을 줄 수 있다.

3. 비접지 방식

아래의 그림 2-3처럼 △-△결선된 변압기를 사용할 경우 변압기의 중성점이 없어 접지할 수가 없다. 이러한 방식은 선로 길이가 짧거나 저전압 계통에 한해 선택되고 있다.

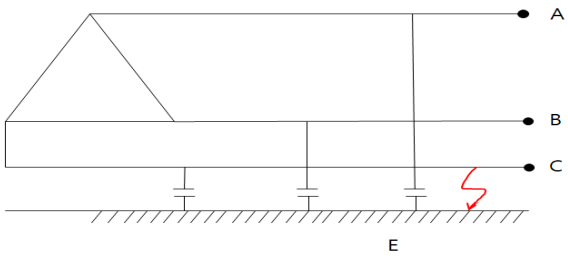

Fig. 2-3 Non-grounding system

이런 선로에서는 대지의 정전 용량이 작아 충전전류는 크지 않다. 만약 그림 2-3과 같이 1선 지락 고장이 발생하게 되면 고장점으로부터 건전상의 대지 정전 용량에 의해 고장전류가 분류되지만 용량 리액턴스가 매우 커 지락 전류는 매우 작아지므로 자연 소멸되어 계속 송전이 가능하다[5].

또한, 비접지 방식은 변압기의 중성점을 접지할 필요가 없기 때문에 변압기 고장 또는 유지보수 작업시 1대를 인출하고 V결선으로 결선을 변경하여 계통을 운용할 수 있다는 장점이 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 저항접지 방식

저항접지 방식은 지락사고시 이상전압 발생을 방지하고 보호계전기의 동작을 확실히 하기 위하여 변압기 중성점과 대지사이에 저항을 연결하여 지락전류를 제한하는 방식이다. 저항접지 방식은 저항의 크기에 따라 저저항 접지 방식과 고저항 접지 방식으로 나누어 지는데, 저항값이 너무 낮으면 병행 통신선에 유도장해가 커지고 저항값이 너무 크면 보호계전기의 동작의 어려워지고 건전상 대지전위 상승을 불러오게 되어 저항값의 선택이 중요하다.

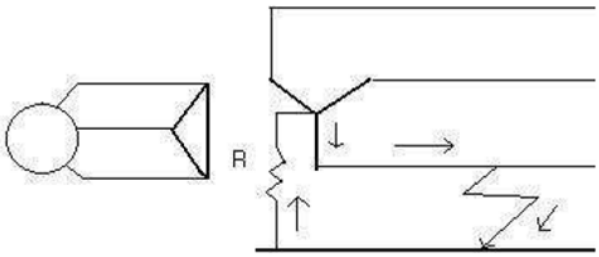

Fig. 2-4 Resistance grounded neutral system

저항접지 방식은 이상전압의 억제와 지락전류 값을 제한할 수 잇는 장점으로 지락사고시 피해 최소화 등 전력설비 운용 및 유지보수에 유용하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 접지방식에 따른 보호방법

1. 직접접지 방식

직접접지 방식에서 1선 지락시 선로 임피던스를 제거하면 지락전류는 3상 단락전류와 같고 영상임피던스가 작은 경우 지락전류가 3상 단락전류보다 클 수도 있어 변류기의 과전류정수와 차단기의 차단용량 선정시 충분한 검토를 거쳐 선택하여야 한다.

1) 변류기의 잔류회로 방식

직접접지 방식의 보호방법으로 가장 많이 선택되는 보호방식으로 아래 그림 2-5처럼 단락보호, 지락보호 모두를 위해 과전류계전기를 각 상에 설치하며, 지락사고의 검축은 변류기(CT, Y결선)의 잔류회로에 지락과전류 계전기를 결선하여 사용한다.

