

발간등록번호

11-1613000-001901-01

R&D

15TBIP-C074020-02

# 철도차량용 DC4000V급 전자접촉기 개발 최종보고서

2017. 8. 25

주관연구기관 / (주)우진기전

공동연구기관 / (주)우진산전

위탁연구기관 / 한밭대학교

준성특허법률사무소

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원



## 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철도차량용 DC4,000V급 전자접촉기 개발’(연구개발 기간 : 2014. 6. 2. ~ 2017. 5. 31.) 과제의  
최종보고서 10 부를 제출합니다.

2017 . 7 . 11 .

주관연구기관명 : (주) 우 진 기 전

김 정 현



공동연구기관명 : (주) 우 진 산 전

김 영 창



위탁연구기관명 : 준성특허법률사무소

이 준 성



위탁연구기관명 : 한밭대학교산학협력단

이 재 흥



주관연구기관책임자 : 주 관 일  
공동연구기관책임자 : 이 영 호  
위탁연구기관책임자 : 이 준 성  
위탁연구기관책임자 : 최 진 일

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에  
동의합니다.



## 보고서 요약서

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             |                         |                                 |                        |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|
| 과제 고유 번호                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15TBIP<br>-C074020-02       | 해당 단계<br>연구 기간          | 2014.06.02<br>~ 2017.05.31      | 단계구분                   | 2차년도)/<br>(총 2차년도)                                |
| 연구사업명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 중사업명                        | 국토교통기술사업화 지원사업          |                                 |                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 세부사업명                       | 중소기업 보유기술 사업화 분야        |                                 |                        |                                                   |
| 연구과제명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 대과제명                        | 철도차량용 DC4000V급 전자접촉기 개발 |                                 |                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 세부과제명                       | -                       |                                 |                        |                                                   |
| 연구책임자                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 주관일                         | 해당단계<br>참여<br>연구원 수     | 총 : 31명<br>내부 : 31명<br>외부 :   명 | 해당단계<br>연구개발비          | 정부 : 550,000천원<br>기업 : 378,452천원<br>계 : 928,452천원 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             | 총 연구기간<br>참여<br>연구원 수   | 총 : 31명<br>내부 : 31명<br>외부 :   명 | 총 연구개발비                | 정부 : 550,000천원<br>기업 : 378,452천원<br>계 : 928,452천원 |
| 연구기관명 및<br>소속 부서명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (주)우진기전 기술연구소               |                         |                                 | 참여기업명 :<br><br>(주)우진산전 |                                                   |
| 국제공동연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 상대국명 :                      |                         |                                 | 상대국 연구기관명 :            |                                                   |
| 위탁연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 연구기관명 :<br>한밭대학교, 준성특허법률사무소 |                         |                                 | 연구책임자 :<br>최진일, 이준성    |                                                   |
| 요약                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                         |                                 | 보고서 면수 : 107           |                                                   |
| - 철도차량용 DC4000V급 전자접촉기 개발<br>- 성능특성(온도, 환경, 진동)시험 PASS<br>- 성능특성(기계적내구성)시험 : 200만회<br>- 차단특성(전기적내구성)시험 : 400회 (at DC3600[V], 400[A], τ=0[ms])<br>- 차단특성(소전류차단)시험 : 600~0.51[A] (at DC3600[V], τ=0[ms])<br>- 차단특성(최대차단용량, 단시간내전류, 단락회로투입용량)시험 : PASS (at DC3600[V], 2000[A], τ=15[ms])<br>- 관련 기술 학술대회 발표 및 논문 투고 2건, 특허 출원 2건<br>- 국외 또는 국내 차량사 현차시험을 진행하여 신뢰성을 확보하고, 제품 판매를 추진하고자함 |                             |                         |                                 |                        |                                                   |

## 〈 요약 문 〉

연구의  
목적 및 내용

DC 4000[V]급 전자접촉기의 기술개발은 국내 철도차량 공급이 아닌 해외 수출차량 및 해외 운용 차량의 개량사업에 적용을 주목표로 추진한다.

DC 4000[V]급 고압 전자접촉기의 제작 및 공급이 가능한 업체로는 해외 Secheron, Schaltbau, Microelettrica Scientifica, ABB 등 유럽의 일부업체가 세계시장을 주도하고 있는 실정이다.

DC 4000[V]급 중저가의 직류 고압 전자접촉기를 설계, 제작 전문 업체로 성장 할 수 있는 계기를 마련함으로 타 산업 분야의 신규 시장을 지속적으로 개척하여 매출신장과 강소 중소기업 될 수 있는 계기가 될 것으로 기대한다.

본 개발과제를 통해 DC 4000[V]급 전자접촉기를 개발하여, 해외 의존도를 탈피 할 수 있는 원천기술을 확보하므로, 다양한 형식(Series)의 파생 접촉기 제조에 기술을 활용 한다.

연구개발성과

| 연번 | 핵심성과명      | 핵심성과 설명                      | 성과유형       |
|----|------------|------------------------------|------------|
| 1  | 전자코일 기술 개발 | 선도사 제품 검토서, 설계기준서 및 설계도, 시제품 | 개발문서 및 시제품 |
| 2  | 아크슈트 기술 개발 | 선도사 제품 검토서, 설계기준서 및 설계도, 시제품 | 개발문서 및 시제품 |
| 3  | 접촉자 기술 개발  | 설계기준서 및 설계도, 시제품             | 개발문서 및 시제품 |
| 4  | 접촉기 제품 개발  | 설계기준서 및 설계도, 시제품             | 개발문서 및 시제품 |
| 5  | 성능 검증      | 기계적, 전기적 내구성 시험 외 14종        | 공인기관 성적서   |
| 6  | 품질인증       | 아크슈트관련 특허 1건<br>전자코일관련 특허 1건 | 특허 출원서     |

연구개발성과의  
활용계획  
(기대효과)

## 1. 기존 양산품 및 신규 개발품에 적용

- 전자코일 설계 기술
  - 이중권선(투입 코일 및 유지 코일) 설계 적용으로 절약저항을 제거하여 제품 구성 간소화에 활용
  - 코일의 무빙코어 레버 및 가동레버 구조설계로 최적의 전자기력 전달
- 아크슈트 설계 기술
  - 아크 접점과 아크 혼간의 최적 이격거리 검증 방법 정립
  - 아크 슈트 그리드 재질(세라믹, 메탈)의 소호능력 차이 및 설계기준 정립
- 접촉자 설계 기술
  - 향후 해외 판매에 대비하여 기존 AgCdO 접점에서 AgSnO2 접점으로 교체가 가능하도록 설계에 적용

## 2. 제품 상용화 활용계획

- 해외 DC 3000[V] 가선 라인 적용
  - 남아프리카공화국
    - 남아공 국영철도 운영사 PRASA(Passenger Rail Agency of South Africa)의 보수품 프로젝트 추진중
    - 현지 CONOGON Engineering社와 업무 협의로 PRASA 현차적용을 위한 제안서 제출 및 현차시험 추진
  - 카자흐스탄
    - KAIA 창업사업화지원실과 KOTRA, (주)이노싱크컨설팅이 함께하는 ‘국토교통연구성과 시장진출지원 프로그램’을 통한 사업화 추진
    - ‘17년 해외 기술 로드쇼 참가 수요조사서 제출 완료
  - 모로코
    - KOTRA 현지 무역관을 통해 모로코 철도청 ONCF(Office Nationale des Chemins de Fer du Maroc) 구매담당자 컨택
    - 지속적으로 기술문서를 업데이트 하여 메일링 시도
  - 브라질 - 살바도르 메트로
    - 국내차량제작사(현대로템)와 협력하여 살바도르 메트로에 현차시험 제안
- 국내 DC 1500[V] 가선 라인 적용
  - 국내 차량운용사에 현차시험 의뢰
    - 차단성능 입증자료를 바탕으로 차량운용사에 현차시험 의뢰
    - 서울교통공사(군자기지)에 현차시험 제안서 접수(2017/06/26)
    - 추가 후보군 : 한국철도공사, 광주 도시철도공사 등
  - 현차시험 결과를 활용하여 제품 판매 마케팅 추진

|                |                       |               |           |                   |                   |
|----------------|-----------------------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|
| 핵심어<br>(5개 이내) | Magnetic<br>Contactor | Magnetic Coil | Arc Chute | Arc<br>Extinguish | Direct<br>Current |
|----------------|-----------------------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|

## ＜ SUMMARY ＞

### Purpose & Contents

The main purpose of the development of DC 4000[V] rating electromagnetic contactor for rolling stocks is not for supplying domestic railways vehicles but for applying foreign export railways vehicles or improvement & refurbishment projects of foreign operation vehicles.

Companies that can manufacture and supply a DC 4000[V] rating electromagnetic contactor including Secheron, Schaltbau, Microelettrica Scientifica, ABB and some companies in Europe are leading the global markets.

By developing an opportunity to design and produce an intermediate – priced or low-cost DC 4000[V] electromagnetic contactor, we expect to continue to develop new markets in other industrial sector and to get an opportunity to expand market shares and to become a small hidden champion(small and strong medium-sized enterprises).

By developing a DC 4000[V] electromagnetic contactor through this development task, securing the source technology to break away from overseas dependence and using this technique for manufacturing derivatives of different types of contactors.

### Results

| No. | Main outcomes                          | Description of main outcomes                                            | Type of outcome                 |
|-----|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Technical development of magnetic coil | Product review of leading company, Design criteria, Drawings, Prototype | Development document, Prototype |
| 2   | Technical development of arc chute     | Product review of leading company, Design criteria, Drawings, Prototype | Development document, Prototype |
| 3   | Technical development of contacts      | Design criteria, Drawings, Prototype                                    | Development document, Prototype |
| 4   | Product development of contactor       | Design criteria, Drawings, Prototype                                    | Development document, Prototype |
| 5   | Performance verification               | mechanical and electrical endurance test except 14 types                | Test reports                    |
| 6   | Quality certification                  | 1 patent for arc chute<br>1 patent for magnetic coil                    | Application                     |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |               |           |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------|----------------|
| Expected Contribution | <div>1. Applied to existing mass production and new development products</div> <div>◦ Design technique of magnetic coil<ul style="list-style-type: none"><li>- Using double-layer windings(operating &amp; holding) to eliminate economic resistor and applying to simplify the product configuration</li><li>- Applying to optimal electro-magnetic force generation with the moving core lever of coil and movable lever design.</li></ul></div> <div>◦ Design technique of arc chute<ul style="list-style-type: none"><li>- Establishment of verifying method of optimal clearance between arc contacts and arc horn</li><li>- Establishment of design criteria and extinguish capability of arc chute materials(ceramic and metal grid)</li></ul></div> <div>◦ Design technique of contacts<ul style="list-style-type: none"><li>- Apply to design for replacement with AgSnO2 contacts from existing AgCdO contacts in preparation for future overseas sales</li></ul></div> <div>2. Utilization plan of product commercialization</div> <div>◦ Apply to overseas DC 3,000[V] trolley wire line<ul style="list-style-type: none"><li>• South Africa<ul style="list-style-type: none"><li>- Moving forward to the improvement &amp; refurbishment project by PRASA(Passenger Rail Agency of South Africa).</li><li>- Preparing to submit proposals to PRASA in consultation with local company(CONOGON Engineering) for On-track test.</li></ul></li><li>• Kazakhstan<ul style="list-style-type: none"><li>- Moving forward to the market entry through ‘Support Program for Land Transportation Research Program’ hosted by KAIA &amp; KOTRA &amp; INNOTHINK CONSULTING</li><li>- Submitted a proposal to ‘2017 overseas technical road show’ .</li></ul></li><li>• Morocco<ul style="list-style-type: none"><li>- Contact to purchasing manager of ONFCF(Office Nationale des Chemins de Fer du Maroc) through KOTRA local business office</li><li>- Try to continuously mailing by updating technical documents.</li></ul></li><li>• Salvador Metro - Brazil<ul style="list-style-type: none"><li>- Cooperate with Hyundai-Rotem to propose a On-track test in Salvador Metro</li></ul></li></ul></div> <div>◦ Apply to domestic DC 1500[V] trolley wire line<ul style="list-style-type: none"><li>• Request for on-track test by domestic railway management<ul style="list-style-type: none"><li>- Based on proof of breaking capacities, request for on-track test domestic railway management</li><li>- Submission of the on-track test plan to the Seoul Transportation Corporation(Gunja car depot, 2017/06/26)</li><li>- A candidate : Korea Railroad Corporation, Busan / Gwangju / Daegu Metropolitan Rapid Transit Corporation</li></ul></li><li>• Focus on product sales marketing based on On-track test results</li></ul></div> |                    |               |           |                |
|                       | Keywords (Within 5 items)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Magnetic contactor | Magnetic coil | Arc chute | Arc extinguish |

## < Contents >

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Abstract of research and development subject</b>                       |    |
| 1.1 The purpose of research and development .....                            | 13 |
| 1.2 The necessities of research and development .....                        | 14 |
| 1.3 The scopes of research and development .....                             | 16 |
| <b>2. Current technology development at domestic and abroad</b>              |    |
| 2.1 Technology life cycle and technology trends at domestic and abroad ..... | 17 |
| 2.2 Technology patent trends at domestic and abroad .....                    | 19 |
| <b>3. Research performance contents and results</b>                          |    |
| 3.1 Technology of magnetic coil                                              |    |
| 3.1.1 Design of magnetic coil .....                                          | 23 |
| 3.1.2 electromagnetic force data of magnetic coil .....                      | 24 |
| 3.1.3 Research of magnetic coil .....                                        | 26 |
| 3.1.4 Design criteria and drawing .....                                      | 28 |
| 3.2 Technology of arc chute                                                  |    |
| 3.2.1 The principal of electric arc .....                                    | 29 |
| 3.2.2 The review of arc chute's performances .....                           | 32 |
| 3.2.3 The review of blowout coil's performance .....                         | 37 |
| 3.2.4 The review of the material of arc chute ceramic grid .....             | 38 |
| 3.2.5 The review of ceramic material test method .....                       | 40 |
| 3.2.6 Design criteria and drawing .....                                      | 42 |
| 3.3 Technology of contacts                                                   |    |
| 3.3.1 The contacts of electromagnetic contactor .....                        | 43 |
| 3.3.2 Design criteria and drawing .....                                      | 47 |
| 3.4 The development of electromagnetic contactor                             |    |
| 3.4.1 The breaking performance analysis of leading company(Schaltbau) .....  | 48 |
| 3.4.2 The theoretical review of breaking test of MC .....                    | 53 |
| 3.4.3 The development of DC 4000V rating MC for rolling stocks .....         | 56 |
| 3.5 Performance verification                                                 |    |
| 3.5.1 Maker's own performance test of MC .....                               | 63 |
| 3.5.2 Institute of certified agency's performance test of MC .....           | 65 |
| 3.6 Quality certification                                                    |    |
| 3.6.1 Intellectual property right .....                                      | 79 |
| 3.6.2 Certificate of technology .....                                        | 79 |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4. Objective achievement &amp; Contribution to relevant fields</b>                                                                 |     |
| 4.1 Objective achievement .....                                                                                                       | 80  |
| 4.2 Contribution to relevant fields .....                                                                                             | 81  |
| <b>5. The using plan of research and development outcomes</b>                                                                         |     |
| 5.1 Applied to existing mass production and new development products .....                                                            | 83  |
| 5.2 Utilization plan of product commercialization - DC3,000[V] LINE .....                                                             | 83  |
| 5.3 Utilization plan of product commercialization - DC1,500[V] LINE .....                                                             | 95  |
| <b>6. Foreign scientific and technical information that collected in the process of research</b>                                      |     |
| 6.1 International standard for rolling stocks .....                                                                                   | 97  |
| 6.2 Paper materials of overseas society .....                                                                                         | 97  |
| 6.3 Overseas Patent Materials .....                                                                                                   | 97  |
| <b>7. The security grade of research and development outcomes</b> .....                                                               | 98  |
| <b>8. The status of research facilities and equipment that registered in the National Science Technology Information System</b> ..... | 99  |
| <b>9. The implementation of safety measures performance of the R&amp;D lab during the process of an R&amp;D task</b>                  |     |
| 9.1 The accomplish plan of safety measures .....                                                                                      | 100 |
| 9.2 Accomplishment of safety measures carried out .....                                                                               | 102 |
| <b>10. Typical research accomplishment of research and development subject</b> .....                                                  | 104 |
| <b>11. Other things</b> .....                                                                                                         | 105 |
| <b>12. References</b> .....                                                                                                           | 106 |

# < 목 차 >

## 제1장 연구개발과제의 개요

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1.1 연구개발 목적 .....   | 13 |
| 1.2 연구개발의 필요성 ..... | 14 |
| 1.3 연구개발 범위 .....   | 16 |

## 제2장 국내외 기술 개발 현황

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.1 국내외 관련 기술 수명주기 및 기술동향 ..... | 17 |
| 2.2 국내외 관련 기술 특허 동향 .....       | 19 |

