

제주-해남 HVDC 시스템에서 클리폰 릴레이 오동작 분석에 관한 연구

김찬기, 박종광, 최영도
한전전력연구원

A Study on the Analysis of Klippon Relay Malfunction in Cheju-Heanam HVDC System

Chan-Ki Kim, Jong-Kwang Park, Young-Do Choy
KEPRI

ABSTRACT

Malfuction of Klippon relay in Cheju-Haenam HVDC system has been caused by the inflow of high voltage arc. In this paper, we have studied on the theoretical examination and data analysis of Klippon relay, and the countermeasures against the problems were suggested according to their causes. Grounding problem in Klippon relay is removed by one-point earth connection and by modification of grounding circuit. The effects of overcurrent surge was removed by attaching blocking diodes by series in Klippon relay to remove surge input in Klippon relay's mercury contact. The problem of Induced overvoltage by 86relay excitation coil, was removed by attaching Free-wheeling diode in parallel with the excitation coil of Lock-out relay.

1. 서론

전력전자라는 학문은 초창기 전력시스템과 제어 시스템 그리고 전자회로가 결합되어 시장원리에 따라 자연 발생적으로 생겨난 학문이다. 따라서 주변 기술의 발달정도에 따라 빠르게 발전하다가도, 어느 정도에서는 포화되는 경향을 가지고 있지만, 전력전자라는 학문이 실용화를 주된 목표로 하기 때문에 보다 정밀하고, 보다 안정성이 보장되고, 보다 효율적인 시스템을 구현하기 위한 연구는 계속될 것이라 사료된다. 본 논문은 디지털 시스템이나 반도체 소자와 같이 외부 충격에 약한 소자를 가지고 있는 전력전자설비에서 그동안 많이 검토되지 않았던 하나의 문제점을 해결하는 과정을 서술한 하였으며 그동안 전력전자분야에서 다루어지지 않았던

실제 현장연구에 관한 내용을 담고 있어 많은 도움이 되리라 사료된다.

2. Relay 분석

2.1 리드 릴레이의 구조 및 특성

일반적인 리드릴레이는 그림 1과 같은 구조를 갖고 있다. 리드릴레이는 클리폰 릴레이와 마찬가지로 내부에 밀폐된 유리관내에 금속편으로 된 접점을 가지고 있으며 외부는 가는 코일로 감겨져있다. 이 코일에 전류가 흐르면 코일을 둘러싸고 있는 유리관속의 접점에 자계가 형성된다. 이때 접점이 서로를 끌어당기는 상태로 바뀌면서 스위치 역할을 해주게 된다.

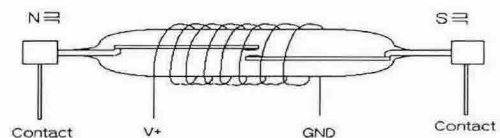


그림 1 리드릴레이의 구조
Fig. 1 Structure of Reed Relay.

리드릴레이의 동작시간은 1ms 이내이며 복귀시간은 2ms 이내이다. 주로 사용되는 범위로는 고주파 RF 신호전달 회로 및 저 노이즈를 필요로 하는 고정밀 시스템에 사용된다.

2.2 클리폰 릴레이의 구조 및 특성

HVDC 시스템에 사용되고 있는 수은 릴레이는 기존의 일반적인 수은릴레이들과는 전혀 다른 구조를 가지고 있다. 기본적인 형태는 리드릴레이와 같고 표면에 도포된 수은도 외부에 묻거나 유동적인 형태가 아닌 코팅 혹은 특수한 형태로 고착시킨 것으로 판단된다.

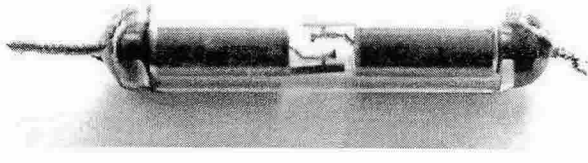
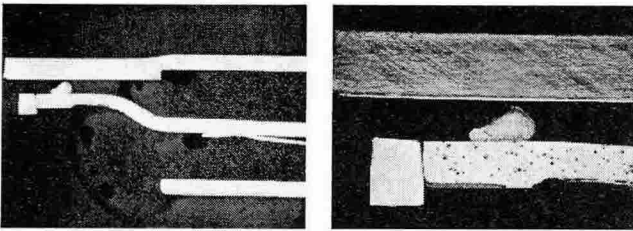


그림 2 클리폰 릴레이 형상
Fig. 2 Detailed Shape of Klippon Relay.

그림 2는 클리폰(KLIPPON)사 수은릴레이의 실제모습을 나타낸다. 클리폰 릴레이 코일에 직류전압(DC24V)을 흘리면서 리드부의 접점이 개폐를 행하는 구조로 되어있다. 접점리드관은 바깥쪽에 감긴 코일에 의해 동작된다. 사용중인 클리폰 릴레이의 정격 동작시간은 1.6ms 이고 복귀시간은 2ms이다. 하지만 측정된 결과 응답시간은 960 μ s로 측정되었다.