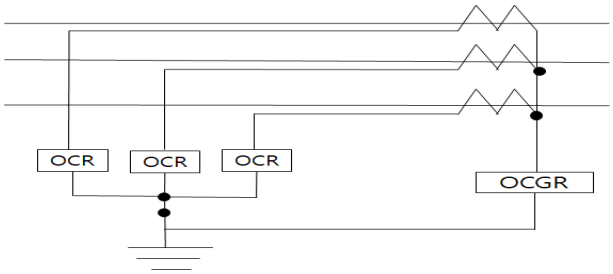

Fig. 2-5 Residual circuit system

잔류회로 방식의 적용시 주의할 점은 평시 불평형 부하전류 및 고조파로 인한 계전기의 오동작 우려이다.

2) 3권선 변류기 방식

3권선 변류기(CT)의 2차를 Y결선하여 과전류계전기를 연결하고 3차 권선은 영상분에 접속하여 지락전류를 검출하는 방식으로 아래의 그림 2-6과 같다. 이때 3권선에서 검출되는 지락전류의 값은 I_0 이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

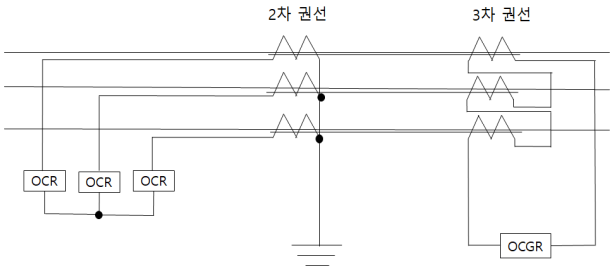

Fig. 2-6 Three-winding current transformer system

이때, 2차 권선의 잔류회로 접지되면 1선 지락 사고시 영상전류가 2차 권선의 잔류회로로 귀환되어 3차권선에는 영상전류가 흐르지 않게 되어 지락과전류계전기가 동작하지 않게 되므로 계통의 확실한 보호를 위해 이를 주의하여야 한다.

3) 중성점 CT 방식

변압기 2차측 CT의 1차 정격전류가 300A 이상인 경우에 사용되는 방식으로 그림 2-7과 같이 중성점에 지락검출용 CT를 설치하여 OCGR의 동작을 통해 계통을 보호하는 방법이다.

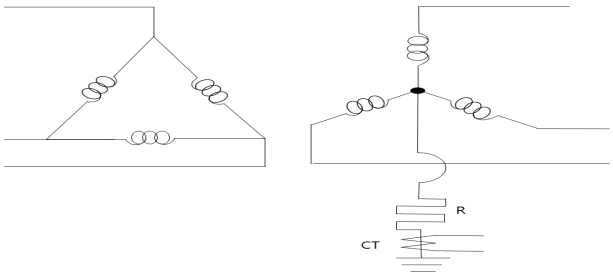

Fig. 2-7 Neutral point CT system

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 비접지 방식

비접지 방식에서는 영상전류, 영산전압 벡터량 검출 방식으로 지락방향 계전기가 사용되며 이를 통하여 지락보호를 확보한다.

1) 영상전류

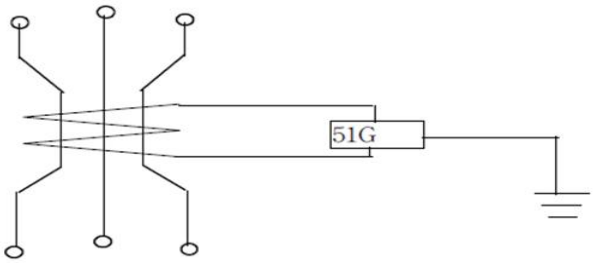

Fig. 2-8 Currents of single-phase-to-ground detection

영상전류는 비접지 방식에서의 단락보호에 비해 지락 고장전류가 적은 것을 이용하여 위 그림 2-8과 같이 영상변류기(ZCT)를 설치 후 이를 통한 영상전류 검출로 지락보호계전기의 동작을 확보한다.