## 제3장 연구 수행 내용 및 성과

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.1 전자코일기술                                  |    |
| 3.1.1 전자코일의 설계 .....                        | 23 |
| 3.1.2 전자코일의 전자기력 측정데이터 .....                | 24 |
| 3.1.3 전자코일 기술연구 .....                       | 26 |
| 3.1.4 설계기준 및 도면 .....                       | 28 |
| 3.2 아크슈트 기술                                 |    |
| 3.2.1 전기아크의 원리 .....                        | 29 |
| 3.2.2 아크슈트의 성능에 관한 검토 .....                 | 32 |
| 3.2.3 블로우 아웃 코일의 성능에 관한 검토 .....            | 37 |
| 3.2.4 아크슈트 그리드의 재질에 관한 검토 .....             | 38 |
| 3.2.5 세라믹 재료의 시험방법에 관한 검토 .....             | 40 |
| 3.2.6 설계기준 및 도면 .....                       | 42 |
| 3.3 접촉자 기술                                  |    |
| 3.3.1 전자접촉기의 접점 .....                       | 43 |
| 3.3.2 설계기준 및 도면 .....                       | 47 |
| 3.4 접촉기 개발                                  |    |
| 3.4.1 선도사 전자접촉기의 차단성능 분석(SCHALTBAU 社) ..... | 48 |
| 3.4.2 전자접촉기의 차단시험에 대한 이론적 검토 .....          | 53 |
| 3.4.3 철도차량용 DC4,000[V]급 전자접촉기 개발 .....      | 56 |
| 3.5 성능 검증                                   |    |
| 3.5.1 전자접촉기의 자체 성능검증 .....                  | 63 |
| 3.5.2 전자접촉기의 공인기관 성능검증 .....                | 65 |
| 3.6 품질 인증                                   |    |
| 3.6.1 지적재산권 확보 .....                        | 79 |
| 3.6.2 기술인증 .....                            | 79 |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| <b>제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도</b>                  |     |
| 4.1 목표 달성도 .....                               | 80  |
| 4.2 관련분야 기여도 .....                             | 81  |
| <b>제5장 연구개발성과의 활용 계획</b>                       |     |
| 5.1 기존 양산품 및 신규 개발품에 적용 .....                  | 83  |
| 5.2 제품 상용화 활용계획 - 해외 DC3000[V] 가선라인 .....      | 83  |
| 5.3 제품 상용화 활용계획 - 국내 DC1500[V] 가선라인 .....      | 95  |
| <b>제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보</b>              |     |
| 6.1 철도차량용 국제 표준 규격 .....                       | 97  |
| 6.2 해외학회 논문자료 .....                            | 97  |
| 6.3 해외 특허자료 .....                              | 97  |
| <b>제7장 연구개발성과의 보안등급</b> .....                  | 98  |
| <b>제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황</b> ..... | 99  |
| <b>제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적</b>    |     |
| 9.1 안전조치 이행계획 .....                            | 100 |
| 9.2 안전조치 이행실적 .....                            | 102 |
| <b>제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적</b> .....            | 104 |
| <b>제11장 기타 사항</b> .....                        | 105 |
| <b>제12장 참고 문헌</b> .....                        | 106 |



# 1장 연구개발과제의 개요

---

## 1.1 연구개발 목적

DC 4000[V]급 전자접촉기의 기술개발은 국내 철도차량 공급이 아닌 해외 수출차량 및 해외 운용 차량의 개량사업에 적용을 주목표로 추진한다.

남아프리카공화국으로 대표되는 아프리카 지역 및 스페인, 이탈리아로 대표되는 유럽지역이 가선전압 DC 4000[V]급 철도차량을 운용하고 있고 남아프리카공화국의 경우 차량 성능 향상을 위한 차량 현대화사업을 추진하고 있다.

국내 차량사가 개량사업화를 추진하는데 있어 국내 DC 4000[V]급의 전자접촉기는 국내 수급이 불가능한 관계로 해외 전문 제조사(Secheron, Schaltbau 등)의 제품 공급에 따른 장납기, 고단가 문제 사항을 염두에 두고 개량사업화를 추진하고 있다.

DC 4000[V]급 고압 전자접촉기의 제작 및 공급이 가능한 업체로는 해외 Secheron, Schaltbau, Microelettrica Scientifica, ABB 등 유럽의 일부업체가 세계시장을 주도하고 있는 실정으로 국산화 개발을 통하여 해외 의존도 탈피 할 수 있는 원천기술을 확보하므로 다양한 형식(Series)의 파생 접촉기류 제조 확대 및 대외 무역 수지 개선 효과가 있을 것으로 기대된다.

DC 4000[V]급 중저가의 직류 고압 전자접촉기를 설계, 제작 전문 업체로 성장 할 수 있는 계기를 마련함으로써 타 산업 분야의 신규 시장을 지속적으로 개척하여 매출신장과 강소 중소기업 될 수 있는 계기가 될 것으로 기대한다.

---

## 1.2 연구개발의 필요성

철도투자 부족에 따른 철도 네트워크가 부족한 실정으로 '06을 기준으로 최근 5년간('06년 ~ '10년) 교통 SOC 투자 중 철도산업에 대한 투자는 24[%]에 불과하다. 도로가 46.9[%], 도시 철도 8.0[%], 항만 11.8[%] 등이며 도로 중심의 투자가 주류를 이루고 있으며 철도산업의 투자에 있어서 철도 신규 노선 및 신규 차량에 투자되는 비율이 기초 기술, 소재산업 투자 대비 월등히 높은 비율을 차지하고 있다.

철도산업은 다양한 첨단기술이 융합된 고부가가치 기술 및 산업 활성화되어 철도시장이 지속적인 확대되는 경향이 세계적 추세이다. 이에 정부에서 각종 지원정책을 추진하고 있는데, 기술수요조사를 거쳐 로드맵(RTRM) 작성 및 재원확보를 통해 중장기 철도기술 개발 5개년 계획 수립('06)하여 시행하고 있음. 특히 R&D분야를 신설하여 예산확보 및 연도별 시행계획 수립·추진하여 국가 R&D사업을 확충하고 있다.

최근 사회·경제적 여건변화로 철도에 대한 선호도가 증가하고 있다. 즉 기후변화에 따른 에너지 관리 및 대체 에너지 개발정책이 사회·산업 전반에 걸쳐 추진되고 있다. 그리고 환경과 에너지 효율성의 중요성이 부각되면서 환경 친화적이고 에너지 효율적인 철도에 대한 선호도가 증가되고 있어 국가 정책적으로 추진하고 있다.

또한 국가 차원으로 응용 잠재력이 크나 제품 개발에 따른 민간투자가 어렵고 공공부문이 담당하여 발전시켜야 하는 기술이나 기술적 성공으로 기술 이용범위가 넓어 기술 경제적 파급 효과가 큰 원천 기술에 대한 정책 지원이 활발히 이루어지고 있다.

따라서 정부주도하에 체계적인 연구개발 계획에 의거하여 철도기술에 대한 투자우선순위 결정기준에 따라 선택을 하고 이에 대한 집중적인 투자가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 철도기술의 경쟁력 확보를 위한 핵심 원천기술의 개발, 철도기술과 신기술의 융합을 통한 첨단기술 확보 및 철도기술 고도화를 위한 노력이 그 어느 때보다 절실한 시점이다.

철도 시스템 제품 및 구성품에 대한 규모의 경제 구현을 위해 표준화, 유럽 철도 제조업체의 경쟁력 강화를 위해 제품의 기술적 개선 및 비용절감을 추진하고 있는데 대표적인 예로서 경량화 자재 도입, 열차·선로간 인터페이스 강화 및 혁신적 유지보수 개발 등 비용 효율성 기반의 기술 개발, 수단간 통합운행을 도모할 수 있도록 기술적·제도적 장애 요소를 제거하는 인증체계 개선을 꾀하고 있다.

유럽연합(EU)에서는 유럽 2020 전력의 핵심인 스마트, 지속가능, 사회통합 성장을 위해 철도중심의 범 유럽 교통망(TEN-T) 계획을 추진하고 있다. 유럽고속철도망 확대, 화물수송을 위

---

---

한 용량부족 구간 개선, 노후화된 기존 철도 인프라 유지보수와 에너지 문제 및 기후변화에 대비한 철도기술 개발과 상호 운용 가능성을 위해 정부주도의 철도투자 확대를 추진하고 있다.

영국은 철도의 안전성, 신뢰성, 용량 개선을 위해 중·단기 계획인 HLOS('09~'14)을 추진하고 있으며, 중·단기 차원에서는 기존 기술 활용의 최적화를 도모하고 장기적으로는 신기술 도입에 주안점을 두고 있다. 또한 철도의 환경관련 잠재력을 확대 제공할 수 있도록 철도망 건설, 전철화를 추진하고 있다.

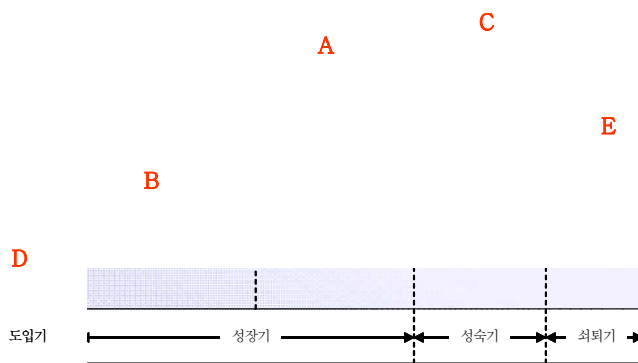
### 1.3 연구개발 범위

| 연차   | 연구목표                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 주요연구내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개발 방향 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선도기업의 제품 분석</li> <li>- 주요 개발 항목 설정</li> </ul> </li> <li>■ 부품 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 아크슈트</li> <li>- 전자코일</li> <li>- 접촉자류</li> <li>- 접촉기</li> </ul> </li> <li>■ 신뢰성 기반 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각종 사양(기준)서 정립</li> <li>- 소재 구매사양서 정립</li> </ul> </li> <li>■ 시제 부품 제작</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선도기업 제품의 요소별 특징 분석</li> <li>- 산학연 공동연구개발 아젠다 확정</li> <li>- 세부 실행계획 수립</li> <li>- 아크슈트 설계 이론 정립, 해석 및 부품 설계</li> <li>- 전자코일의 전자기력 검증방안 수립 및 부품 제작, 전자기력, 기본성능 검증</li> <li>- 접촉자류 동작 구조 설계 및 접촉자 재료 제조 방안 검토 및 부품 제조</li> <li>- 제품 경량화 및 절연성능 강화 소재 검토</li> <li>- 부품 내구수명 확보 기구설계</li> <li>- 유지보수의 용이성 확보 설계</li> <li>- 제품사양서, 시험사양서 작성</li> <li>- 부품별 구매시방서 작성</li> <li>- 부품 요소별 시제 부품 제작 및 수립 이론 검증 시험 실시</li> <li>- 검증 시험 결과 분석 및 보완 설계</li> </ul> |
| 2차년도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시작품 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작도 작성</li> <li>- 부품검사성적서</li> <li>- 표준서 정립</li> </ul> </li> <li>■ 검증 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기능시험 및 특성시험</li> <li>- 차단시험</li> </ul> </li> <li>■ 개발완료 보고               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발 현황 정리</li> </ul> </li> <li>■ 현차신뢰성검증 추진</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부품 검증 결과에 대한 보완 설계</li> <li>- 입고부품의 검사기준 정립 및 검사 시행</li> <li>- 제작(작업)표준서 정립</li> <li>- 시험절차서 정립</li> <li>- 기능시험:국내 인증기관 실시</li> <li>- 차단성능시험 : 해외인증기관 실시</li> <li>- 개발 자료 정리<br/>(기술문서, 설계이론, 성적서, 도면 등)</li> <li>- 개량 대상 제안 및 현차시험</li> </ul>                                                                                                                                                                                                      |

## 제2장 국내외 기술 개발 현황

### 2.1 국내외 관련 기술 수명주기 및 기술동향

#### 가. 기술 수명주기



- 수명주기상 위치 : ( B )
- 선택 근거  
DC4000[V] 전자접촉기의 경우 DC 차단(소호)기술의 어려움과 이를 검증하기 위한 시험설비(차단시험 등) 등의 부족으로 한정된 제작사에서만 생산되고 있으며, 독과점 형태로 가격이 형성되고 있음

#### 나. 현재 기술 수준

| 구분     | TRL정의 | 시험평가주체                              | 시험평가 |                | 생산수준 또는 결과물               | 시험평가환경        | 개발연차            |
|--------|-------|-------------------------------------|------|----------------|---------------------------|---------------|-----------------|
|        |       |                                     | 대상   | 평가항목           |                           |               |                 |
| 기초연구단계 | TRL1  | 선진기업 분석 개발 방향 도출                    | 참여기업 | 비교분석표          | -                         | -             | 1차년도            |
|        | TRL2  | 부품 설계                               | 참여기업 | 아크슈트 전자코일      | 기본설계도 성능사양서 요소설계표준서       | 기본설계도 성능사양서   | 1차년도            |
| 실험단계   | TRL3  | 신뢰성 기반구축                            | 참여기업 | 부품             | 부품구매사양서                   | 소재시험성적서       | 1차년도            |
|        | TRL4  | 실험실 규모의 기본성능검증                      | 참여기업 | 1차 시제품         | 시험 사양서 시험 성적서             | 시험성적서         | 참여기업 1차년도       |
| 시작품단계  | TRL5  | 소재/부품 요구성능 평가                       | 참여기업 | 2차 시제품         | 부품검사기준서                   | 검사성적서         | 1차년도            |
|        | TRL6  | 시작품 전자접촉기 개발                        | 참여기업 | 시작품 전자접촉기      | 제품사양서 제작도면                | 부품검사성적서 작업표준서 | 참여기업 2차년도       |
| 실용화단계  | TRL7  | 시작품을 사용한 기능검증시험                     | 참여기업 | DC4000V급 전자접촉기 | 시험사양서 시험절차서 (IEC60077 기준) | 시험절차서 시험성적서   | 국내외 공인인증기관 2차년도 |
|        | TRL8  | DC 3000V급 추진제어장치 조합 및 현차 내구시험 (남아공) | 참여기업 | 전기동차 추진제어장치    | 구성품시험성적서 취부설치 절차서         | 시험절차서 시험성적서   | 운영기관 2차년도       |
| 사업화단계  | TRL9  | 국내 제작 전기동차 추진제어장치 및 해외시장 진출         | -    | -              | -                         | -             | 2차년 이후          |

---

#### 다. 기술동향

국내 전자접촉기류는 교류제어용으로 다양화 제품을 시장에 출시하고 일반 산업군에 적용하고 있으나 직류제어용 접촉기의 경우 시장성 측면에서 저압, 소형접촉기류가 주 생산 품목이고 일부 국한적으로 고압 접촉기를 생산하여 철도차량 등 일부 산업군에 적용하고 있다.

국내 고압 접촉기류의 기술 개발은 일부 업체의 경우 각 사업체와 연관분야의 시장 선점을 위한 자체 기술 개발에 주력하고 있어 일반 고압분야 대비 특고압 또는 초고압 직류 송전계통의 플랜트 적용 위주로 대기업에서 기술개발을 진행중이다.

그러나 해외 시장의 경우 유수의 메이저 업체에서 다양한 직류접촉기를 개발, 양산하여 전 세계 철도차량 시장을 포함한 전 산업분야에 공급을 하고 있으며 저압, 고압 및 특고압계통 분야에 대한 시장 확대를 위한 기술개발 및 신제품 출시를 끊임없이 진행하고 있다.

## 2.2 국외내 관련 기술 특허 동향(위탁연구기관)

### 가. 특허 동향

#### (1) 연도별 특허 현황

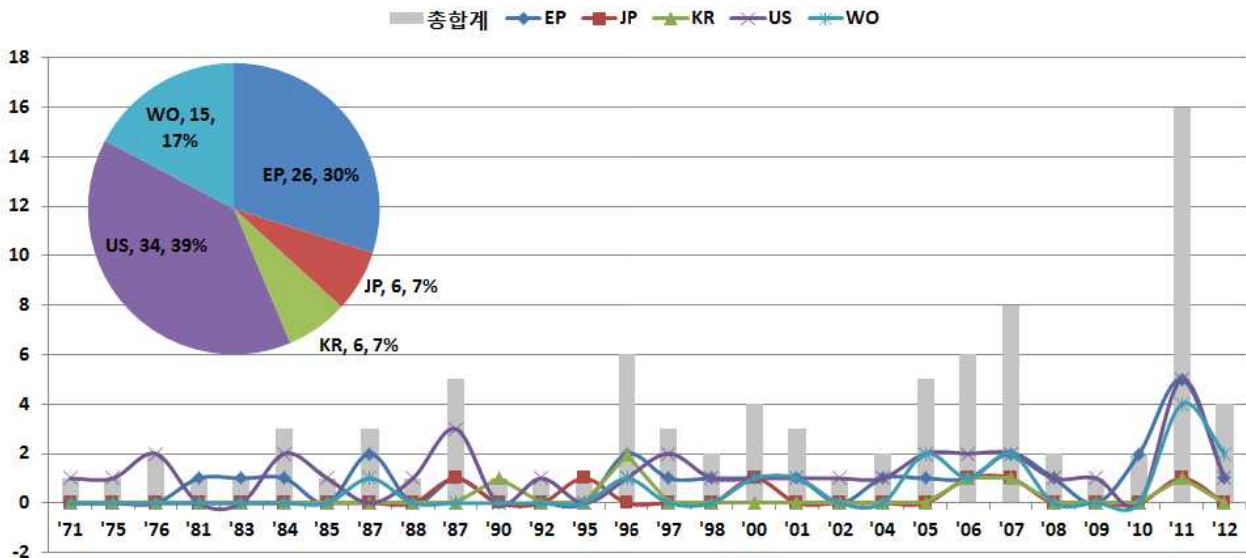


그림 2-1 국가별 - 연도별 특허출원현황

- 그림 1은 철도차량용 DC 4000급[V] 전자접촉기 개발에 대한 연도별 특허출원 현황으로 1971년부터 특허출원을 시작으로, 1987년, 1996년, 2004 ~ 2007년 특허출원 활동이 가장 활발한 시기로 나타났으며, 최근 2011년 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남.
- 국가별 출원을 살펴보면, 먼저 미국 국적의 출원이 34건으로 39[%]의 점유율을 확보하고 있는 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 유럽 국가들의 출원건수가 26건으로 30[%], 국제 출원이 15건으로 17[%], 한국과 일본이 각각 6건으로 7[%]의 점유율을 확보하고 있는 것으로 나타남.

