

설비신뢰성 향상을 위한 무수은형 카드릴레이 개발 및 운영

論 文
56-4-1

The Development of No-Mercury Type Card Relay for Improving the Reliability of Electrical Facilities

李世溢[†] · 安俊基^{*} · 蔣在元^{**} · 金正權^{***} · 梁宰源[§]
(S.I Lee · J.K Ahn · J.W Chang · J.K Kim · J.W Yang)

Abstract - The electro-mechanical mercury relay is used as an auxiliary relay of power facility because it is superior to operating time and no-bounce. So the KEPCO has used the mercury relay for operating HVDC(High Voltage Direct Current) system. But it has many problems with facility operation by occurrence of mercury evaporation, held contact point and malfunction according to long term use, furthermore it is forbidden to produce for fear of environmental pollution in 2002. This paper presents the no-mercury relay development, comparison test and application.

Key Words : mercury relay, no-mercury relay, malfunction, held contact point

1. 서 론

표면장력이 큰 특성을 이용한 수은접점형 릴레이는 동작 전원 인가시 체터링이 현상이 없으며, no-bounce 장점과 동작 속도가 일반적 전자기계형 릴레이에 비해 빠르다. 따라서 개발이후 계전기 및 여러 전력설비 제어회로에 이용되었으나 장기간 동작대기 상태 유지에 따른 수은증발은, 활성저하로 이어져 수은접점 고착 및 구동전압 인가 없이 접점이 동작하는 사례가 발생되고 있다.[1] 또한 환경오염문제로 2002년부터 수은릴레이 생산중단은 운영중인 설비 유지보수를 위한 예비품 확보 문제점으로 대두되어 수은형 릴레이 기능을 대체할 무수은형 카드릴레이 개발이 필요하게 되었다. 대체 카드 개발적용 결과 설비신뢰도 향상은 물론 환경친화적 전력설비 운영에 기여하였다.[2]

2. 본 론

제주도 전력수요의 40% 이상을 공급하는 변환설비 제어용으로 사용 중인 수은접점 열화로, 설비불시 정지 고장이 수신회 반복되어 설비 신뢰도 확보가 현실적인 문제로 대두되었다. 따라서 수은형릴레이 회로구성과 문제점을 분석하여, 단점을 보완 개선한 무수은형카드릴레이 개발과정을 공유하고자 한다.[3]

2.1 수은형 카드릴레이 구조 및 특징

변환소당 224장씩 설치된 독일 Klippon Microsystem Ltd.사가 제작한 수은형릴레이는 경보, 제어, 정지, 상태표시 회로에 사용하고 있으며 접점 'a', 'b'구성에 따라 5가지 종류로 구분된다. 몰드내부 구동코일에 24v DC 여자시 접점에 함침된 수은이 집중 혹은 이완되며 동작하는 방식이다. 동작속도 3ms 이내, 또한 0 ~ 120v AC/DC 등 상이한 전압을 인접 접점회로에 인가 사용 가능한 장점으로 변환설비에 적용 설계되었다. 그러나 장기 사용과 상시여자에 따른 코일 온도상승(40℃)으로 코일 및 수은접점 열화현상이 진행되어 오동작 발생의 주원인이 되고 있음을 파악하였다.[4]

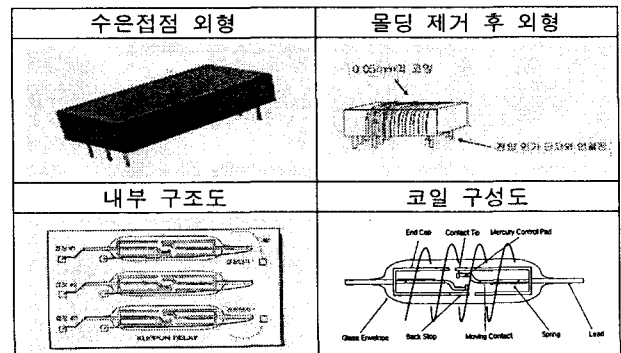


그림 1 수은형 릴레이 내부 구조도

Fig. 1 mercury relay internal

2.2 수은형카드릴레이 오동작 증가

사용기간 증가에 따른 수은접점 열화에 의한 고장유형으로는 24v DC 구동전원 인가 없이 수은접점만 오동작하는 현상으로, 28회 변환설비 불시정지를 경험하였고, 또한 수은 활성 부족으로 뭉쳐 고착되는 부동작 현상 84회가 있었