2) 영상전압

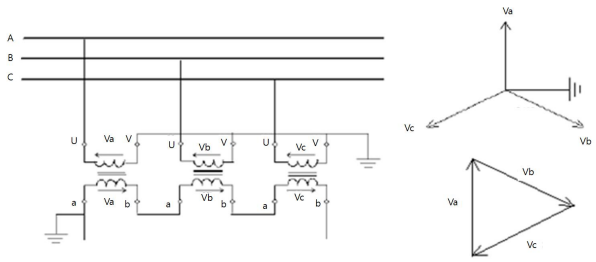

Fig. 2-9 Zero-sequence voltage detection

영상전압의 검출은 지락방향계전기(SGR)의 기준 입력으로 사용되는 방법으로 GPT(접지 변압기)의 오픈델타 방식에 의한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 저항접지 방식

저항접지 방식은 직접접지 방식과 비슷하며 중성점에 저항을 삽입해 지락전류를 작게 하는 방식이다.

1) 중성점 CT 방식

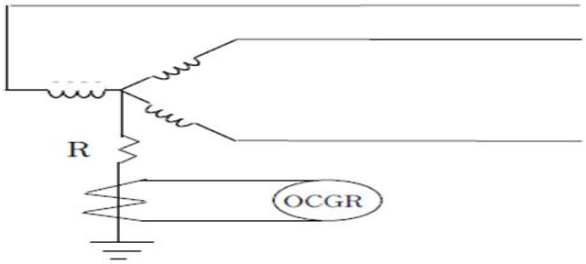

Fig. 2-10 Neutral point CT system

중성점에 CT를 연결하여 지락검출을 하는 방식으로 변류비 조정을 통해 지락전류의 크기를 조절 할 수 있어 지락 검출이 용이하다.

2) NGT 방식

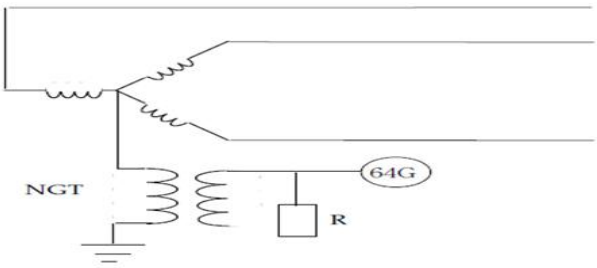

Fig. 2-11 NGT system

변압기의 중성점에 접지 변압기를 연결하여 접지저항에 의한 전압을 검출하는 방식으로 대용량 발전기의 보호에 용이하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. 지락보호계전기의 동작요인

1. 절연의 파괴

고체 절연체에 전압을 점차 상승시켜 전압이 상당히 높아지면 전류도 급격히 상승하여 옴(Ω)의 법칙을 따르지 않게 된다. 이때 전압을 더 올리게 되면 임계치에 이르러 절연체는 파괴되어 절연성을 상실하게 되는데, 이를 절연파괴라 한다.

이와 같은 절연파괴는 전기적 파괴와 열적 파괴로 구분된다.

1) 전기적 파괴

전기적 파괴는 기체 방전과 같이 전자에 의한 이온 충돌에 의해 발생하고 이에 따라 파괴가 일어나는 것을 말한다.

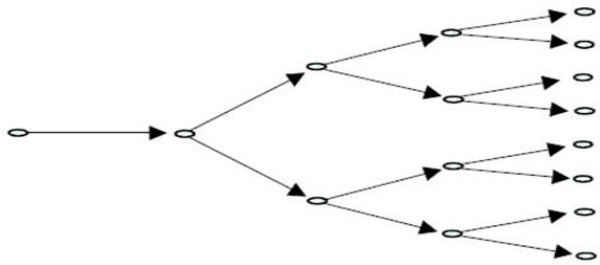

Fig. 2-12 Electron avalanche

위의 그림 2-12와 같이 전자 사태의 형성과정을 보면, 에너지가 높은 전자가 한꺼번에 결정격자에 충돌하게 되면 결정격자의 절연성이 파괴된다. 이와 같은 전기적 파괴를 사태 절연이라고도 한다[5].

이러한 전기적 파괴의 원인이 되는 자유전자는 불순물원자에 잡힌 전자가 전계에 의해 자유롭게 되는 경우와 전계방출에 의해 주입되는 경우가 있다.

2) 열적 파괴

아래의 그림 2-13을 보면 시간에 따른 파괴강도의 변화를 볼 수 있는데 그래프와 같이 어떤 온도 이상에서 파괴강도가 현저하게 온도에 의존함을 알 수 있

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 이를 열적 파괴라 한다[5].