#### (2) 상위 출원인 현황

- 그림 2는 철도차량용 DC 4000[V]급 전자접촉기 기술에 대한 상위 출원인 현황으로, 다국적 기업인 ABB社가 31건으로 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어, SCHALTBAU社가 17건, SECHERON社가 10건, EATON社가 8건으로 나타남.

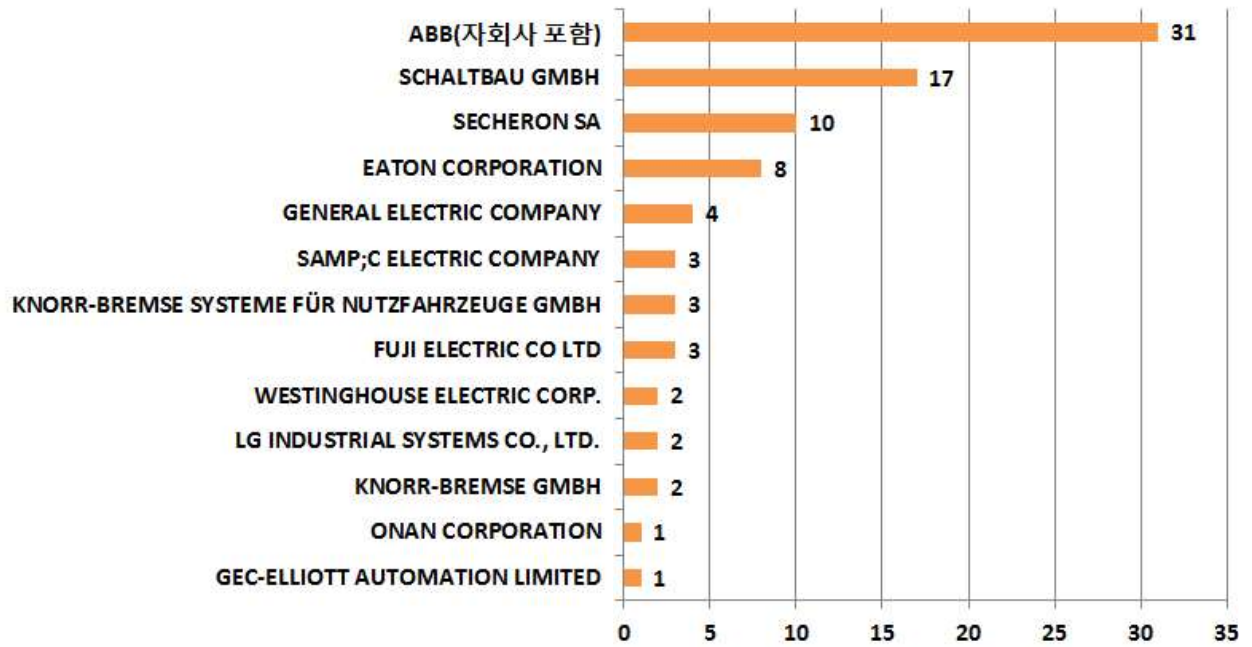


그림 2-2 상위출원인 현황

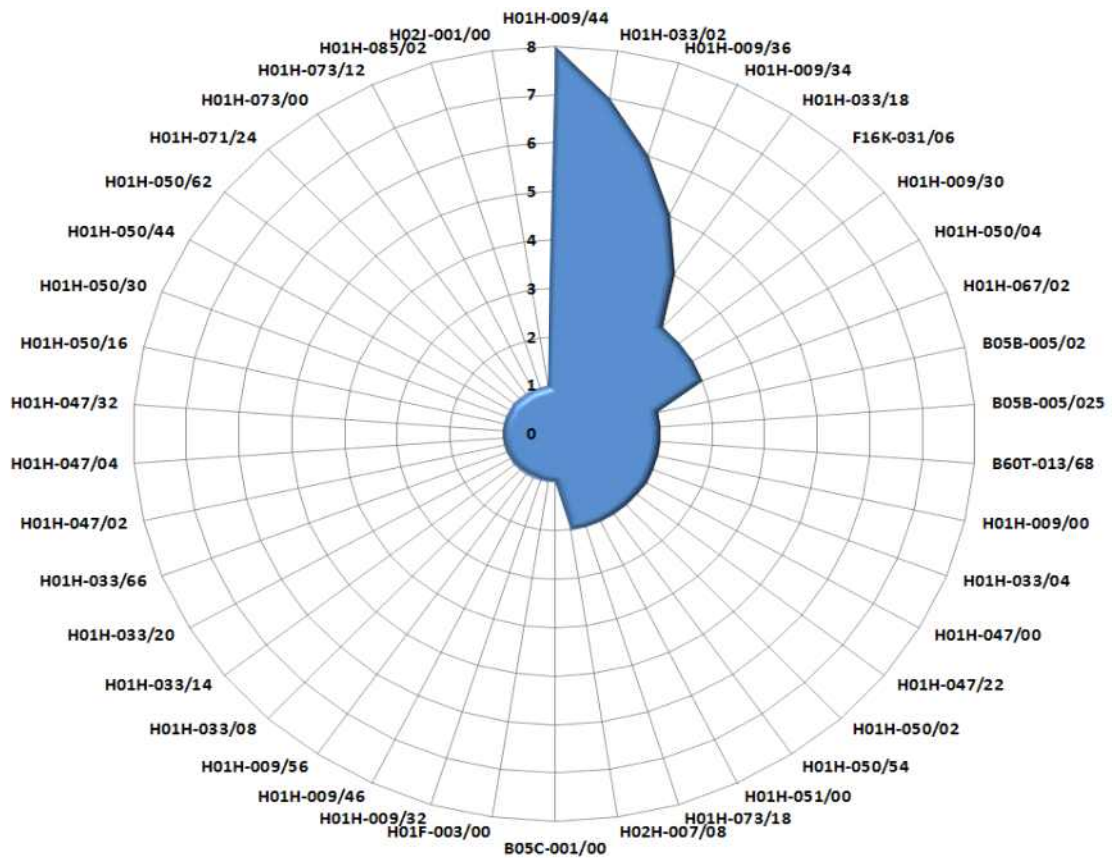


그림 2-3 IPC 현황

### (3) IPC 현황

- 그림 3은 철도차량용 DC 4000[V]급 전자접촉기 기술에 관해 출원된 유효데이터의 IPC를 살펴보면 H01H-009/44가 8건으로 해당 기술분야에 가장 많이 출원되고 있었으며, 그 뒤를 이어 H01H-033/02가 7건, H01H-099/36이 6건으로 나타남.
- 해당 IPC 분류를 통해서 철도차량용 DC 4000[V]급 전자접촉기 기술의 융합 가능한 기술분야의 도출이 가능함.
- IPC 분류설명

| IPC(Main)        | 분 류 내 용                                                                                                             | 건수 |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| H01H-009/44      | .. 자기취소를 사용하는 것                                                                                                     | 8  |
| H01H-033/02      | 소호 또는 발고 방지수단이 있는 고전압 또는 대전류 스위치<br>.세부                                                                             | 7  |
| H01H-009/36      | ... 금속부품                                                                                                            | 6  |
| H01H-009/34      | . 아크를 제한하거나 세분하기 위한 정지부품, 예. 격벽(barrier plate)                                                                      | 5  |
| H01H-033/18      | .. 자기취소를 사용하는 것                                                                                                     | 4  |
| F16K-031/06      | .. 자석사용                                                                                                             | 3  |
| H01H-009/30      | .통전부분간의 소호 또는 아크(arc)발생 방지장치                                                                                        | 3  |
| H01H-050/04      | ..기관 또는 상체 내부에 완성된 계전기 또는 계전기에 분리된 부품을<br>부착하는 것                                                                    | 3  |
| H01H-067/02      | . 다위치 와이퍼 스위치                                                                                                       | 3  |
| B05B-005/02      |                                                                                                                     | 2  |
| B05B-005/02<br>5 | . 분무장치, 예. 정전스프레이건 [5]                                                                                              | 2  |
| B60T-013/68      | ... 전기적 제어밸브에 의한 것                                                                                                  | 2  |
| H01H-009/00      | H01H 1/00-H01H 7/00에 포함되지 않은 개폐장치의 세부                                                                               | 2  |
| H01H-033/04      | .. 전류유통 부분간에서 소호 또는 발고를 방지하는 장치                                                                                     | 2  |
| H01H-047/00      | 계전기의 특수한 사용에 적합하지 않은 회로장치 및 회망하는 조작특성<br>또는 부세전류를 공급하기 위하여 설계된 회로장치                                                 | 2  |
| H01H-047/22      | . 계전기코일에 대해서 부세전류를 공급하기 위한 것                                                                                        | 2  |
| H01H-050/02      | . 기관(base); 상체(casing); 커버(2개 또는 그 이상의 계전기를 설치하거나<br>1개의 계전기와 다른 전기요소를 설치하기 위한 틀 H02B-/01/01,<br>H04Q-/08/08, H05K) | 2  |
| H01H-050/54      | . 접점장치                                                                                                              | 2  |
| H01H-051/00      | 계전기(동전 효과를 이용하는 계전기 H01H 53/00)                                                                                     | 2  |
| H01H-073/18      | .. 아크소멸 또는 제어를 위한 수단                                                                                                | 2  |
| H02H-007/08      | . 전동기를 위한 것                                                                                                         | 2  |
| B05C-001/00      | 액체 혹은 타유동성 물질을 함유한 부재와 접촉함으로써 액체 또는<br>타유동성 물질을 표면에 적용시키는 장치, 예. 액체를 함침시킨 다공성부재로                                    | 1  |

| IPC(Main)   | 분 류 내 용                                                                                                                       | 건수 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|             | 피복시키는 것(B05C 5/02, B05C 7/00, B05C 19/00 이 우선) [2]                                                                            |    |
| H01F-003/00 | 코어, 요크 또는 전기자[2013.01]                                                                                                        | 1  |
| H01H-009/32 | .. 접점간에 끼워 넣을 수 있는 절연체                                                                                                        | 1  |
| H01H-009/46 | .. 아아킹 혼을 사용하는 것(자기취소를 사용하는 것 H01H-/44/44)                                                                                    | 1  |
| H01H-009/56 | .. 교류주파의 정해진 점에서 스위치의 조작을 확실히 하는 것                                                                                            | 1  |
| H01H-033/08 |                                                                                                                               | 1  |
| H01H-033/14 | ... 아크를 통하는 전류 또는 아크에 따른 전위강하를 분해하는 많은 주접점                                                                                    | 1  |
| H01H-033/20 | ... 아아킹 혼을 사용하는 것(자기취소를 사용하는 것 H01H 33/18)                                                                                    | 1  |
| H01H-033/66 | .. 진공스위치                                                                                                                      | 1  |
| H01H-047/02 | . 계전기의 작용을 변경하기 위한 것                                                                                                          | 1  |
| H01H-047/04 | .. 흡인된 위치를 아마츄어(armature)를 지지하기 위한 것, 예. 처음의 부세회로가 차단되었을 때; 흡인된 위치로 아마츄어를 유지하기 위한 것, 예. 감소된 부열전류로 유지하는 것                      | 1  |
| H01H-047/32 | .. 반도체장치에 의해서 공급되는 부세전류                                                                                                       | 1  |
| H01H-050/16 | . 자기회로장치                                                                                                                      | 1  |
| H01H-050/30 | ... 진동 또는 충격을 방지 또는 감쇠하기 위한 기계적 장치                                                                                            | 1  |
| H01H-050/44 | . 자기권선                                                                                                                        | 1  |
| H01H-050/62 | .. 분리된 전기적 구동수단에 동작하는 복수의 공동동작 가동접점                                                                                           | 1  |
| H01H-071/24 | ... 전자기구                                                                                                                      | 1  |
| H01H-073/00 | 과전류에 있어서 수동리셋트 기구의 조작에 의해서 미리 축적된 세력의 자동방출에 의하여 접점을 여는 과부하보호 스위치                                                              | 1  |
| H01H-073/12 | .. 개폐기의 상태를 지시하기 위한 수단                                                                                                        | 1  |
| H01H-085/02 | 가용재료의 일부를 흐르는 전류가 과대하게 되는 경우 이 가용재료의 변화에 의해 전류가 차단되는 보호장치 (가용재료의 용융에 의해 작동하는 스위치 H01H37/76; 배전반상에 있어서의 퓨즈배열 또는 배치H02B1/18) 세부 | 1  |
| H02J-001/00 | 전자관 또는 방전램프의 2이상의 기본적인 형에 공통인 전극, 자기제어수단, 스크린 또는 그들의 마운트(mount) 또는 간격지지의 세부(전자광학적 장치 또는 이온 트랩(ion trap)의 세부 H01J-/00/00)      | 1  |

#### (4) 선행특허 침해여부 분석

- 선행특허 침해 여부 : 없음.
- 수행기관 : 위탁연구기관 준성특허법률사무소

## 제3장 연구수행 내용 및 성과

### 3.1 전자코일 기술 (주관연구기관, 위탁연구기관-한밭대)

---

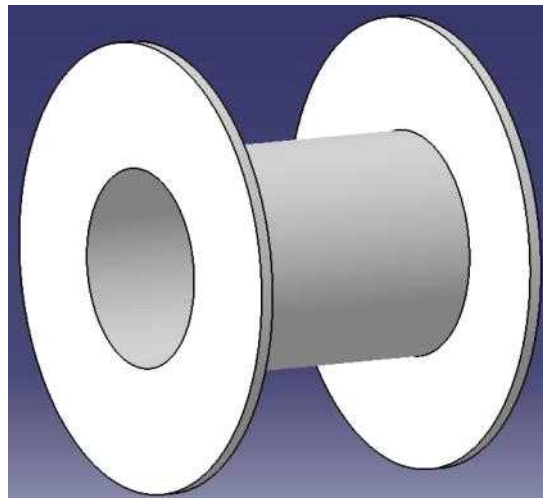
#### 3.1.1 전자코일의 설계

직류용 전자코일을 설계하기 위해서는 사전에 고려해야할 조건이 있다.

- 전자코일용 보빈(BOBBIN)의 형상
- 전자접촉기의 제어전압
- 전자코일 전선의 사양결정
- 직류전자코일의 사전 이론적 검토

##### 가. 전자코일용 보빈(BOBBIN)의 형상

전자코일 보빈의 형상은 원통형 구조에 외측에 코일전선을 감는 형태이며, 중앙에 구멍을 내어 전자기력에 의해 전자코일 코어(CORE)가 움직이는 구조로 설계하였다.



[그림 3-1] 전자코일의 보빈형상

##### 나. 전자접촉기의 제어전압

철도차량용의 제어전압 규정은 DC 24, 32, 50, 75, 100, 110, 220[V]이며, 전자접촉기에 가장 많이 사용하는 DC 100[V]로 선정하였다.