† 교신저자, 正會員 : 韓國電力公社 光州電力管理處 課長
E-mail : eunpa@kepco.co.kr

* 正會員 : 韓國電力公社 영등포支店 工學

** 正會員 : 韓國電力公社 送變電建設팀長 工博

*** 正會員 : 韓國電力公社 光州電力管理處 部長 工學

§ 正會員 : 韓國電力公社 光州電力管理處 課長 工學

接受日字 : 2006年 10月 13日

最終完了 : 2007年 2月 28日

다.[5] 이러한 고장은 운전초기 대비 매년 증가추세에 있으며 수은접점 병렬 TRIP회로에 BLOCKING DIODE설치 등 개선을 시행하였으나 고장예방 효과가 없었다. 장기간 동작 대기에 따른 활성저하를 예방하고자 전용시험기를 개발하여 연차점검 시 수실회 반복 전압인가에 의한 동작시험을 시행하여 추이분석을 통한 고장진행을 사전 예측하는 등의 방법도 적용하였다.[6]

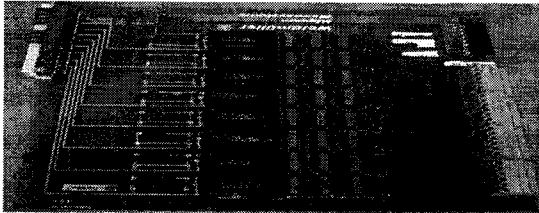


그림 2 변환소 수은형 카드릴레이
Fig. 2 mercury type card relay of converter station

2.3 수은형 카드릴레이 회로분석

2.3.1 수은형 카드릴레이 회로도

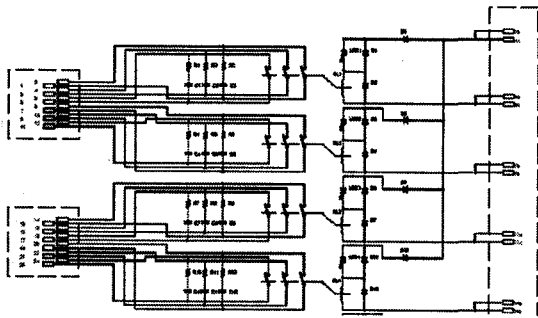


그림 3 수은형 카드릴레이 회로도
Fig. 3 mercury relay internal circuit

2.3.2 수은형 카드릴레이 회로분석

구동전원인가 회로 : 다양한 직류전압을 사용하기 위한 전압저감 회로이며 변환소는 24V DC 로 결선, LED 동작회로 : 구동공일에 동작전압 인가 여부 상태를 표시 및 확인 하는 동작표시기3 역할 회로, 다이오드 및 프리휠링 회로 : 오결선에 의한 역 전압 인가방지 및 인가전압 소진회로, 수은접점회로 : 카드형식에 따라 'a', 'b'접점 구성이 상이하며 3개 로 구성된 접점은 연동동작하며 회로에 따라서 0 ~ 120v AC/DC 등이 인가됨, R, C 회로 : 수은접점 후단에 연결된 인덕턴스 회로 개방 시 고전압 유기에 의한 접점 손상 방지 및 바운스 저감 필터회로로 R혹은 C 단락 시 후단회로가 부 동작 하도록 설계, 카드소켓 : 2차 보호회로와 카드 내부 접점을 연결구성하는 부위 등 6개 구성요소로 제작된 카드이다.[7]