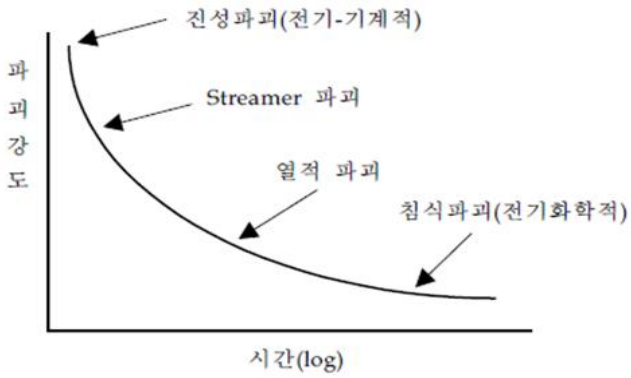

Fig. 2-13 Graph between time and breakout strength

2. 절연 열화

1) 열적 열화

회전기의 운전중에 권선 도체에서 줄열(J)과 철심의 와전류에 의한 열 발생으로 열분해 또는 산화열화 등으로 인해 기기의 절연이 저하되는 현상을 말한다.

2) 전기적 열화

절연체의 절연층 내 보이드나 박리 등이 있을 때 대지 전위에 의해 부분방전이 보이드나 박리 안에서 일어나게 되고 절연층은 부분방전에 의해 점차 손상되어 절연 파괴가 발생하게 된다.

3) 기계적 열화

회전기의 운전중 전자진동이나 권선의 진동에 의해 절연층의 균열 및 철심의 마모 등이 생길 수 있으며 이를 기계적 열화라 한다. 기계적 열화는 절연층의 마모, 균열에 의한 손상에 의해서도 일어날 수 있다. 이러한 기계적 열화의 결과로 부분방전이 발생하게 되고 부분방전이 지속될 시 절연파괴에 이르게 된다.

4) 환경적 열화

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

환경의 영향으로 시간이 흐름에 따라 절연체의 표면에 분진, 수분 등의 도전성 물질이 부착되면 절연층의 열화에 영향을 미치게 되는데, 이러한 원인으로 인하여 표면의 절연저항이 저하되고 열화로 진행되는 것을 환경적 열화라 한다.

3. 부하의 불평형

3상 전원계통에 있어 전압변동과 함께 부하의 불평형이 발생할 경우, 불평형 전류, 불평형 전압이 발생하게 되는데 저압 배전계통에서 3상 동력부하 및 단상 부하가 혼재되어 있어 이의 운용에 있어 부하의 평형을 유지하기는 매우 어려운 일이다.

1) 전압의 불평형

전압 불평형의 원인으로는 역률 보상장비(콘덴서 등)의 오동작, 불안정한 전원의 공급, 대용량의 단상부하 등 때문으로, 불평형 부하의 운전으로 인한 전압 불평형은 전력계통과 기기에 피해를 줄 수 있다[5].

Table 2-1 Range of unbalance rate depending on the specification

규 격	허용범위	비 고
NEMANG-14.33-1993	1% 이하	
IEC 61000-2-2	2%	
IEEE 1159-1995	0.2~2%	
ANSI C84.1-1995	3%	무부하시

2) 설비 및 부하의 불평형

저압수전의 경우 부하의 평형이 원칙이지만, 부득이한 경우 불평형율을 40%까지 제한한다.

$$\text{설비불평형율} = \frac{\text{중성선과 각 전압측 선간에 접속되는 부하설비 용량의 차}}{\text{총부하 설비용량의 } 1/2} \times 100 \quad (1)$$

저고압 및 특고압 수전의 경우는 불평형율을 30%이하로 한다.

$$\text{설비불평형율} = \frac{\text{각 선간 접속되는 단상부하 총용량의 최대최소 차}}{\text{총부하 설비용량의 } 1/3} \times 100 \quad (2)$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 지락보호계전기의 오동작