##### 다. 전자코일의 전선사양 결정

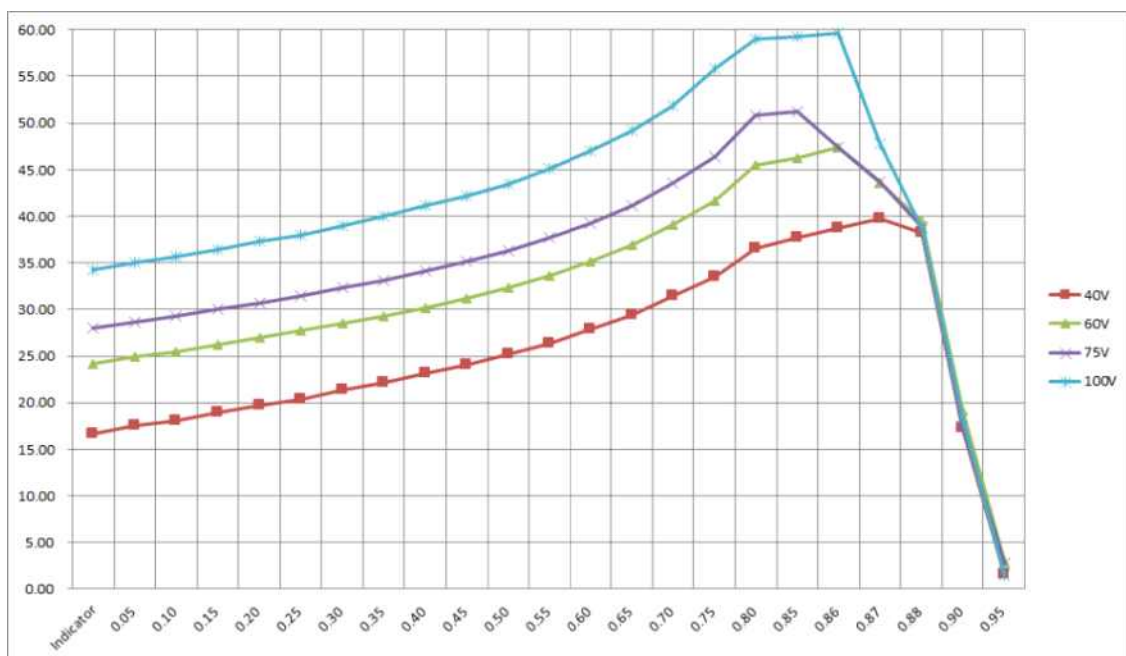
전자코일에 일반적으로 사용되고 있는 에나멜선으로 적용하였다.

### 3.1.2 전자코일의 전자기력 측정데이터

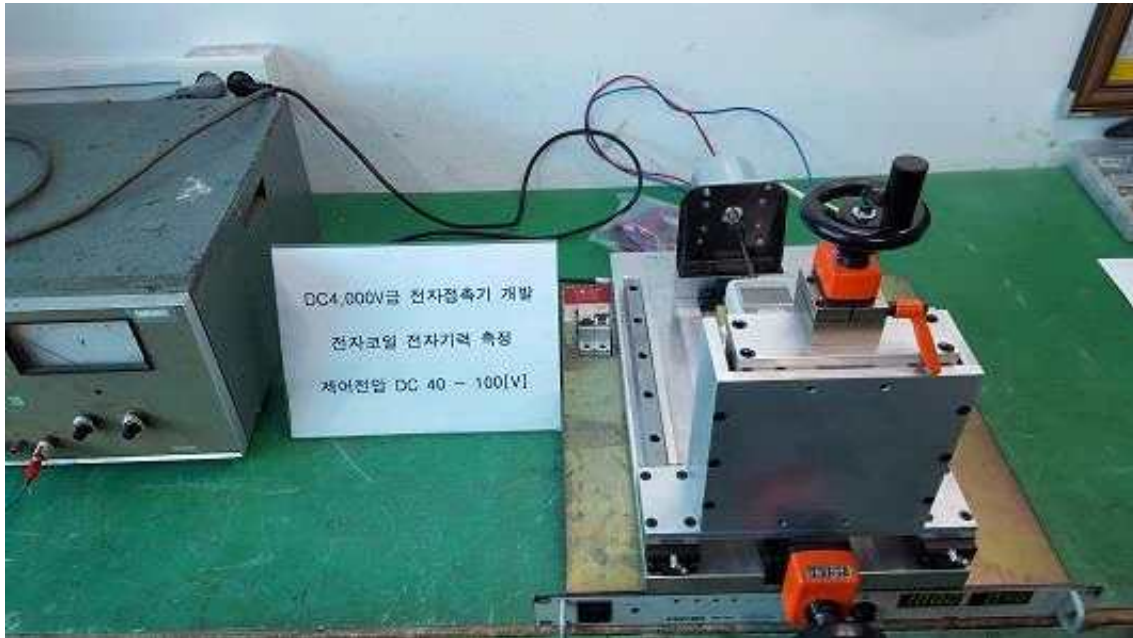
시험용 코일 및 측정지그를 이용하여 동작거리에 따른 전자기력을 측정하였으며, 총 동작거리의 86~88% 구간에서 가장 높은 전자기력이 발생하는 것을 확인하였다.

[표 1] 전자코일의 전자기력 측정

| Indicator   | 환산 stroke   | 40V          | 60V          | 75V          | 100V         |
|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0.05        | 0.20        | 16.70        | 24.20        | 28.00        | 34.30        |
| 0.10        | 0.40        | 17.50        | 24.90        | 28.60        | 35.00        |
| 0.15        | 0.60        | 18.10        | 25.50        | 29.30        | 35.70        |
| 0.20        | 0.80        | 18.90        | 26.20        | 30.00        | 36.40        |
| 0.25        | 1.00        | 19.70        | 27.00        | 30.70        | 37.30        |
| 0.30        | 1.20        | 20.40        | 27.70        | 31.50        | 38.00        |
| 0.35        | 1.40        | 21.40        | 28.50        | 32.30        | 39.00        |
| 0.40        | 1.60        | 22.20        | 29.30        | 33.10        | 40.00        |
| 0.45        | 1.80        | 23.10        | 30.20        | 34.10        | 41.10        |
| 0.50        | 2.00        | 24.10        | 31.20        | 35.10        | 42.20        |
| 0.55        | 2.20        | 25.20        | 32.40        | 36.30        | 43.40        |
| 0.60        | 2.40        | 26.40        | 33.60        | 37.70        | 45.10        |
| 0.65        | 2.60        | 27.90        | 35.10        | 39.20        | 47.00        |
| 0.70        | 2.80        | 29.40        | 36.90        | 41.10        | 49.20        |
| 0.75        | 3.00        | 31.40        | 39.10        | 43.60        | 51.90        |
| 0.80        | 3.20        | 33.50        | 41.70        | 46.40        | 55.80        |
| 0.85        | 3.40        | 36.60        | 45.50        | 50.80        | 59.00        |
| <b>0.86</b> | <b>3.44</b> | <b>37.71</b> | <b>46.30</b> | <b>51.20</b> | <b>59.30</b> |
| <b>0.87</b> | <b>3.48</b> | <b>38.69</b> | <b>47.40</b> | <b>47.40</b> | <b>59.70</b> |
| <b>0.88</b> | <b>3.52</b> | <b>39.80</b> | <b>43.60</b> | <b>43.70</b> | <b>47.80</b> |
| 0.90        | 3.60        | 38.20        | 39.50        | 38.80        | 38.70        |
| 0.95        | 3.80        | 17.30        | 19.20        | 17.40        | 18.30        |
| 1.00        | 4.00        | 1.60         | 3.00         | 2.70         | 1.50         |



[그림 3-2] 전자코일의 전자기력 검증 데이터



[그림 3-3] 전자코일의 전자력 측정 사진

### 3.1.3 전자코일 기술연구

수치해석 프로그램을 이용하여 전자코일 및 아크슈트의 전기적, 기계적 특성을 해석하여 최적의 제품을 설계하는데 응용하였다.

가. 전자코일의 이론적 해석

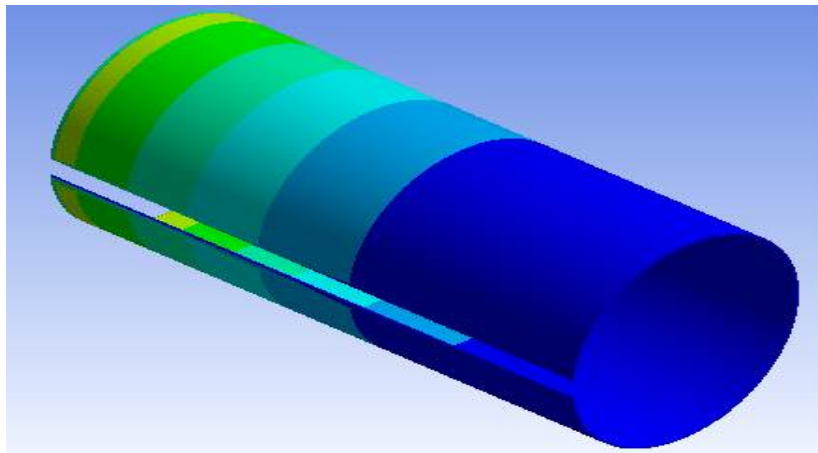
1) 선도기술 자료 검색

가) 전자접촉기 접점의 전자 반발력 및 전자접촉기 구동부의 전자기 관련 연구 기술 자료 검토

나) 전자접촉기의 설계기법 관련 자료 검토

2) 3D 전자코일 해석을 위한 모델링

가) 가상의 모델을 기초로하여 내부 무빙 코어를 제외한 코일만을 모델링하여 해석

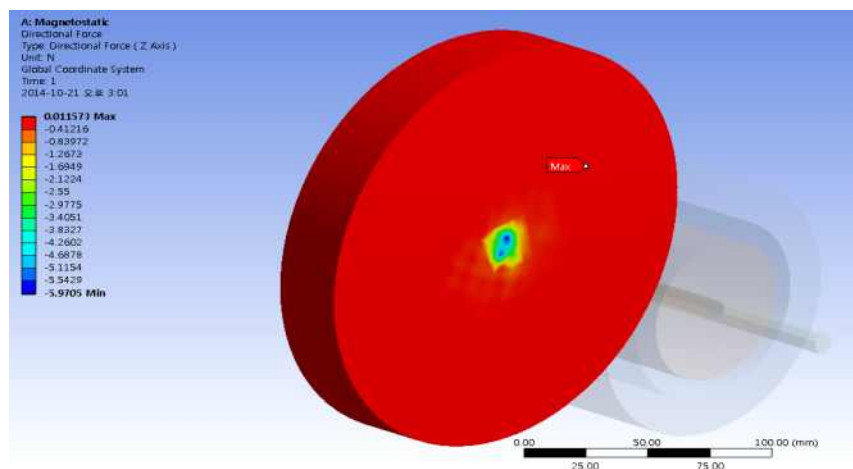


[그림 3-4] 3D 전자코일 모델

3) 실제 제품에 기반을 둔 전자코일 모델링

가) 실제 제품에 기반한 기본 모델을 모델링하여 무빙 코어를 포함한 해석 진행

나) Load cell을 적용하여 코일에 의한 전자기력 분석

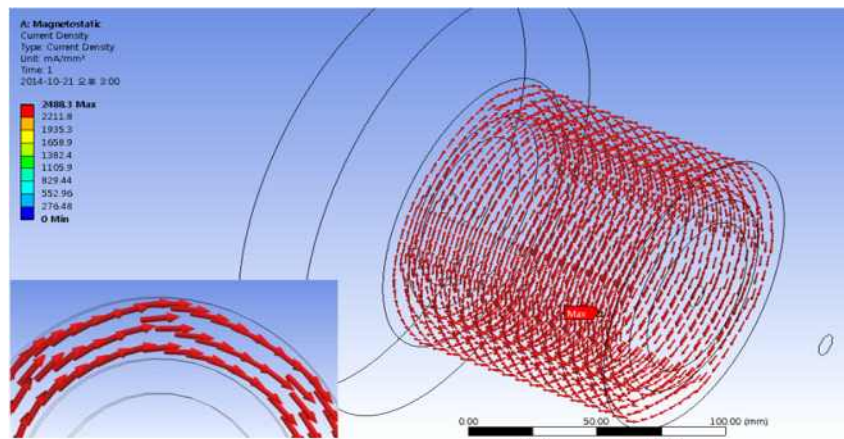


[그림 3-5] 수치해석을 통한 전자기력 해석

#### 4) 전류의 흐름 및 밀도 해석

가) 전류의 흐름 방향 검증 및 분석

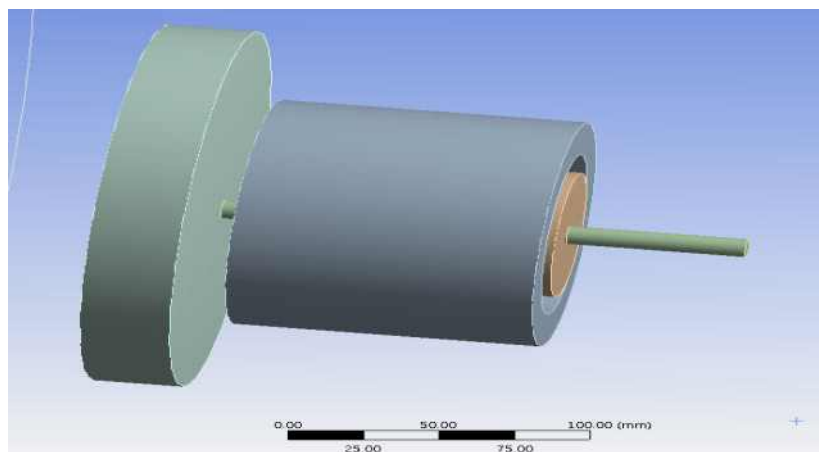
나) 전자기력과 밀접한 관계에 있는 전류의 밀도 해석



[그림 3-6] 전류의 흐름 및 밀도 해석

#### 5) 권선수 및 면적 대비 해석

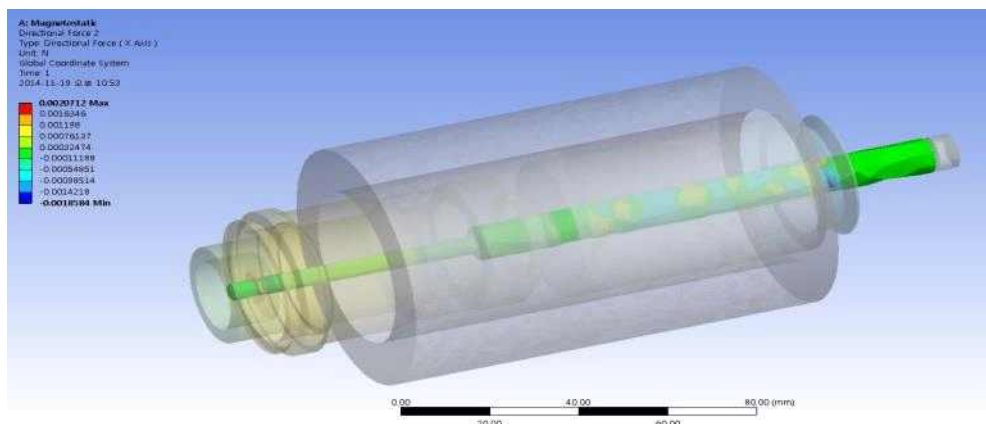
권선 수 및 면적에 따른 전자기력의 변화 해석



[그림 3-7] 권선수 및 면적 대비 해석

#### 6) 실제 코일 모델을 적용한 전자기력 해석

실제 코일 내부 형상에 기반 무빙 코어에 작용하는 전자기력 해석



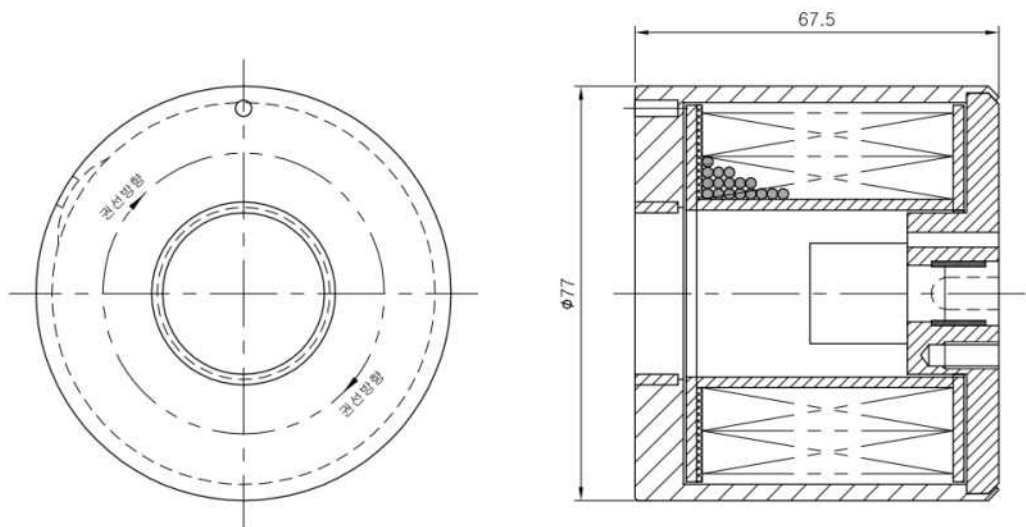
[그림 3-8] 실제 코일제품 기반 모델을 통한 전자기력 해석

3.1.4. 설계기준 및 도면

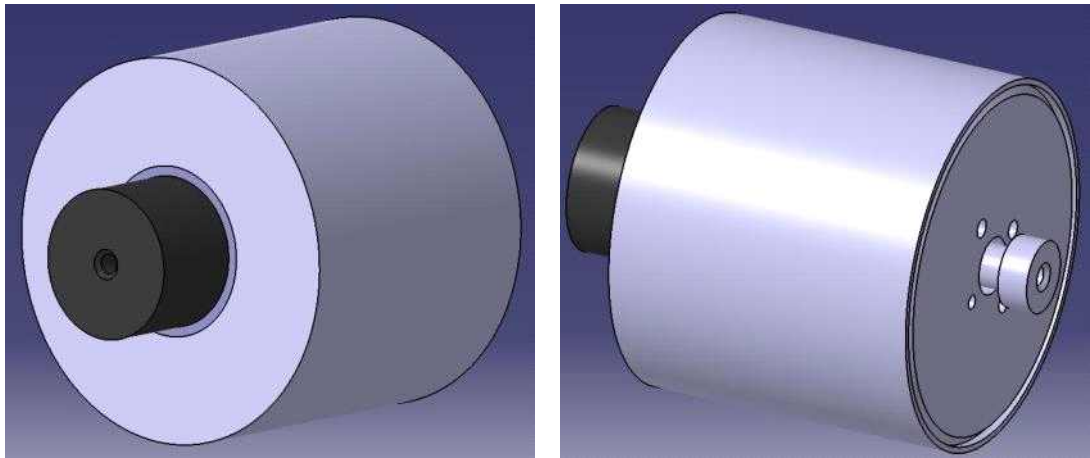
가. 설계기준

|      |           |                |
|------|-----------|----------------|
| 코일사양 | 사용전선      | 1EIW           |
|      | 선경        | φ 0.55, φ 0.28 |
|      | 선길이       | 930[m]         |
|      | 턴수        | 5050[T/N]      |
|      | 코일 저항값    | 211Ω           |
|      | 제어전압      | DC 100[V]      |
| 시험기준 | 코일저항값 측정  | 211Ω ±5[%]     |
|      | 절연저항 시험   | 100MΩ 이상       |
|      | 절연 내전압 시험 | AC 1500[V]/ 1분 |
|      | 온도상승시험    | 155[°C]        |