2.3.3 수은접점 릴레이 회로분석 결론

대체 개발의 장애요인인 동작속도는, 소형 경량화는 물론 고속 동작용으로 개발된 전자기계형 릴레이를 사용하였으

며, R, C 필터회로를 개선 적용하여 수은형과 동일한 노 바운스 특성개발이 가능하였다. R, C 설정치는 단락 시 하위 계전기 회로 오동작 예방에 중점을 두었다. 개발결과 수은 릴레이를 무수은형카드릴레이로 대체시 수은릴레이 오동작 및 고착 문제가 개선되어 전력설비 운영의 신뢰성확보가 가능함을 파악 하였다. 또한 수은접점이 long bounce type 86 릴레이(바운스 타임:40~60ms)를 동작시키고, 이후 86접점이 차단기 개방회로와 연결되는 구조이므로 동작까지 3초 시간 지연 설계가 확인되었다. 또한 LOGIC 회로, 전원공급기 건전성 및 밸브냉각수 누수 등 수은회로도 동일개념으로 바운스가 설비보호와 직접 영향이 적음을 판단하였다.[8]

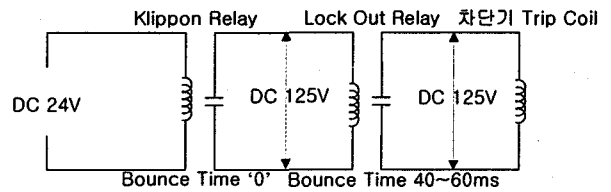


그림 4 수은접점이용 보호회로 구성도
Fig. 4 mercury relay external connection drawing

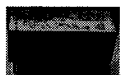

2.4 무수은형 카드릴레이 개발

2.4.1 무수은형 릴레이 적용 및 필터개발

수은형릴레이 대체용 전자기계형 고속도 릴레이 적용 검토는 동작시간과 복귀시간 적정성 및 접점용량이 중요 결정 사양 이었다. 또한 전자기계형 릴레이 동작 시 NO Bounce 특성유지위한 시정수형의 R, C 필터회로 개발에 있어 중요 사양은 R혹은 C단락 고장 발생시 최종회로에 연결된 정지 동작 릴레이 오동작 예방을 위한 전류제한 요소이다.

표 1 릴레이 사양 비교표

Table 1 relay specification

| 구 분 |  |  |
|------------------|---|---|
| 1. 스위칭 전압, 전류 | 250V- 2A | 500V- 2A |
| 2. 접점 용량, 저항 | 60W,, 100mΩ | 50W,40mΩ |
| 3. 접점재질, 동작수명 | 순도급. 10 ⁸ 회 | 수은. 10 ⁸ 회 |
| 4. 접점 전류 | 110Vdc/0.6A | 110Vdc/1A |
| 5. 동작시간(Min/Max) | 3/10 msec | 2.7/3 msec |
| 6. 복귀시간(Min/Max) | 2/5 msec | 2.5 msec |
| 7. 사용온도 | -40 ~ 70℃ | -40 ~ 85℃ |
| 8. 진동저항 | 50 G | 10 G |
| 9. 모델명 및 제작사 | DS Relays MATSUSHITA | Klippon Microsystem Ltd. |

2.4.2 개발시험 항목 및 시험내용

개발 전, 후 및 시험내용 검토하여 산업기술시험원에 인증시험을 시행하였다. 현재 변환설비에 연결 사용되고 있는 수은릴레이 후단 86릴레이를 실 부하로 하여 로드테스트 등 5개항 신뢰성 평가 시험을 시행한 결과 전체항목에서 양호로 평가되었다.

표 2 무수은형 카드릴레이 개발시험 내용

Table 2 no-mercury relay test item

| 순번 | 시험항목 | 시험내용 |
|----|-----------|--|
| 1 | 바운스 측정 | 코일여자 접점 바운스 변화확인 시험 |
| 2 | 동작전압 및 시간 | 전압 인가후 접점 동작시간, 전압측정 |
| 3 | 로드테스트 | 접점회로에 86릴레이를 부하로 연결후 바운스, 동작전압, 시간, 등의 영향 시험 |
| 4 | EMI 시험 | 전자계 영향 이상여부 시험 |
| 5 | 종합평가 | 시험결과 종합 및 신뢰성 평가 |