A. 오동작의 원인

1. 일반철도 배전선로 장애 발생 사례

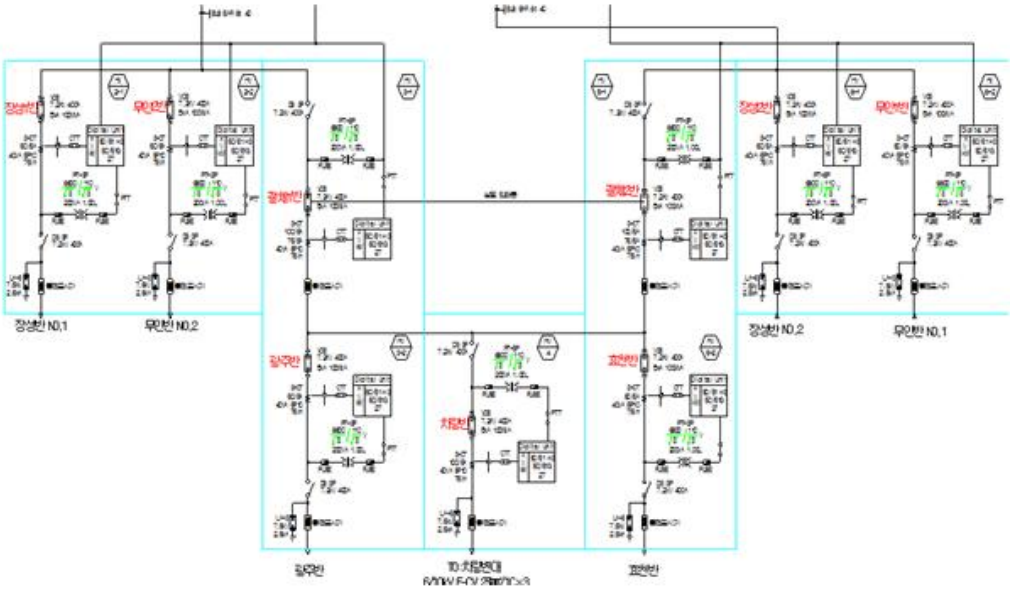

Fig. 3-1 Single ling diagram

다음은 '13~'15년도 사이 호남선 광주송정역 수전실의 일반철도 6.6KV 배전선로 계통의 지락사고 발생 및 선로별 전류 측정값 현황이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3-1 Current of ground fault on Hyo-chun line

반 명	R	S	T	N
효천반	8.1	117	11	64
무안2반	37	10	30	73

Table 3-2 Current of ground fault on Mu-an line

반 명	R	S	T	N
무안2반	71.6	34.6	31.9	18
광주반	3.5	11.9	9.6	21
절체반	5.7	18.7	14.7	32

Table 3-3 Current of ground fault on Mu-an line

반 명	R	S	T	N
무안2반	4.51	36.5	25.52	21.6
광주반	10.42	2.073	12.575	23.3
절체반	15	2.49	19.77	33.8

Table 3-4 Current of ground fault on Gwang-ju line

반 명	R	S	T	N
무안2반	24.33	22.5	21.44	21.6
광주반	11.39	4.38	25.94	24.88
절체반	14.88	15.4	4.3	33.8

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

위의 표 3-1, 3-2, 3-3 및 3-4에서 보는 바와 같이 지락사고시 고장 선로에 흐르는 전류를 분석해보면, 지락상에는 지락전류+부하전류, 정상상에는 부하전류를 형성한다. 이때 인접한 정상선로의 지락상에는 정상적인 부하전류가 흐르나 정상상에는 충전전류와 부하전류의 합산 전류가 흐르게 되어 정상선로의 영상전류 크기가 고장선로의 그것보다 크게 발생하게 되어 지락보호계전기(OCGR)의 작동을 유발해 인접 정상선로에 급전장애를 발생시킨다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 불평형 전류에 의한 영상전류 증가

영상전류 증가에 의한 지락과전류계전기의 동작사례가 발생한 위의 사례들을 보면, 표 3-1에서는 정상선로인 무안2반의 R상은 37A, S상은 10A, T상은 30A로 전류의 불평형이 심하게 발생하였으며, 표 3-2의 경우에는 정상선로인 광주반의 경우 R상은 3.5A, S상은 11.9A, T상은 14.7A이었고, 절체반은 R상 5.7A, S상 18.7A, T상 14.7A로 각상의 전류 불평형이 발생하였다. 또한 표 3-3의 경우 정상선로인 광주반의 각 상의 전류가 각각 10.42A, 2.073A, 12.757A로 불평형이 발생하였고 절체반의 경우 R상 15A, S상 2.49A, T상 19.77A으로 불평형 전류가 심하게 발생하였다.