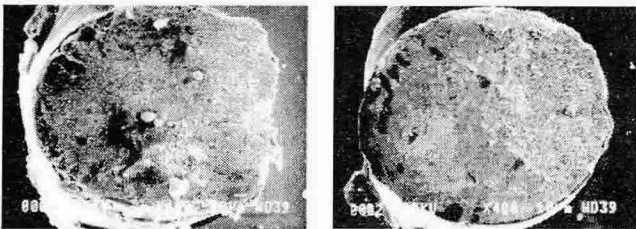
3. 클리폰 릴레이 고장분석

HVDC 시스템에 클리폰 릴레이가 설치되어 있는 곳을 살펴보면, 트립회로와 제어회로 그리고 사고기록장치 사이에 장착되어 운전되고 있다.



(a) 접점확대 ($\times 32$) (b) 접점확대 ($\times 100$)

그림 3 클리폰 릴레이 접점 확대사진
Fig. 3 Picture of Klippon Relay Contact Pad.



(a) 수은이 남은 상태 (b)수은이 제거된 상태

그림 4 수은 접점의 확대 사진($\times 400$)
Fig. 4 Picture of Mercury Contact Pad.($\times 400$)

그림 3, 4는 클리폰 릴레이의 수은 접점부분에 대한 주된 손상원인인 수은의 재료적 손상 상태를 확대한 모습이다. 수은은 응집력이 물보다도 수십배 이상 높기 때문에 클리폰 릴레이에 접점 역할을 하는 수은접점 부분에 어떤 형태로든 입력된 써지가 주된 클리폰 릴레이의 오동작을 일으키는 것으로 판단된다. 따라서 이에 대한 해결책을 찾고자 한다.

4. 클리폰 릴레이 고장 가능원인별 분석 및 대책

4-1. 접지에 의한 써지 영향 분석

HVDC 시스템의 필터와 컨버터 변압기를 제외한 대부분 설비의 규비클은 모두 접지망에 연결되어 있으며 접지망은 다시 대지에 접속되어 있다. 그림 5는 제주-해남 HVDC 시스템에서의 주파수 특성을 정량화한 접지 임피던스계산 결과를 나타내고 있다.

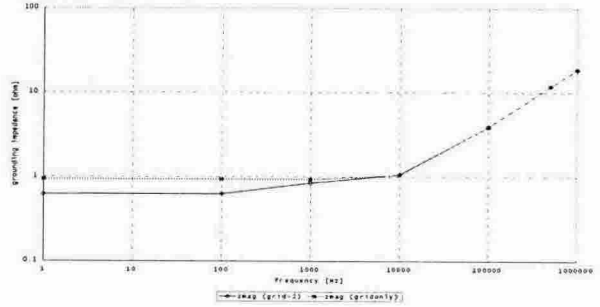


그림 5 주파수별 접지임피던스 계산결과
Fig. 5 Calculation Result Grounding Impedance in each Frequency.

그림 6은 HVDC 제어회로에 유입되는 외래 노이즈 방지책으로 다점 접지를 장치마다 일점접지로 전환하여 외부노이즈 통과 경로를 제거하였다. 또한 전원선과 접지 사이에 콘덴서나 필터를 삽입하여 계전 장치내의 써지 전파를 저감시키었다.

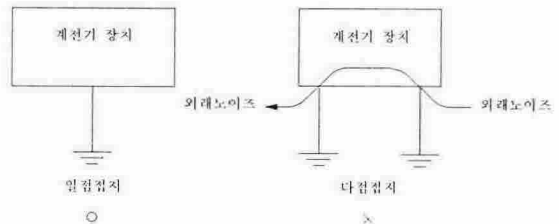


그림 6 일점 접지와 다점접지 구조
Fig. 6 Structure of Own Point Grounding and Multi Point Grounding.

4-2. 클리폰 릴레이 투입시 과전류에 의한 써지 영향 분석 및 대책

그림 7은 제주-해남 HVDC 시스템의 보호스킴에 대한 시퀀스를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 HVDC 시스템에서 클리폰 릴레이가 동작시 클리폰 릴레이의 스니버에 충전되는 전류와 다른 클리폰 릴레이에 의해서 유기되는 과전류 그리고 선로 충전전류에 의한 과전류가 생성된다. 이렇게 생성되는 과전류의 영향을 제거하기 위하여 접선과 같이 클리폰 릴레이에 블로킹 다이오드를 설치하여 과전류 유입을 제한하였다.

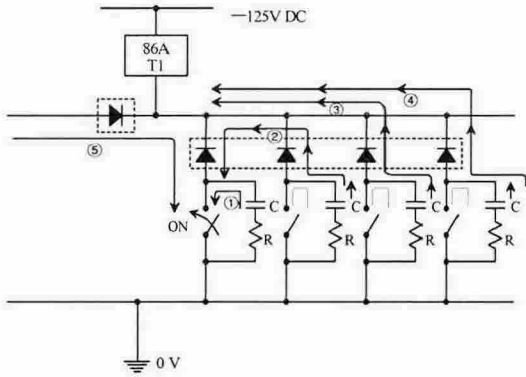


그림 7 클리폰 릴레이에 생성되는 과전류
Fig. 7 Generating Over Current in Klippon Relay.