나. 설계도면



[그림 3-9] 전자코일 2D 설계도면



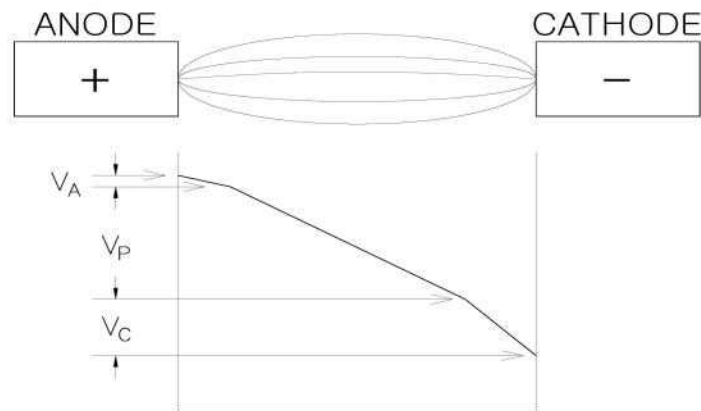
[그림 3-10] 전자코일 3D 도면

## 3.2 아크슈트 기술 (주관연구기관, 위탁연구기관-한발대)

### 3.2.1 전기아크의 원리

전기 아크는 가장 높은 전기 밀도와 방전의 형태이다. 전극을 통해 전류가 증가함에 따라 두 전극 사이의 아크는 이온화 및 글로 방전으로 개시될 수 있다. 아크는 부분적으로 전자와 양이온의 거의 동일한 효과가 온도에 따라 글로 방전과 구별된다. 글로 방전에서 이온은 전자보다 훨씬 적은 열에너지가 있다.

원리적으로 전류의 흐름을 차단할 수 있는 방법은 두 가지가 있으며, 구동전위(driving potential)를 영으로 감소시키는 방법과 전류를 통전하고 있는 접촉자간에 갭을 형성하기 위해 한쌍의 접점을 물리적으로 분리하는 방법이다. 역사적으로 후자의 방법은 전류차단을 하기 위해 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법이며, 이때 발생한 아크를 소호하기 위해 아크슈트를 장착하여 아크를 늘리거나 냉각시켜 전류를 차단한다.



$V_A$  : 애노드 전압,  $V_C$  : 캐소드 전압  
 $V_P$  : 양광주(陽光柱, positive column) 전압

[그림 3-11] 아크 칼럼의 전압분포

#### 가. 직류의 차단(Interruption of direct current)

직류전원의 차단은 교류차단에 연관된 현상들과 몇 가지 관점에서 다르다. 가장 중요한 차이점은 직류회로에서는 자연적인 전류 0점이 없는 것이 명백한 사실이고, 결과적으로 전류를 성공적으로 차단하기 위해서는 몇 가지 방식으로 전류 0점을 만들어야 한다. 전류 0점은 아크전압을 시스템전압 레벨과 같거나 그 이상으로 증가시키거나, 회로에 구동전압의 극성과 반대극성의 전압을 삽입함으로써 이루어진다.(실제적으로는 전원에 반대방향의 전류를 흘리는 것과 같다.)

일반적으로 아크전압을 증가시키기 위해 사용되는 방법은 다음과 같이 구성된다.

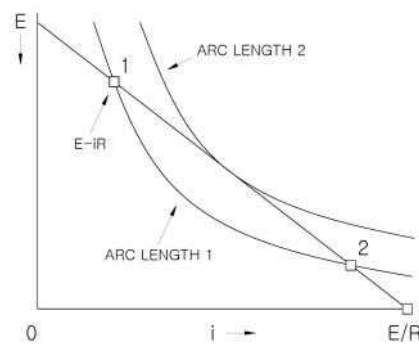
- 1) 단순히 아크 칼럼을 연장시키는 방법(elongating)
- 2) 아크 직경을 감소시키고 아크 전압을 증가시키기 위해 아크 주위의 압력을 증가시킴으로써 아크를 수축시키는 방법
- 3) 아크 축에 따라 다수의 금속제 판을 설치함으로써 일련의 짧은 아크를 생성하는 방법

캐소드 및 애노드 전압강하의 합(적어도 총 30[V])은 최소로서 각 아크에 기대될 수 있다. 아크는 직렬로 되어 있기 때문에 전압강하는 더하면 되고, 아크전압의 최종값은 간단히 삽입된 플레이트 수의 함수가 된다.

반대방향 전류를 인가하는 두 번째 방법은 일반적으로 아크 사이에 설치된 콘덴서를 방전시킴으로써 이루어진다. 앞의 방법은 주로 저압에 적용되는 반면, 후자의 방법은 고압 시스템에 적용된다.

직류가 차단되는 동안 아크전압의 역할을 좀 더 잘 이해하기 위해 전원전압  $E$ , 저항  $R$ , 아크전압이 모두 직렬로 이루어진 직류회로를 생각해 보자.

회로의 전류 및 아크의 전류는 전원전압의 값  $E$ , 직렬저항  $R$  및 아크특성에 따라 자체적으로 조절될 것이다.



[그림 3-12] 직류전류 차단동안의 아크와 시스템전압과의 관계

[그림 3-12]를 참조하면, 아크전압의 특성은 두 개의 다른 아크길이에 대한 전류의 함수로서 나타나고, 아크전압  $e_0$ 는  $iR$ 양에 의해 공급전압  $E$ 보다 적고 즉  $e_0 = E - iR$ 이 된다. 만약에 이 전압을 나타내는 직선이 그림에 나타낸 것처럼 그려지면 이 선은 아크길이 1에 대한 아크 특성을 나타내는 곡선을 1, 2점에서 잘라낸다. 각각의 전류에 따라 이들 잘라지는 점(1, 2)에서만 안정적인 아크를 가지는 것이 가능하다.

예를 들어 점2에 해당하는 전류가 증가하면 아크전압은 너무 작아지고, 전류가 감소하면 해당하는 아크전압은 너무 커진다. 따라서 전류는 항상 안정점으로 돌아가려고 노력한다. 점1에서 안정적인 상태를 얻기 위해 회는 아주 높은 직렬저항과 높은 공급전압을 가질 필요가 있다. 공급전압이 여전히 일정하다면, 아크를 연장함으로써 얻을 수 있는 최종적인 결론은 아크저항의 증가와 전류의 감소라는 것이 이미 알고 있다. 그러나 일반적으로 실제적인 적용의 경우에 약간의 저항은 항상 회로에 포함되고 전류가 감소되면 직렬저항 사이에 걸리는 해당 전압의 감소를 일으킨다. 따라서 전극전압은 결국 아크가 소호될 때까지 증가되고, 시스템전압과 같아진다. 이들 조건들은 그림4에 아크길이2로 표시된 더 긴 길이의 아크 특성은  $E - iR$  선으로 표시된 회로특성을 더 이상 잘라내지 않고 한 점에 이르는 극단적인 경우에 대한 것이고 따라서 이 조건은 더 이상 아크가 존재하지 않는 것에 이른 것이다.

회로에 인덕턴스가 더해지면 이 유도성 회로에 대한 기본 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L \frac{di}{dt} = (E - iR) - e_a = \Delta e$$

이 방정식은 차단되는 동안 발생한 유도전압은 전원전압 E에 회로의 내재저항에 전류가 흐를 때 발생하는 전압강하와 아크전압을 뺀 값이 된다. 아크가 소호되기 위해서는 전류는 연속적으로 감소되어야 하며 결국 전류의 미분값( $\frac{di}{dt}$ )는 부(-)의 값이 되어야 한다.

방정식에 보는 것처럼 차단순간의 아킹 조건은 인덕턴스 L의 크기에 따라 크게 변화된다. 인덕턴스는 전류의 변화를 저저하기 때문에 감소하는 전류는 유도기전력(induced electromotive force, emf)을 야기하여 전원전압에 더해진다. 전원전압과 아크전압 사이의 관계는 여전히 유도성 회로에 대해서도 유지되기 때문에 부가적인 전압을 제공하기 위해 파열 아크의 길이를 증가시키는데 필요한 더 높은 아크전압을 발생할 필요가 있다. 이것은 또한 직류전류 회로를 차단할 때 차단기는 회로 인덕턴스에 축적되어 있는 전 에너지를 소멸시킬 수 있어야 함을 기억하는 것이 중요하다.

---

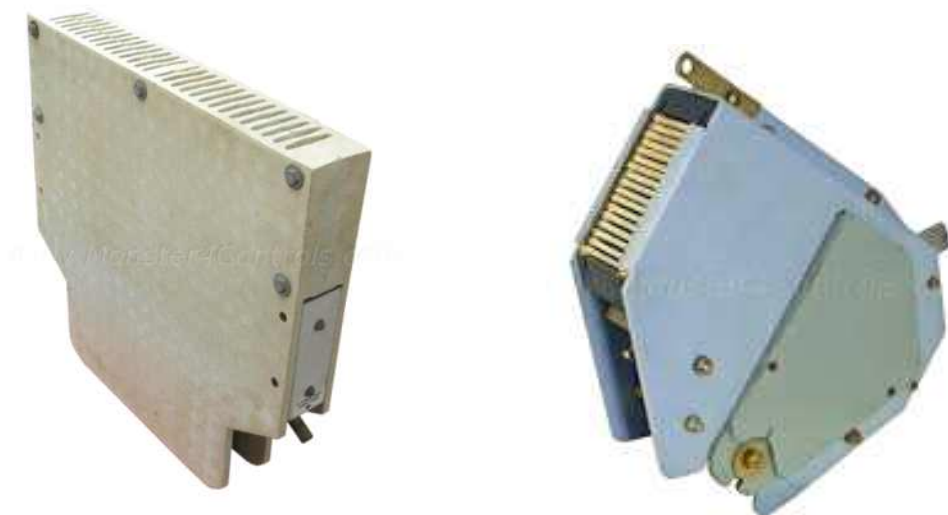
### 3.2.2 아크슈트의 성능에 관한 검토

#### 가. 아크 슈트(Arc chute)의 정의

아크가 이동되어 소호되도록 한 격실

#### 나. 구조 일반

- 1) 일반적인 아크 슈트의 구성은 플라스틱 프레임과 금속플레이트가 서로 교대로 쌓여지고, 금속 플레이트는 플라스틱 프레임 위에 배치된다. 플라스틱 프레임은 파여져 있고 아크는 두 개의 인접한 금속 플레이트 사이에 형성될 수 있다.
- 2) 플라스틱 프레임의 사용
  - 가) 접점이 분리될 때 아크열은 신속히 아크 슈트로부터 배출하기 위한 가스발생
  - 나) 금속플레이트 사이의 공기의 화학적 조성을 변화시켜 아크전압을 상승
- 3) 가스는 아크 슈트 내의 금속플레이트의 사방으로 배출
- 4) 플라스틱 프레임은 금속플레이트 사이에 유전체(誘電體)층을 형성
- 5) 아크 슈트는 몰드된 하우징으로 덮어져 있음
- 6) 가스는 사방으로 배출되기 때문에 차단기는 전용의 많은 공간을 필요로 하지만, 차량이기에 제한이 있다.
- 7) 아크를 늘어뜨리고 아크 슈트로 밀어 넣어 충분한 전압을 형성함으로써, 직류 전류가 차단될 수 있다. 이 전압이 형성되는 시간이 짧으면 짧을수록 전체 아킹시간이 짧아진다.



[그림 3-13] 아크슈트의 외형 예

#### 다. 아크슈트 재질의 선정

##### 1) 아크 슈트 재질의 구비조건

내아크성, 내마모성, 난연성, 용착성이 없을 것, 제작의 용이성, 저렴한 가격 등

##### 2) 난연성소재(UL94V-0) 적용으로 전기절연 및 화재안전성 확보

[표 2] UL94 V-0의 판정기준

| 구 분                | 94V-0  | 대체 사양                                                                                                                |
|--------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10초 접염 후의 연소시간     | 10초 이하 | 1. SMC VUP-2530(Cray Valley)<br>2. 최소 두께 : 1.5[mm]<br>3. RTI<br>- Elec : 105<br>- Mech : With IMP 130<br>W/O IMP 130 |
| 총 연소시간(5개 샘플)      | 50초 이하 |                                                                                                                      |
| 2번째의 접염 후 불씨의 유지시간 | 30초 이하 |                                                                                                                      |
| 10회의 접염시 클램프까지의 연소 | 불 가    |                                                                                                                      |
| 드롭시의 탈지면의 연소       | 불 가    |                                                                                                                      |

#### 라. 아크의 소호

##### 1) 차단기가 전류를 차단할 때 우선 접점이 기계적으로 개리 됨으로써, 아크가 발생하고

전류영점에서 전류가 차단(직류의 경우 전류영점이 없기 때문에 소호가 어려움)

##### 2) 차단이 완료되기 위해서는 전류가 일단 영점을 통과한 후 다시 도통상태로 되지

않도록 아크공간의 에너지를 효율적으로 제거 필요

##### 3) 전류영점에서 소호시키기 위한 방법

가) 아크를 길게 늘려 아크전압을 높이고, 전류를 적게 하여 소호

나) 아크를 냉각판 내로 자계로 구동시켜 냉각

다) 고기압의 가스를 아크에 불어 넣어 냉각

라) 진공중의 전류영점에 있어서 급속한 플라즈마의 확산을 이용

##### 4) 접촉기의 전류의 차단과정의 예

가) 가동접점과 고정접점이 분리되면서 아크 플라즈마 발생

나) 발생한 아크 플라즈마는 우측 아크 유도 레일(아크흔)으로 전이

다) 우측 블로우 아웃 코일이 활성화 되어 수직방향으로 편향된 전자기장 형성

라) 수직방향으로 편향된 전자기장에 의해 상부로 아크 플라즈마 이동

마) 좌측의 아크 유도 레일(아크흔)에 아크 플라즈마 전이

바) 좌측의 블로우 아웃 코일 활성화 되어 아크 그리드(Splitter)로 아크 확산(전류차단)

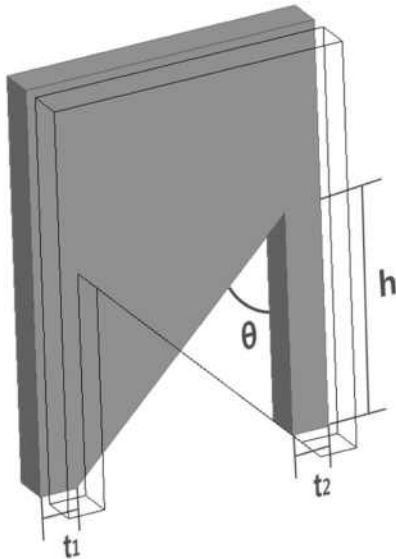
마. 아크슈트 기술연구

수치해석 프로그램을 이용하여 아크슈트의 전기적 성능향상 방안을 연구하여 최적의 제품을 설계하는데 응용하였다.