이에 따라 중성선에는 많은 전류가 흘러 결국 지락과전류계전기 설정값 이상의 전류가 계속 흐르게 되어 정상선로도 고장선로와 동시에 트립이 발생된 것을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 오동작 개선 대책

1. 방향성 지락계전기(DOCGR)

직접접지계통에서 고조파 및 불평형 전류 등에 의한 중성선 전류 증가로 인해 발생되는 지락계전기의 오동작에 대한 대책으로 보호계전기의 계전요소 중 방향성 지락계전기(DOCGR)의 설정을 고려해 볼 수 있다. 방향성 지락계전기는 비접지 계통에서 널리 이용되고 있는 선택지락계전기의 원리를 이용한 것으로 잔류회로 방식에 의한 영상전류와 PT 또는 GPT의 영상전압을 검출하여 영상전류와 영상전압의 크기 및 위상차에 의해 동작한다.

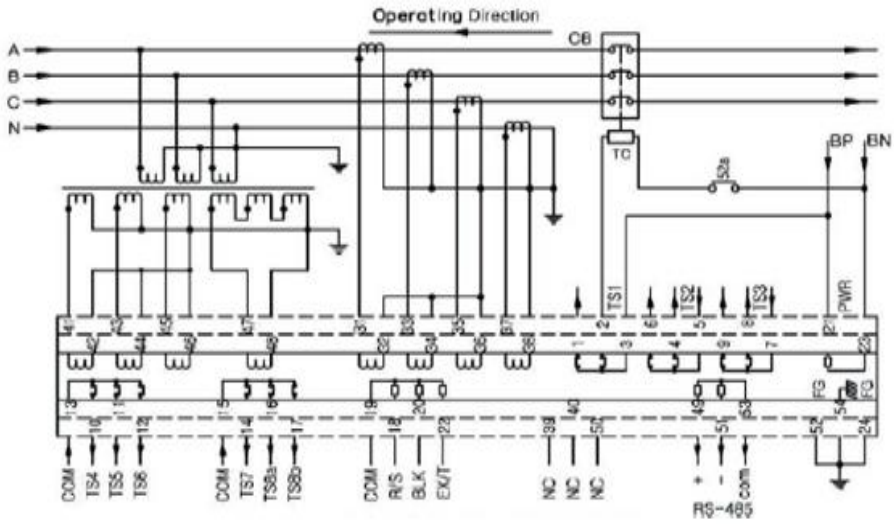

Fig. 3-2 Direction ground protection relay

방향성 지락계전기의 기준극성은 영상전압, 전류를 분리하여 사용하는 것과 동시에 사용하는 것 등으로 나뉘어지며, 영상전류를 기준극성으로 사용하는 이유는 원거리 사고 발생시 임피던스로 인한 전압강하로 계전기 감지전압이 작아져 사고 방향의 인식이 어려울 수 있기 때문이다. 방향성 지락계전기의 동작 특성은 아래 그림 3-3과 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