표 3 무수은형 카드릴레이 개발시험 결과

Table 3 no-mercury relay test result

| 구분 | 무수은카드 적용시험내용 | 시험결과 | 비고 |
|----|---------------|----------|--------|
| 1 | 전원공급기 출력 | 22.8 VDC | 정격24 V |
| 2 | 여자코일 전압강하 | 15.1 VDC | |
| 3 | 카드 LED 전압강하 | 3.0 VDC | |
| 4 | 필터회로 R 전압강하 | 0 VDC | |
| 5 | 필터회로 C 전압강하 | 122 VDC | |
| 6 | R 단락시 C 전압강하 | 122 VDC | |
| 7 | R 단락시 86 전압강하 | 200 mVDC | |
| 8 | C 단락시 R 전압강하 | 101 VDC | |
| 9 | C 단락시 86 전압강하 | 21 VDC | |

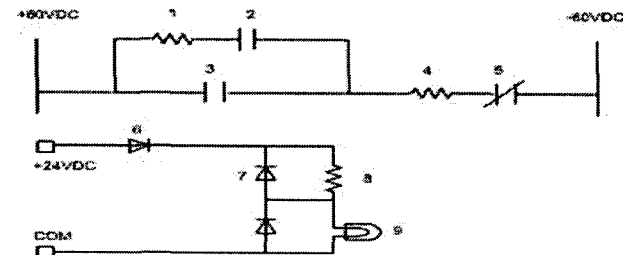


그림 5 수은접점 연결 카드 회로도

Fig. 5 mercury relay contact connection drawing

표 4 그림 5관련 사양

Table 4 specification of fig. 5

| 번호 | 설명 |
|----|------------------------------|
| 1 | 접점 보호회로 저항 2.4KΩ, 2W |
| 2 | 접점 보호회로 캐패시터 3300pF, 1500V |
| 3 | 릴레이 접점, 60W 100mΩ |
| 4 | 86 Lock-OUT Relay 25W,125VDC |
| 5 | 차단기 보조접점 |
| 6 | 역전압 방지 다이오드 IN4007 |
| 7 | 릴레이 코일 보호 다이오드 BZT03C39 |
| 8 | 여자용 코일 3번접점 연동 24VDC, |
| 9 | 릴레이 동작표시 LED 5V, |

2.4.3 무수은형과 수은형 제원 비교

무수은형 릴레이를 개발하여 비교 분석한 결과 국내개발 품이 기술적, 경제적 효과는 물론 설비 신뢰성 향상에 우수한 것으로 판단되었다. 구동코일에 전압을 인가하여 시행한 동작시간 시험결과 780μs로서 수은형의 900μs에 비하여 우수하였으며 또한 개폐 바운스도 양호하였다.

표 4 무수은형과 수은형 제원 비교표

Table 4 specification of no-mercury and mercury relay

| 구분 | 무수은형 릴레이 | 수은접점형 릴레이 |
|------|-------------------------------|-----------------------------|
| 제품사진 | | |
| 제작사 | 한전 자체개발 | 독일 Klippon Microsystem Ltd. |
| 동작특성 | 3m sec, 24V DC,속응성, no bounce | |
| 환경인증 | 유 | 무 |
| 구매가 | 350만원 | 1400만원 |
| 시험 | 산업기술시험원 인증 | 제작사 자체 |
| 유지보수 | 국내 수리 및 구매 가능 | 국의 반출 수리 |

2.4.4 동작속도 및 바운스 특성 비교시험 결과

황색실선은 릴레이 여자전압이며 청색실선은 접점 동작상태 확인위한 인가전압으로서 저항부하에 인가되는 전압을 고속도 스코프로 시험 결과 개발카드가 수은형 보다 동작시간 및 바운스 특성이 양호한 것으로 평가되었다. 또한 실제 회로에 설치된 86릴레이를 사용하여 전류동작 및 부하동작 시험을 시행하여, 카드필터의 전류제한과 전압강하를 시험하여 안정적 회로여부 평가 완료 후 제품화하여 현장 전력설비에 적용하였다.[9]