1) 아크그리드의 해석

가)  $\theta$ 가 증가하게 되면 비대칭성이 줄어들어 소호력이 감소되는 것을 확인함

나) 각도가 가장 작은  $40^\circ$ 에서 로렌츠 힘이 가장 큰 것으로 확인함

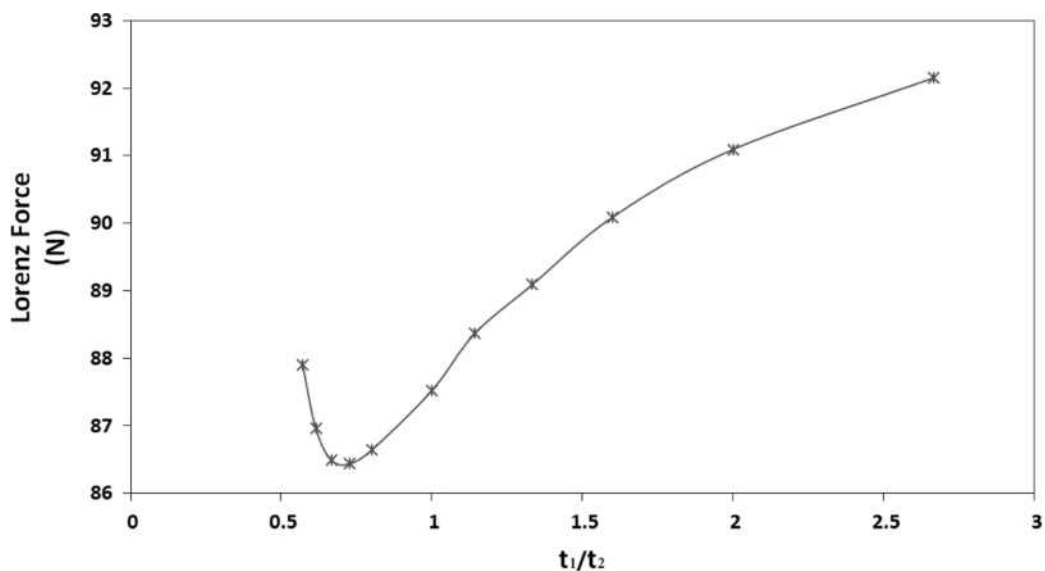


| 각도         | 로렌츠 힘 (N) |
|------------|-----------|
| $40^\circ$ | 87.53     |
| $45^\circ$ | 83.75     |
| $50^\circ$ | 79.72     |
| $55^\circ$ | 76.69     |
| $60^\circ$ | 74.24     |
| $67^\circ$ | 71.99     |

[그림 3-14] 그리드 형상

다)  $t_2$ 의 길이가 줄어들 때 일정 길이 이하가 되어야 초기 형상 값보다 높은 로렌츠 힘을 확인할 수 있음.

라) 소호력은  $t_2$ 가 가장 짧을 때 가장 뛰어나고 비율이 0.73일 경우 가장 낮은 것으로 판단됨.



[그림 3-15] 그리드 두께 비( $t_1/t_2$ )에 따른 로렌츠 힘

2) 아크 그리드의 성능시험(주관기관, 공동연구기관)

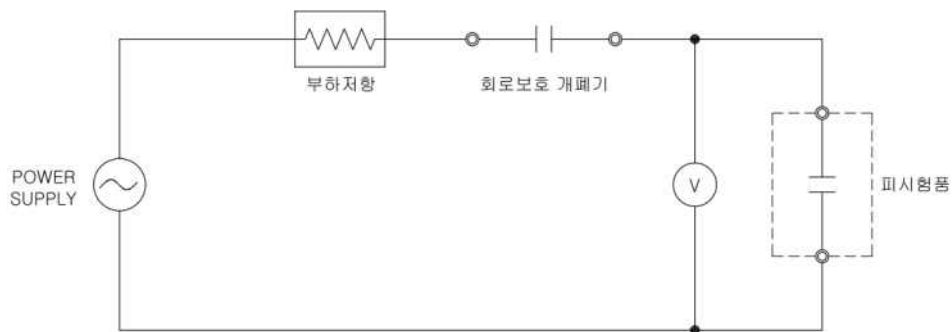
이론적 검토 내용을 바탕으로 시험품 제작을 통해 대칭형 아크 그리드와 비대칭형 아크 그리드의 아크소호 능력을 확인하였다.

가) 시료구분

| 구분       | 대칭형                                                                               | 비대칭형                                                                                |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ARC GRID |  |  |

나) 차단시험 조건

- ① DC 750[V], 130[A], 제어전압 DC 100[V]
- ② DC 1,800[V], 250[A], 제어전압 DC 100[V]
- ③ CO차단(CLOSE-OPEN) 5회, 동작시간 10sec 실시



[그림 3-16] 전자접촉기 차단시험 회로도

다) 차단시험 결과

| 시험사양                | 시험횟수 | 차단시간[ms] |      | 차단시간 비교  |
|---------------------|------|----------|------|----------|
|                     |      | 대칭형      | 비대칭형 |          |
| DC 750[V], 130[A]   | 1    | 22.0     | 23.2 | 대칭 > 비대칭 |
|                     | 2    | 22.0     | 24.6 | 대칭 > 비대칭 |
|                     | 3    | 24.0     | 22.6 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 4    | 21.8     | 20.6 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 5    | 25.6     | 22.2 | 대칭 < 비대칭 |
| DC 1,800[V], 250[A] | 1    | 34.4     | 20.4 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 2    | 22.4     | 21.8 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 3    | 25.6     | 20.0 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 4    | 32.6     | 23.0 | 대칭 < 비대칭 |
|                     | 5    | 123.0    | 22.2 | 대칭 < 비대칭 |

- ① DC 750[V], 130[A] 차단시험의 경우 대칭형과 비대칭형의 차단시간 차이는 2~3[ms] 내외로 성능의 차이는 미비함
- ② 다만 DC 1,800[V], 250[A] 차단시험의 경우 최소 10[ms]에서 최대 100[ms]의 차단 시간 차이를 보였으며, 전압과 전류의 범위에 따라 차단시간의 영향이 미침을 확인함
- ③ 또한 대칭형에 비해 비대칭형의 아크확산 범위 및 흐름성이 월등히 높아 차단속도에 영향을 미쳤으며 아크 그리드의 손상범위도 양호함



[그림 3-17] 대칭형 아크 그리드의 차단



[그림 3-18] 비대칭형 아크 그리드의 차단



[그림 3-19] 차단시험 후 대칭형 아크 그리드



[그림 3-20] 차단시험 후 비대칭형 아크 그리드

---

### 3.2.3 블로우 아웃 코일의 성능에 관한 검토

#### 가. 블로우 아웃 코일(BOC)의 정의

일정한 공간에 자계를 만들기 위한 전자장치로서, 장치 내에서 자계가 순간적으로 차단될 때 발생하는 불꽃방전에 이 자계가 작용하여 아크를 이동시켜 소멸시키는 동작을 한다. 코일의 굵기, 감김방향, 자계의 힘이 결정되며, 아크슈트 내 아크발생 지점에 설치된다.

#### 나. 이론적 배경

##### 1) 패러데이의 전자유도법칙

폐회로에 자속( $\Phi$ )이 변화하거나 자속 속에 폐회로(도선)가 이동하면 그 변화를 방해하는 방향으로 전류를 흐르게 하려는 기전력이 유기

##### 2) 플레밍의 왼손법칙

가) 자력선과 전류가 직각일 때 힘의 방향을 알아내는 법칙(아크의 이동방향 결정)

나) 왼손의 세 손가락을 서로 직각이 되게 벌리고 집게손가락을 자기의 방향으로, 가운데 손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 전류에 작용하는 힘은 엄지 손가락 방향으로 향함

##### 3) 블로우 아웃 코일의 전자력 크기

$$\text{전자력 } F = B * I * L \text{ [N]}$$

여기서, B : 자속밀도, I : 전류, L : 도선의 길이

$$\text{자속밀도 } B = u_0 * n * I$$

여기서,  $u_0$  : 자유공간의 투자율( $4\pi * 10^{-7}$ [H/m])

$n$  : 단위길이 당 코일감긴 횟수[회/m]

$I$  : 전류[A]

---

### 3.2.4 아크슈트 그리드의 재질에 관한 검토

아크슈트에서 전류의 차단은 접점과 접점이 서로 분리되면서 발생한 아크 플라즈마가 아크챔버 내 그리드(Splitter)에 의해 소호되는 과정을 거치는데, 이 그리드(Splitter)의 재질, 크기, 수량에 따라 아크전압의 레벨이 바뀌며, 결과적으로는 그리드(Splitter)에 따라 아크슈트의 성능이 결정된다.

#### 가. 그리드 재질 선정

그리드의 재질에 아크 소호력 및 냉각효과의 차이가 있으며, 일반적으로 사용하는 압연 강재의 경우 1개당 약 40 ~ 60[V]의 아크전압이 발생되고, 세라믹은 약 120 ~ 150[V] 아크전압 발생되며 또한 냉각효과가 크다.

가선전압 1500[V]인 경우에는 그리드를 압연강재(SS400) 또는 동계열을 사용하지만 더 높은 가선전압인 3600[V]에서는 두배 이상의 그리드가 소요되어 아크슈트의 부피 증가 및 재료비가 상승하여 현실적으로 적용이 불가능하여 세라믹 재질을 선정하였다.

#### 나. 세라믹의 종류

세라믹의 종류는 크게 4가지이며 경제성, 내열, 충격성을 고려하여 코디어라이트계 자기를 적용하였다.

##### 1) 보통 자기

일반적으로 각종 애자류에 사용되고 있는 자기이고, 장석(長石)에 알루미나가 소량 함유되어 있다.

##### 2) 알루미나함유 자기

현수(縣垂)애자용 외에 특히 강도 또는 터프니스(toughness)를 필요로 하는 애자용으로 장석질 자기에 알루미나를 첨가 함유되어 있다.

##### 3) 코디어라이트계 자기

일반적인 저 열팽창 자기이고, 내열 충격성(heat shock)에는 특히 우수하다. 자기(磁氣)차단기의 소호재료로서 최고의 성능을 가지고 있다. 지르콘 코디어라이트 자기는 저 열팽창성을 가지고 있을 뿐만 아니라 특히 고강도를 가지고 하중이 걸리는 부분의 내열재료로서 적합하다.

##### 4) 알루미나계 자기

세라믹 중에서 가장 기계적강도가 크고 고온 . 고주파에 있어서 전기절연 특성이 뛰어나고, 내급열(耐急熱), 급냉특성, 내식성 등 모든 점에서 고성능을 가지고 있다. 고주파 절연물로서 특히 강도를 필요로 하는 부분에는, 종래의 고주파 절연물 대신에 알루미나 자기의 적용이 바람직하다.

#### 다. 세라믹 재료 선정

- 1) 내열 충격성(heat shock)에 특히 우수하고 자기(磁氣)차단기의 소호재료로서 최고의 성능을 가지고 있는 코디어라이트 소지로 선정하였다.
- 2)  $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$ 계 내의 석기(炻器) 소지의 계통적인 연구로 열팽창계수가 극히 적은 조성이 발견되어, 그것이 천연광물인 코디어라이트( $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ )였다. 화학조성은  $MgO$  13.8[%],  $Al_2O_3$  34.8[%],  $SiO_2$  51.4[%]이다.  
그러나 이 조성이 되도록 원료를 조합하여도 소성온도가 낮으면(1,350[°C] 이하) 코디어라이트가 생성되지 않고, 너무 높으면(1,450[°C] 이상) 분해하여 포스터 라이트(forsterite)와 물라이트(mullite)가 되고, 양자는 열팽창계수가 코디어라이트보다도 훨씬 크다.  
즉, 소성온도 범위가 아주 좁은 소지이고 일반적으로 다공체(多孔體) 쪽이 만들기 쉬운 용도도 많다.
- 3) 저팽창의 코디어라이트 소지 조성은 이론상의 것이 가장 좋지만, 이용 가능한 화학조성 범위는  $MgO$  2.6 - 13.8[%],  $Al_2O_3$  25.5 - 38.8[%],  $SiO_2$  51.4 - 64.9[%]이다. 가장 좋은 원료는 점토, 활석, 알루미나이고, 점토는 석영이 혼재하지 않은 것을 이용하여야 한다. 치밀한 소지로 하기 위해서는  $BaCO_3$ 나  $PbSiO_3$ 를 첨가한다. 열팽창 계수는 이론 조성의 소지보다도 약간 크게 되지만, 열충격 저항성은 동일하게 우수하다. 조성의 일례를 표 6에 나타낸다. 열팽창계수는  $1.25 - 3.77 \times 10^{-6}$ 이다.

[표 3] 코디어라이트 소지의 조성(중량비율)과 소성온도

| 고령토(kaolin) | 활석   | $Al_2O_3$ | $MgCO_3$ | $BaCO_3$ | $PbSiO_3$ | 소성온도[°C] | 흡수율[%] |
|-------------|------|-----------|----------|----------|-----------|----------|--------|
| 75.0        | 25.0 | -         | -        | 10.0     | 10.0      | 1,288    | 0.2    |
| 72.3        | 21.9 | -         | 5.4      | -        | -         | 1,343    | 2.2    |
| 67.9        | 14.7 | -         | 17.4     | -        | -         | 1,288    | 13.4   |
| 41.0        | 44.0 | 15.0      | -        | -        | -         | 1,316    | 9.1    |
| 41.0        | 44.0 | 15.0      | -        | 10.0     | -         | 1,288    | 1.5    |
| 41.0        | 44.0 | 15.0      | -        | -        | 10.0      | 1,288    | 0.0    |

### 3.2.5 세라믹 재료의 시험방법에 관한 검토

#### 가. 적용 규격

- 1) KS C 2115(전기절연용 세라믹재료 시험방법)
- 2) KS C IEC 60672 - 2(세라믹 및 유리 절연재료 - 제2부 : 시험방법)

#### 나. 시험의 종류

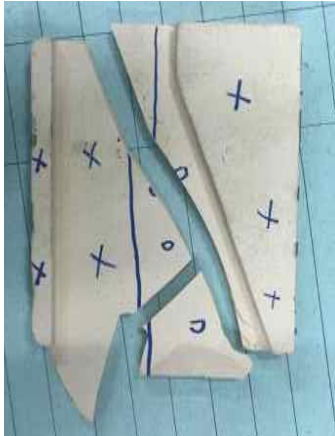
[표 4] 세라믹의 시험방법(KS C 2115)

| 시험 항목        | 시험방법                  | 비 고            |
|--------------|-----------------------|----------------|
| 흡수율          | KS C 2115 5.3         |                |
| 겉보기 기공률      |                       |                |
| 부피밀도         |                       |                |
| 겉보기 밀도       |                       |                |
| 표면거칠기        | KS B 0161             |                |
| 굽힘강도         | KS C IEC 60672-2 6.4  | 굴곡강도           |
| 탄성률          | KS C IEC 60672-2 7.4  | 탄성률            |
| 경도           | KS C 2115 9.3         |                |
| 평균 선팡창계수     | KS C IEC 60672-2 8.3  | 평균 선형<br>열팽창계수 |
| 열충격 내구력      | KS C IEC 60672-2 11.4 | 내열 충격성         |
| 비열용량         | KS C IEC 60672-2 9.3  | 비열용량           |
| 열확산율 및 열전도율  | KS C IEC 60672-2 10.3 | 열전도도           |
| 체적저항률        | KS C IEC 60672-2 16.4 | 체적저항           |
| 절연파괴의 강도     | KS C IEC 60672-2 13.4 | 절연내력           |
| 비유전률 및 유전손실률 | KS C IEC 60672-2 15.4 | 비유전률 및<br>유전손실 |

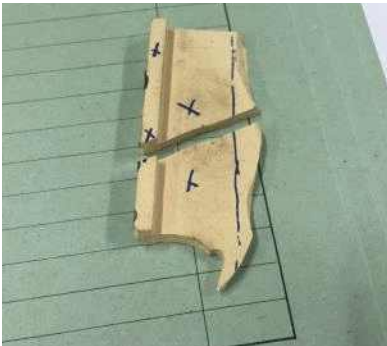
다. 그리드 휨강도(하중) 비교시험

해외 제품의 세라믹 그리드와 자체 제품과의 강도시험을 실시하였으며, 동등 이상의 값을 확인하였다.