4-3. 클리폰 릴레이 투입 시 폐쇄계전기의 여자코일에 의해 유기되는 과전압의 영향

그림 8은 현재 사용중인 폐쇄계전기 단선도를 나타내었으며 그림 9는 릴레이에 유기되는 유도성 순간과전압을 측정 한 그림으로 채터링을 통한 과전압 발생을 볼 수 있다. 그림 10은 폐쇄계전기에 프리휠링 다이오드를 부착 시의 유도성 과전압이 억제된 파형을 나타내고 있다. 따라서 부착된 다이오드를 통하여 전류 통로가 생성시 킴으로써 스위치 개방시의 순간 과전압을 제거 할 수 있었다.

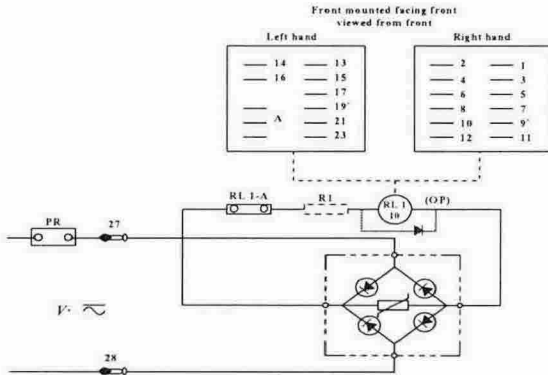


그림 8 폐쇄계전기(86Ry) 회로도(Diode 추가)
Fig. 8 Circuit Diagram of Lock-out Relay(86).

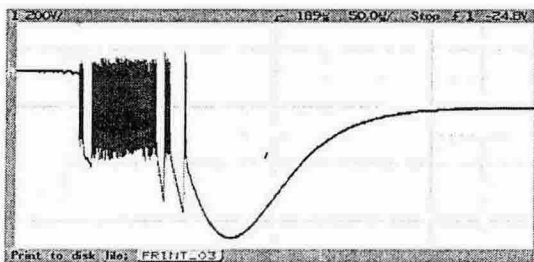


그림 9 폐쇄계전기(86Ry) 순간과전압 파형
Fig. 9 Curve of Temporary Over Voltage in Lock-out Relay(86).

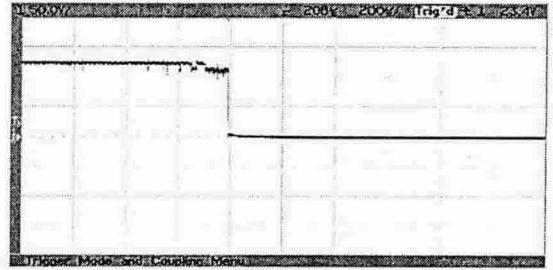


그림 10 프리휠링 부착시의 폐쇄계전기(86Ry) 순간 과전압
Fig. 10 Curve of Temporary Over Voltage in Modified Lock-out Relay(86)

5. 결론

제주-해남 HVDC 시스템에서의 클리폰 릴레이의 동작은 고전압 아크의 유입으로 인해 수은접점의 이상이 원인되고 있다. 따라서 본 연구에서는 클리폰 릴레이의 이론적 검토와 데이터 분석 그리고 사고사례 분석을 수행하여 다음과 같이 3가지 썬지 원인 발생에 대한 검토 결론을 도출하였다.

주파수별 접지임피던스 측정시스템를 활용하여 접지계통을 통한 클리폰 릴레이의 직접적인 썬지 유입을 분석 하였으며 그 해결책으로 일점접지와 회로보완을 통하여 문제점을 해소하였다.

클리폰 릴레이 투입시 과전류에 의한 썬지 영향은 클리폰 릴레이에 직렬로 블로킹 다이오드를 설치하여 스너버의 투입조건에 대한 과전류 유입을 제한함으로써 클리폰 릴레이의 수은접점으로 유입되는 썬지 입력을 제거하였다.

클리폰 릴레이 개방시 폐쇄계전기의 여자코일에 의해 유기되는 과전압의 영향은 계전기의 여자코일에 순환다이오드를 병렬로 부착함으로써 스위치의 개방조건에 대한 유도 과전압 썬지를 효율적으로 제거 할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] High-Voltage Direct Current Handbook, EPRI TR- 10416 6S, 1994.
- [2] P. Kunder, "Power System Stability and Control", Mcgraw-Hill, 1996.
- [3] F. Nozari and H.S. Patel, "Power Electronics in Electric Utilities: HVDC Power Transmission Systems", Proceedings of the IEEE. Volume: 76 4, Page(s): 495 - 506, April 1988.
- [4] M.M. Saied and S.A. Khader, "Optimal Design of AC Filter Circuits in HVDC Converter Stations", Industry Applications Conference, 1995. Thirtieth IAS Annual Meeting, IAS '95., Conference Record of the 1995 IEEE. Volume: 3, Page(s): 2213 - 2218 vol.3, 1995.