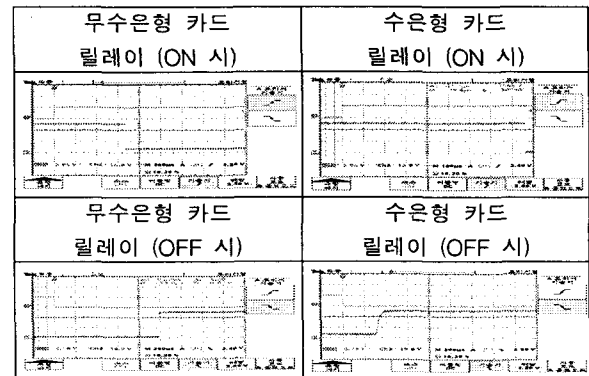


그림 6 동작속도 및 바운스 시험결과

Fig. 6 operating time & bounce test result

3. 결론

외국기술로 개발된 전력설비에 대한 운영과 유지보수 경험을 통하여 수은형 장점은 유지하고 단점은 획기적으로 개선된 새로운 형식의 무수은형카드릴레이를 개발 적용함으로써 외국제품도 국내 자체 개선 가능함을 확인 하였다. 외국에서 도입된 설비는 설계자 설계배경 및 의도를 파악해야 하지만 전기공학적으로 접근하면 현재 우리의 기술로도 제어카드 개선과 개발이 가능하다는 결론이다. 무수은형 카드릴레이 개발과정을 통하여 필터회로 변경으로 바운스 저감이 가능하며, 또한 무수은형 릴레이를 사용함으로써 공익기업 한전의 환경친화적인 전력설비 운영이 가능함도 확인하였다. 개발 카드를 설비에 적용함으로써 이후 불시정지 근

절을 이룩하였으며, 전력설비의 신뢰성 증대는 물론 기술자
립달성, 정비편리, 유지보수비용 절감은 물론 대체기술 개발
로 해외전력시장 개척 가능성에 도전하였으며, 국내기술개발
로 중소기업과의 전력산업 상생발전도 실현하였다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사 현장기술개발과제로 이루어진 연구로서, 기술기획실, 송변전처 및 발표기회를 주신 대한전기학회에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 전력연구원 HVDC팀 Klippon Relay 문제점 분석 및 대책보고서 : 05. February. 2003, Section 5
- [2] Klippon Relay 제작결함에 대한 Alstom 분석자료 클리 폰카드 검토보고서 2004. 4.
- [3] 변환설비 첫걸음 : 2005. 8, 한국전력공사, 92쪽
- [4] Description of Klippon Multi-Channel Electrical Isolator Sub-unit.(Operations Maintenance & Instruction Manual). 09. september. 1994. GEC Alstom (specification No.) : P10146/0001/DESC(Volume 19)
- [5] '98 ~ 2000 HVDC 운전 고장 사례집 : 2000.12, 한국전력공사 광주전력관리처
- [6] Liss G, Smedsfelt S, ' HVDC Links for Connection to Isolated AC Network' Paper presented to the U.N Economic Commission for Europe, Seminar on HVDC Techniques, Stockholm(Sweden), 6-9 May 1985
- [7] 송변전 기술용어 해설집 : 2001.2, 한국전력공사 송변전처, 535쪽
- [8] ICEE206,SE2-07 008-000515, To Improve Efficiency in Maintenance of Electrical Facilities for Control Card Test System Use
- [9] HVDC 운전원 현장실무 교재 : 2005.11, 한국전력공사 광주전력관리처, 30쪽

저 자 소 개



이 세 일 (李世溢)

1979년 전남대학교 전기공학과 졸업.
1981년 한국전력공사 입사
현재 광주전력관리처 계통시험과장
Tel : 062-602-3335
Fax : 062-602-3439



안 준 기 (安俊基)

1973년 전남대학교 전기공학과 졸업
1974년 한국전력공사 입사
현재 남서울지역본부 영등포지점장
Tel : 02-2670-2200
Fax : 02-2670-2214



장 재 원 (蔣在元)

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업
1979년 한국전력공사 입사
현재 송변전건설처 송전건설팀장
Tel : 02-3456-5101
Fax : 02-3456-5199



김 정 권 (金正權)

1986년 조선대학교 전기공학과 졸업
1987년 한전입사
현재 광주전력관리처 계통운영부장
Tel : 062-602-3330
Fax : 062-602-3439



양 재 원 (梁宰源)

1998년 전남대학교 전기공학과 졸업
1998년 한국전력공사 입사
현재 광주전력관리처 변전과장
Tel : 061-430-2380
Fax : 061-430-2347