1) SCHALTBAU 전자접촉기(외자품)

| 휨강도 시험                                                                            | 파괴 후                                                                              | 측정값(kN)                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

2) Microelettrica Scientifica 전자접촉기(외자품)

| 휨강도 시험                                                                              | 파괴 후                                                                                 | 측정값(kN)                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

3) 개발품

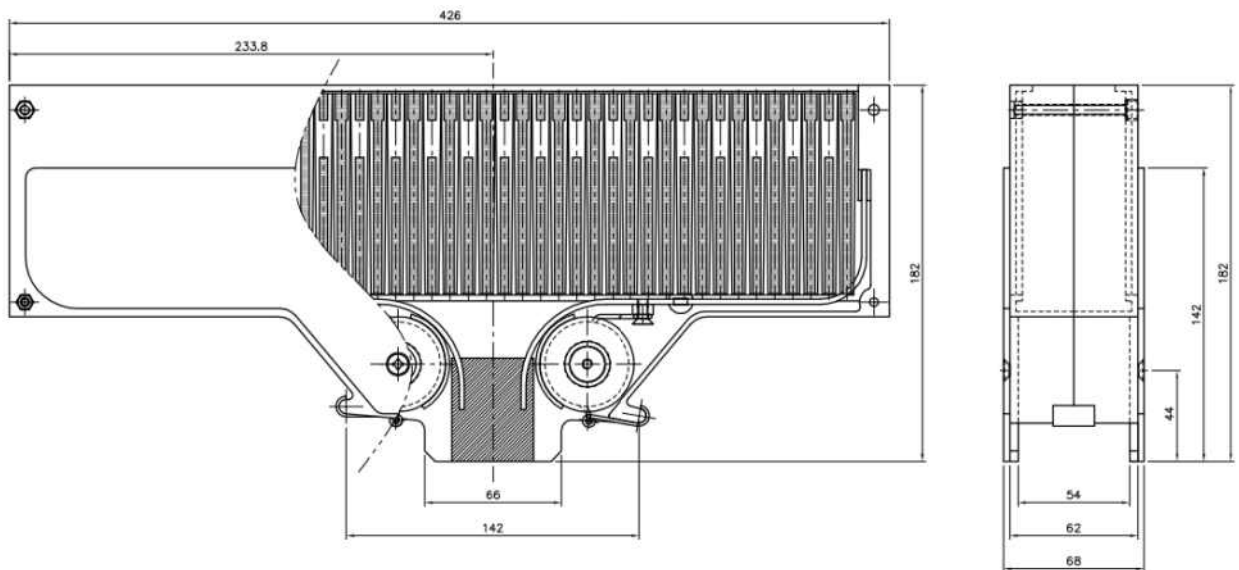
| 휨강도 시험                                                                              | 측정값(kN)                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

### 3.2.6 설계기준 및 도면

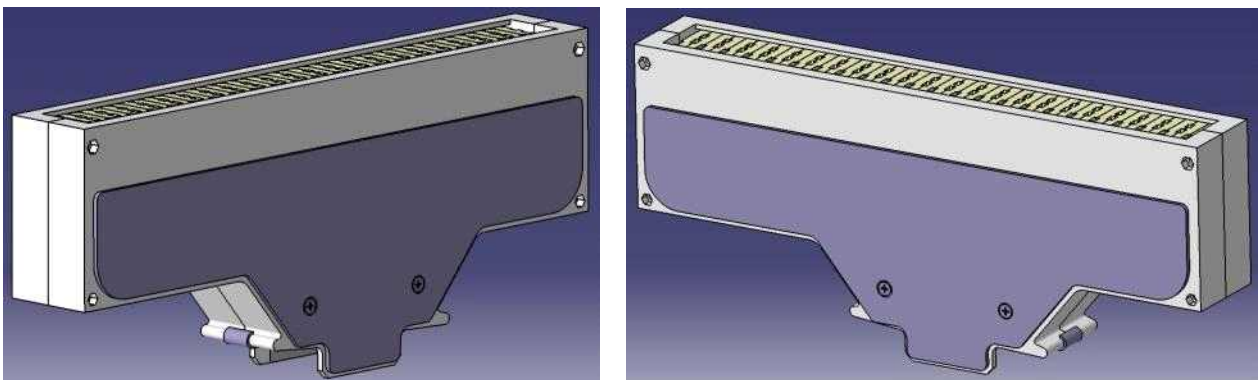
#### 가. 설계기준

| 아크슈트 사양 | 품 명        | 수량 | 재질               |
|---------|------------|----|------------------|
|         | BODY       | 2  | SMC(열경화성수지)      |
|         | 블로우 아웃코일   | 2  | 1PEW(폴리에스테르동선)   |
|         | 아크 그리드     | 46 | CERAMICS(코디어라이트) |
|         | 아크 런너      | 2  | C5191P 1/2H(인청동) |
|         | POLE PIECE | 2  | SPCC(냉간압연강판)     |

#### 나. 설계도면



[그림 3-21] 아크슈트 2D 설계도면



[그림 3-22] 아크슈트 3D 도면

## 3.3 접촉자 기술

---

### 3.3.1 전자접촉기의 접점

전자접촉기의 차단부에는 통전부를 구성하는 부품의 일부로서 주 접촉자와 아크 접촉자로 구성되어 있다. 주 접촉자는 주로 주회로의 개폐를 목적으로 사용하며, 아크 접촉자는 전자접촉기 전류차단 할 경우 발생하는 아크를 아크 접촉자에서 생성, 차단의 목적으로 사용한다. 접촉자의 종류

#### 1) 주 접촉자(MAIN CONTACT)

개폐부분에서 주 전류가 흐르는 부분으로 재질은 보통 은 또는 동을 사용한다.

#### 2) 아크 접촉자(ARC CONTACT)

개폐장치의 주 접점에서 아크가 발생하는 접점으로, 개폐장치의 접촉부분에 있어서 폐로 중 전류를 흐르게 해야 할 부위가 개폐 시의 아크에 의해 손상되는 것을 막기 위하여 별도로 설치되는 아크발생부의 접점이며, 재질은 몸체는 동 재질을 접촉자는 내아크성이 좋은 텅스텐을 사용한다.

#### 3) 고정 접촉자(FIXED CONTACT)

주 접점의 일부로서 전자접촉기 내 고정부에 부착된 접촉자이다.

#### 4) 가동 접촉자(MOVING CONTACT)

주 접점의 일부로서 전자접촉기 내 가동부에 부착된 접촉자이다.

### 나. 접촉자 재료

#### 1) 성능 요구사항

가) 접촉저항, 안정성, 耐溶着性, 내마모성 또는 내아크성

나) 이들 모든 조건을 만족시키는 재료는 없으며 용도, 사용조건에 따라 선정

#### 2) 은계(銀系) 접점재료

가) 저항률이 낮고 상온에서 거의 산화하지 않으므로 가장 일반적으로 이용

나) 계전기, 제어기용 접점재료

은(銀) 중에 다른 금속 또는 CdO와 같은 금속산화물을 분산시킨 금속 사용

다) 대전류 기기의 접촉자

모재로 알루미늄이나 동 위에 은을 도금한 재료 사용

#### 3) 텅스텐계 접점재료

가) 純텅스텐

내용착성, 내마모성, 내아크성이 우수하고 접촉저항이 크기 때문에 소전류 다수회 개폐용 접점재료로 사용되며 단점으로는 산화되기가 쉬움

나) 은 또는 동의 소결합금(AgW, CuW) : 내아크성 금속

공기중, 진공중, 유중, SF<sub>6</sub>가스중의 대전류용 차단기 아크접점

다) 소결합금 은텅스텐카바이트(AgWC) : 내아크성, 내용착성 우수

[표 5] 원소의 용점 및 특성

| 원소기호 | 용점[°C] | 비중(20[°C]) | 고유저항  | 열전도도 | 전기전도도<br>(Ag=100) |
|------|--------|------------|-------|------|-------------------|
| Ag   | 960.8  | 10.5       | 1.629 | 4.18 | 100               |
| W    | 3,410  | 19.3       | 55.1  | 1.9  | 29.5              |
| Cd   | 320.9  | -          | -     | -    | -                 |
| C    | 3,500  | -          | -     | -    | -                 |
| Cu   | 1,083  | 8.93       | 1.724 | 3.8  | 94                |

[표 6] 차량용 접촉자에 사용되고 있는 내호접촉자

| 재질의 종류             | 물리적 특성                                                         | 용 도      | 접합방법             |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|----------|------------------|
| AgW                | 1)비중 : 14.5 - 15.5<br>2)경도 : HRB 72 - 90<br>3)전도도(%) : 50 - 60 | 일반 아크용   | 납 접합             |
| AgCdO              | 1)비중 : 9.9 - 10.3<br>2)경도 : HV 55 - 75<br>3)전도도(%) : 64 - 85   | 경부하      | 스폿 또는 코킹         |
| AgCdO + α          | 1)비중 : 9.5 - 10.3<br>2)경도 : HV 80 - 130<br>3)전도도(%) : 50 - 87  | 통전, 중아크용 | 납 접합             |
| Ag<br>(99.95[%]이상) | 1)비중 : 10.49<br>2)경도 : HB 25 - 27<br>3)전도도(%) :                | 통전전용     | 납 접합<br>스폿 또는 코킹 |
| AgWCo              | 1)비중 : 12.4 - 13.1<br>2)경도 : HRB 85 - 115<br>3)전도도(%) : 14     | 고아크용     | 납 접합             |
| AgWC               | 1)비중 : 11.4 - 12.4<br>2)경도 : HRB 48 - 85<br>3)전도도(%) : 54 - 75 | 통전, 고아크용 | 납 접합             |

[표 7] 접점재료 자신의 특성

| 구 분          | AgW | AgCdO + α | AgWCo | 동(銅) | 비 고                                                                                                                                                                                 |
|--------------|-----|-----------|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 접촉저항의 안정성    | 3   | 1         | 2     | 4    | <b>1. 좌측 숫자의 내용</b><br>1 : 특히 우량<br>2 : 우수<br>3 : 보통<br>4 : 뒤떨어짐, 불리함<br><br><b>2.재료의 종합평가</b><br>1)AgW : 24(약간 뒤떨어짐)<br>2)AgCdO+α : 17(우량)<br>3)AgWCo : 17(우량)<br>4)동(銅) : 33(떨어짐) |
| 투입채터링에 의한 소모 | 2   | 1         | 1     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 차단에 의한 소모    | 2   | 3         | 1     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 내용작성         | 1   | 2         | 2     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 조직의 결합도      | 4   | 2         | 3     | 1    |                                                                                                                                                                                     |
| 기계적인 소모      | 2   | 3         | 1     | 3    |                                                                                                                                                                                     |
| 이전(移轉)       | 2   | 1         | 1     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 함내 오염        | 2   | 1         | 1     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 접촉저항의 레벨     | 3   | 1         | 2     | 4    |                                                                                                                                                                                     |
| 가 격          | 3   | 2         | 3     | 1    |                                                                                                                                                                                     |

#### 다. 접촉자 재료의 선정

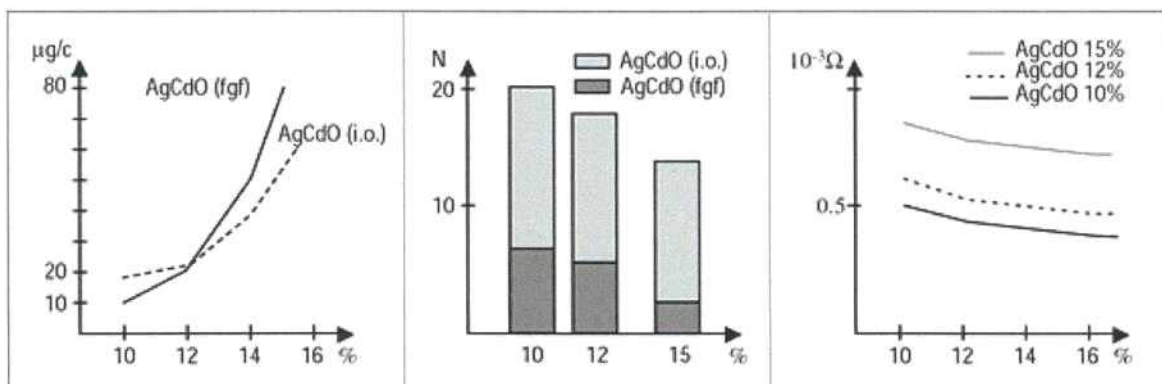
접점 부위 별 모든 조건을 만족하는 재질은 없으며, 용도, 사용조건 및 부위에 따라 적합한 재질을 선정한다. 차량용 접촉자는 일반적으로 내호금속을 사용하며, 주접촉자는 접촉 저항, 도전을 및 내마모성이 우수한 산화은카드뮴( $AgCdO$ ) 재질을 사용하고, 아크 접촉자는 내아크성, 내마모성 및 내용착성이 우수한 은탄화텅스텐( $Ag-W$ )를 사용하고 있다. 다만, 산화은카드뮴( $AgCdO$ )의 경우에는 해외에서는 법적으로 사용을 금지하고 있어, 대체품으로 친환경적인 재료인 산화은주석( $AgSnO_2$ )을 적용하였다.

##### 1) $AgCdO$ 의 특징

- 가) 용착경향(Welding tendency)이 낮음
- 나) 기기의 수명동안 저항 안정성(Resistance stability)이 우수함
- 다) 높은 도전성과 낮은 접촉저항(Contact resistance)을 가짐

[표 8]  $AgCdO$ 의 특성

| 구 분                                  | $AgCdO(fgf)$ |        |       | $AgCdO(i.o.)$ | $AgCdO(PN)$ |
|--------------------------------------|--------------|--------|-------|---------------|-------------|
| 산화물 성분[%]                            | 10           | 12     | 15    | 10            | 12          |
| 이론적 밀도[g/cm <sup>3</sup> ]           | 10.21        | 10.16  | 10.08 | 10.20         | 10.16       |
| 비커스경도<br>(annealed)                  | 64           | 66     | 68    | 60            | 47          |
| 20[°C]의 비전기저항<br>[ $\Omega mm^2/m$ ] | 0.0202       | 0.0207 | 0.022 | 0.022         | 0.0204      |
| 20[°C]의 전기전도도<br>[%] IACS            | 85           | 83     | 78    | 78            | 84          |
| 열 전도도[W/mk]                          | 368          | 362    | 355   | 293           | 362         |



[그림 3-23]  $AgCdO$ 의 전기적 특성

## 2) $AgSnO_2$ 의 특징

$AgCdO$ 접점 물질은 카드뮴의 독성 때문에 2 - 14[wt%]의  $SnO_2$ 를 기재(基材)로 하여  $AgSnO_2$ 로 교체되어 오고 있으며, 주요 특징으로는 아래와 같다.

가) 환경친화적인 물질

나) 전류를 개폐하는 동안 아주 높은 용착저항(Weld resistance)을 가짐

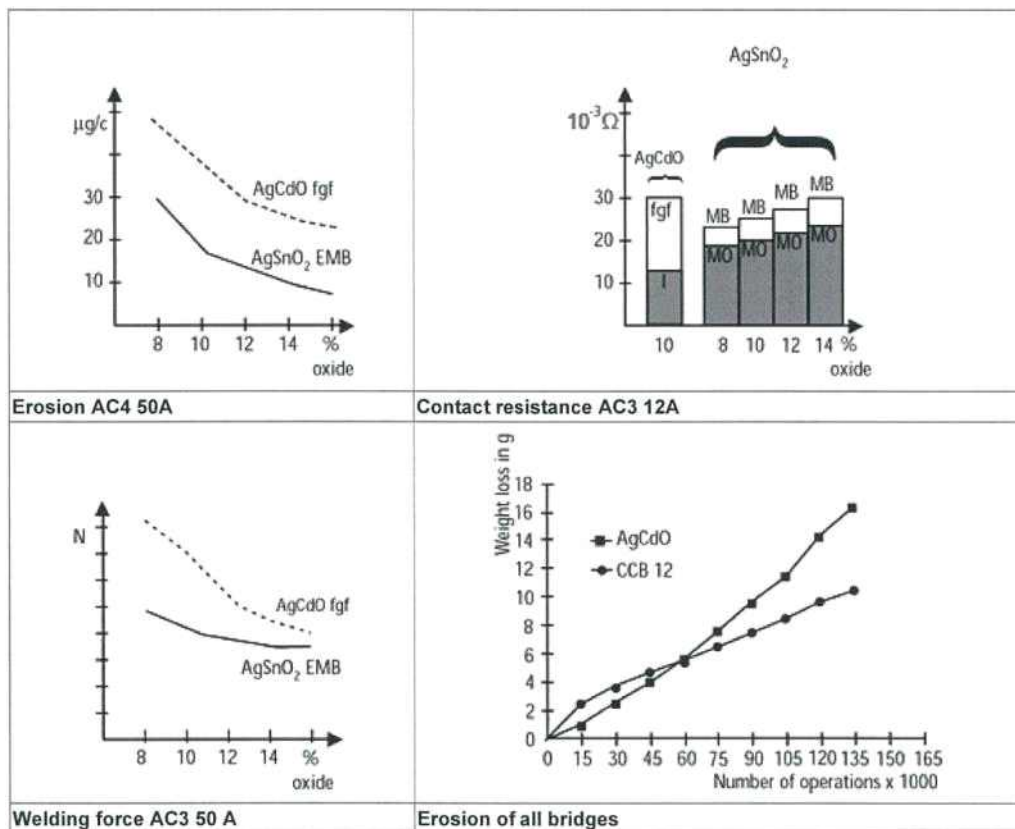
다) 기기의 수명동안 접촉저항(Contact resistance)이 낮고 안정적임

라) 아크 부식 저항성(Arc erosion resistance)이 크고 접점수명(Contact life)이 김

## 3) $AgSnO_2$ 와 $AgCdO$ 의 특성비교

가) IEC 947규격에 의해 시험한 결과  $AgSnO_2$ 접점은  $AgCdO$ 접점과 비교하여 우수한 부식 저항성과 낮은 용착경향을 확인하였음