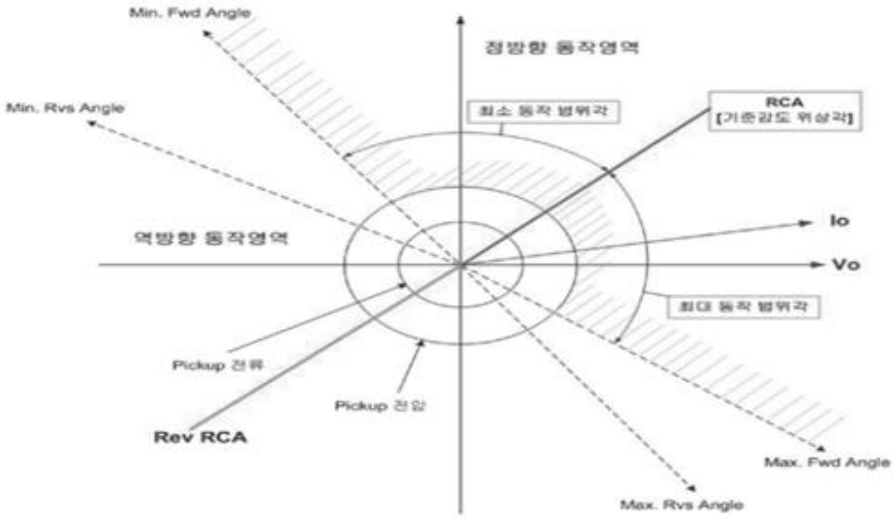

Fig. 3-3 Operating characteristics of DOCGR

2. 부하불평형률 해소를 통한 고조파의 저감

오동작의 원인에서 살펴본 바와 같이 부하의 불평형은 고조파와 함께 중성선 과전류의 주요원인이므로 적절한 부하의 재분배를 통해 중성선의 부하분담을 감소시킬수록 지락계전기의 오동작을 개선할 수 있을 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. 고려사항

지락과전류계전기(OCGR)는 전류의 방향성이 없이 고장전류 및 지중케이블 배전선로 구간에 충전전류에 의한 역방향 영상전류의 크기에 비례하여 동작한다.

이에 호남선 일반선 6.6KV배전선로 구간 중 지중케이블 배전선로에 대하여 방향성 지락과전류계전기(DOCGR)을 추가하여 정상선로의 동시트립을 방지하고자 할 때에는 계기용변압기(PT)의 계전기 결선을 기존의 △결선에서 Y결선을 변경하여야 하고, 수전실 내 배전반에 설치된 전자식 보호계전기의 PLC 로직 설정, 원격제어를 위한 전력원격감시제어장치(SCADA) 및 원격소장치의 감시요소 추가 등의 작업을 시행하고 지락시험 후 정상선로 동시트립이 안되는 것을 확인한 후 실제 적용하여야 안정적인 전력운용이 가능할 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 전력계통의 접지 방식의 종류별 특성을 알아보고 시스템별 적합한 보호설비의 적용, 부하의 불평형 등으로 인한 중성선 과전류가 지락사고시 일반철도 정상 지중배전선로에 미치는 영향 등을 알아보았다.

실제로 철도현장에서 운용되고 있는 6.6KV 지중배전선로는 통상적으로 사용되는 보호계전요소(OCR, OCGR, UVR 등)로 안정적인 전력 운용이 되어지고 있으나, 다년간 반복된 급전 장애건 중 정상 지중선로의 동시트립 발생요인을 찾고 이를 해소하고자 방향성 지락과전류계전기의 사용 및 부하불평형의 해소, 방향성 계전기 사용시의 고려사항 등을 제시하였다.

이번 연구 결과를 토대로 일반철도 배전선로 지락과전류계전기의 오동작에 대한 원인을 분석하고 보완책을 제시함으로써 지락사고 발생시 정상선로의 동시장애를 예방하여 철도 전력운용의 안정성이 향상된다면 열차 안전운행에 기여하고 친환경적이고 안전한 철도가 미래의 교통문화를 선도함에 일조할 수 있을 것으로 기대한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

[1] 한국철도시설공단, 철도설계지침 및 편람(KR+E-04010, 04020, 배전선로 설계일반, 지중배전선로편).

[2] ㈜비츠로테크, VIPAM 3500-FM 사용설명서.

[3] 송길영, “최신 송배전공학”, 통일출판사, 2003.

[4] 이성우, “지락보호시스템”, 기다리, 2005.

[5] 최홍열, “지락보호계전기 오동작 원인 규명 및 대책”, 충남대학교 학위논문, 2008.

[6] 손병찬, “지락계전기의 오동작 방지대책에 관한 연구”, 삼척대학교 학위논문, 2005.

[7] 구인석, “3상 불평형 및 비선형 부하에 의한 지락보호계전기 오동작 방지대책”, 충북대학교 학위논문, 2016.

Collection @ chosun