라) 온도상승은 유사하며  $AgSnO_2$  접점은 용량성 부하에 대한 적용이나 직류전류에 대하여 상당히 유리하였음



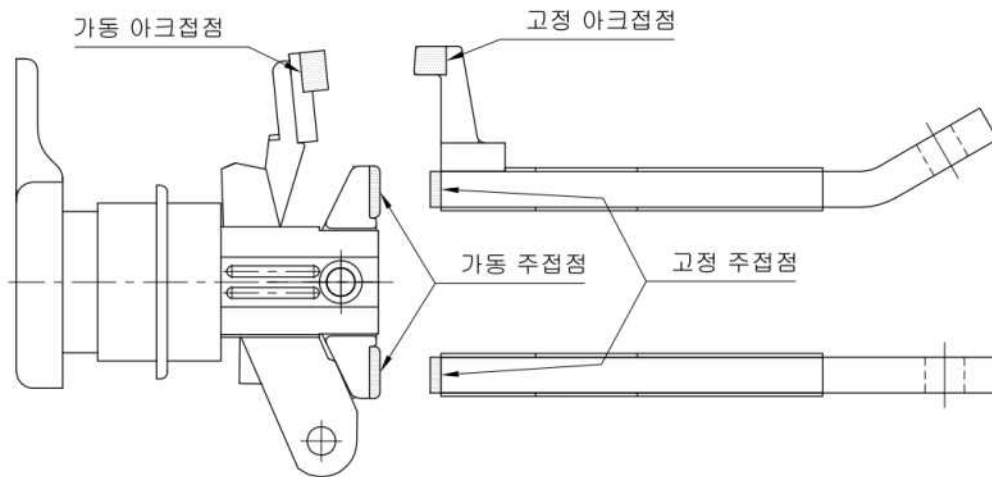
[그림 3-24]  $AgSnO_2$ 와  $AgCdO$ 의 비교표

### 3.3.2 설계기준 및 도면

#### 가. 설계기준

|          |              |           |
|----------|--------------|-----------|
| 주 접점 사양  | MAIN CONTACT | $AgSnO_2$ |
|          | TERMINAL     | C1100(순동) |
| 아크 접점 사양 | ARC CONTACT  | $Ag-W$    |
|          | TERMINAL     | C1100(순동) |

#### 나. 설계도면



[그림 3-25] 2D 설계도면

### 3.4 접촉기 개발

#### 3.4.1 선도사 전자접촉기의 차단성능 분석(SCHALTBAU 社)

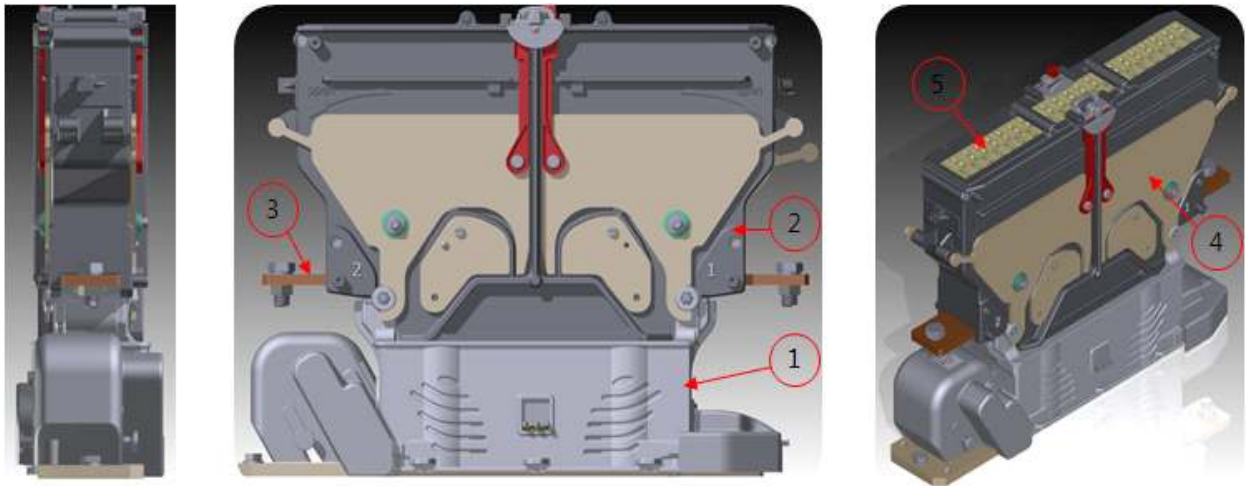
국내 철도차량의 가선전압은 1500[V]로 3600[V]용 전자접촉기와 크기, 성능 및 내부구조를 파악하기 위하여 1대의 시료를 구입하여 하기와 같은 시험을 진행하였으며, 제품설명서 및 제조사 논문 등 자료도 함께 접수하여 이론적 차단성능에 대해 연구하였다.

가. 선도사 전자접촉기 기본특성 확인

1) 전자접촉기 사양

| 구 분              | 사 양          |
|------------------|--------------|
| 모델 명             | CT1130/08    |
| 공칭전압( $U_n$ )    | 3,000V       |
| 정격동작전압( $U_e$ )  | 3,600V       |
| 정격전류( $I_{th}$ ) | 800A         |
| 정격제어전압( $U_s$ )  | 100V         |
| 사용온도조건(°C)       | -40°C ~ 70°C |
| 기계적 수명(회)        | 2,000,000    |

2) 전자접촉기 구성요소



[그림 3-26] 선도사 전자접촉기

| 품번 | 품 명        | 기능 및 특성                                                                     |
|----|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 접점 가동부     | 두 개의 전자코일에 DC 100V를 인가 시 전자력이 발생하여 전자력으로 인한 내부 접점을 상승 또는 하강시켜 주접점의 회로를 구성시킴 |
| 2  | 아크슈트       | 주접점이 기계적으로 개리될 때 발생하는 아크를 소호시켜 전류를 차단시킴                                     |
| 3  | 주접점        | 부하의 전원을 개폐                                                                  |
| 4  | POLE PIECE | 아크 발생 시 블로우아웃 코일의 자계 범위를 확산시켜 아크 그리드로 분포시킴                                  |
| 5  | ARC GRID   | 아크의 확산 및 냉각시켜 아크 에너지 제거                                                     |

### 3) 전자접촉기 기능시험

DC Power Supply 및 오실로스코프를 이용하여 기본 성능시험을 진행, 하기와 같은 결과값을 얻었다. 철도차량용 전자접촉기의 동작전압의 기본성능 기준은 투입전압의 60[%]이내, 석방전압은 5[%] 이상으로 기준치를 만족함을 확인하였다.

| 시 험 항 목       | 횟수 | 측정치(at 25℃) | 측정치(at 70℃) |
|---------------|----|-------------|-------------|
| 동 작 전 압[V]    | 1  | 51.9[V]     | 58.1[V]     |
|               | 2  | 51.7[V]     | 58.3[V]     |
|               | 3  | 51.4[V]     | 58.2[V]     |
|               | 4  | 51.3[V]     | 58.6[V]     |
|               | 5  | 51.7[V]     | 58.6[V]     |
| 석 방 전 압[V]    | 1  | 16.7[V]     | 19.5[V]     |
|               | 2  | 17.0[V]     | 19.6[V]     |
|               | 3  | 16.7[V]     | 19.7[V]     |
|               | 4  | 17.0[V]     | 19.7[V]     |
|               | 5  | 17.0[V]     | 19.6[V]     |
| 동 작 시 간[ms]   | 1  | 158.5       | 162.5       |
|               | 2  | 162.0       | 162         |
|               | 3  | 159.3       | 160.5       |
| 석 방 시 간[ms]   | 1  | 70.5        | 50.9        |
|               | 2  | 69.6        | 50.2        |
|               | 3  | 69.9        | 51.0        |
| 동작 채터링 시간[ms] | 1  | 7.0         | 6.7         |
|               | 2  | 6.7         | 6.8         |

가) 동작시간 : DC 0 → 100[V] 전압을 서서히 인가하여 고정접점과 가동접점이 접촉되는 전압범위

나) 석방시간 : DC 100 → 0[V] 전압을 서서히 낮추어 고정접점과 가동접점이 개방되는 전압범위

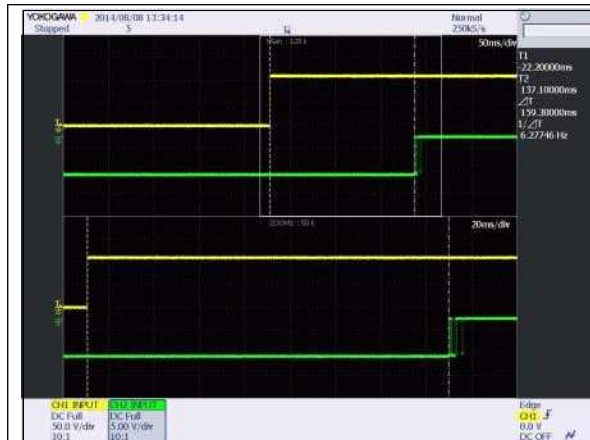
다) 동작시간 : DC 100[V] 전압을 인가, 전원투입 시간을 기준으로 고정접점과 가동접점이 접촉되는 시간

라) 석방시간 : DC 100[V] 전압을 인가, 전원투입 시간을 기준으로 고정접점과 가동접점이 개방되는 시간

마) 채터링 시간 : DC 100[V] 전압을 인가 시 고정접점과 가동접점이 접촉될 때 기계적인 진동에 의해 접촉, 해방이 반복되는 시간

#### 4) 측정데이터

##### 가) 동작시간



159.3[ms](at 25°C)



162.5[ms](at 70°C)

##### 나) 석방시간



69.9[ms](at 25°C)

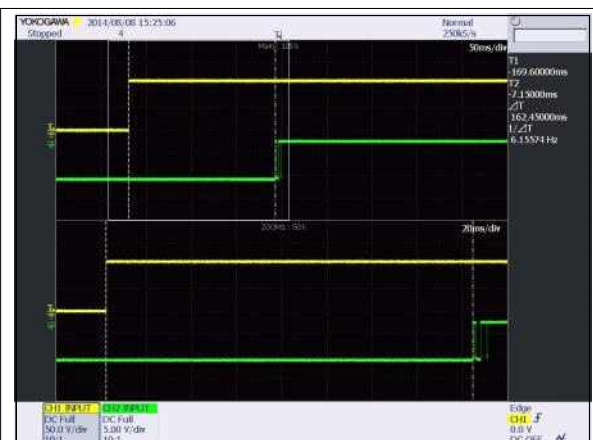


50.9[ms](at 70°C)

##### 다) 채터링 시간



6.7[ms](at 25°C)



6.7[ms](at 70°C)

나. 선도사 전자접촉기 차단특성 확인시험(주관기관, 공동연구기관)

1) 시험 목적

- 가) 수직구동방식에 따른 차단성능 확인
- 나) 부하차단에 따른 접점부의 아크 흔(아크의 발생 방향) 확인
- 다) 제조사의 기술설명서에 따른 아크소호원리 검증

2) 시험방법 및 기기설치

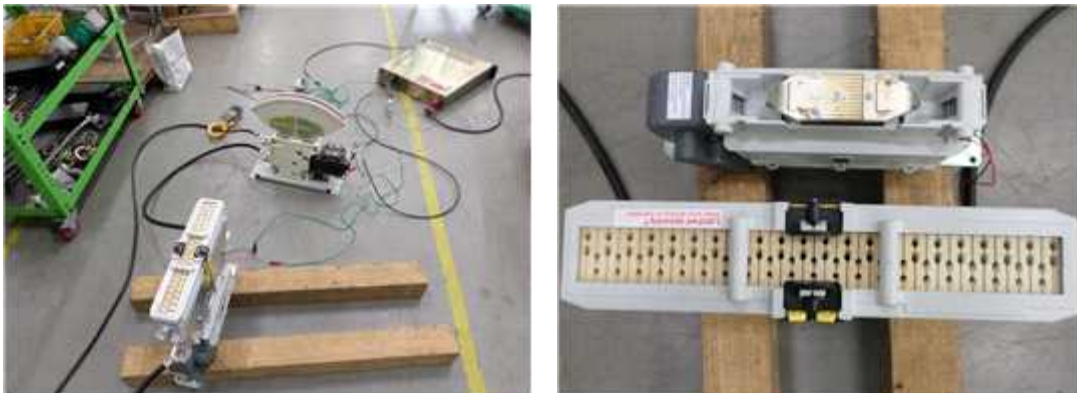
- 가) 시료 전자접촉기의 보호를 위해 전단에 자사 WIS C 1510 전자접촉기 설치
- 나) 부하전류 측정을 위한 Hook식 전류계 설치
- 다) 부하설비로서 제동저항장치(DBRe) 사용
- 라) 시료 전자접촉기의 정격전압인 DC 3,000[V] 대신 공동연구기관의 최대 시험설비 용량인 DC 1,800[V]를 인가하고 부하전류는 200[A]로 세팅
- 마) 부하 투입과 전류차단(CO) 간격 : 약 2분
- 바) 10회의 부하 투입 및 차단 후 가동접점의 아크 흔 확인
- 사) 시료 전자접촉기 주접점간 Hi Corder 설치하여 차단속도 측정

3) 시험 순서

- 가) 1번 접속부(-), 2번 접속부(+) 연결
- 나) 1번 접속부(+), 2번 접속부(-) 연결

4) 시험결과

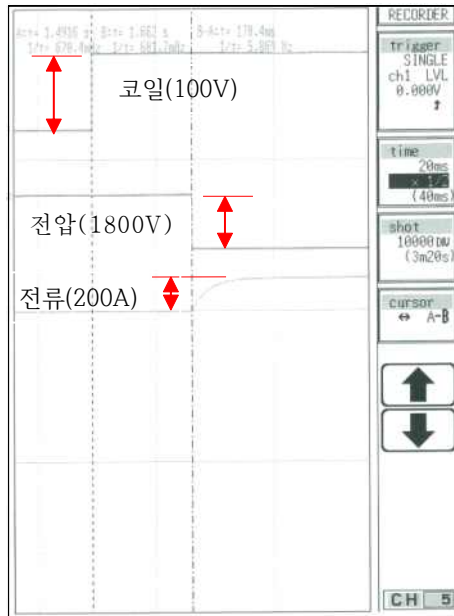
- 가) 접점부의 아크 흔 조사결과 두개의 접점의 아크방향이 아크 안내축(중심)으로 모두 모이지 않았음(두개의 접점 중 1개소만 아크 안내축으로 향함)
- 나) 상기 아크 소호원리와 같이 왼쪽 접점의 아크는 아크 안내축이 아닌 가동접점측 하향방향으로 빠지고, 오른쪽 접점의 아크만 아크 안내축으로 이동되어 오른쪽 블로아웃 코일을 활성화시킴
- 다) 접속브리지로부터 아크 런너로 도약하는 제2 아크 루트에 의해 왼쪽 블로아웃 코일의 활성화됨을 확인함(1항, 2항의 아크방향은 반대)



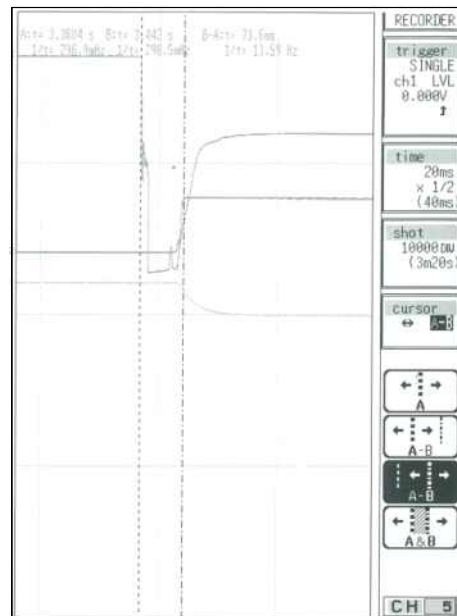
[그림 3-27] 선도사 전자접촉기 차단특성 시험 사진

## 5) 시험결과 데이터

### 가) 1번 접속부(-), 2번 접속부(+) 연결

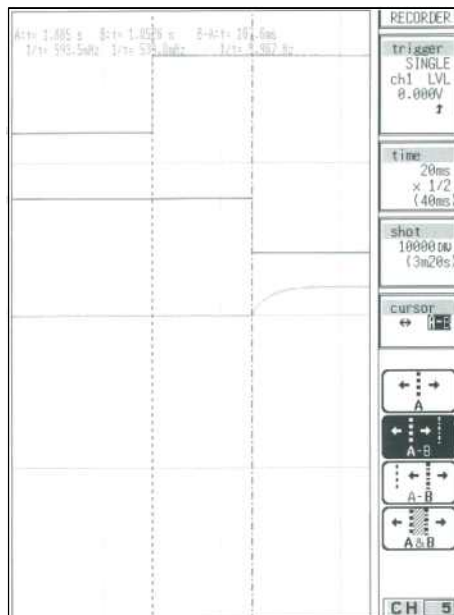


[주회로 동작시간 : 178.4ms]

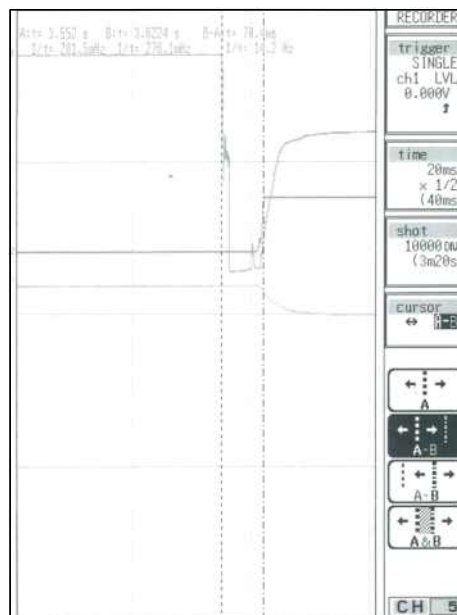


[주회로 차단시간 : 73.6ms]

### 나) 1번 접속부(+), 2번 접속부(-) 연결



[주회로 동작시간 : 167.6ms]



[주회로 차단시간 : 78.4ms]

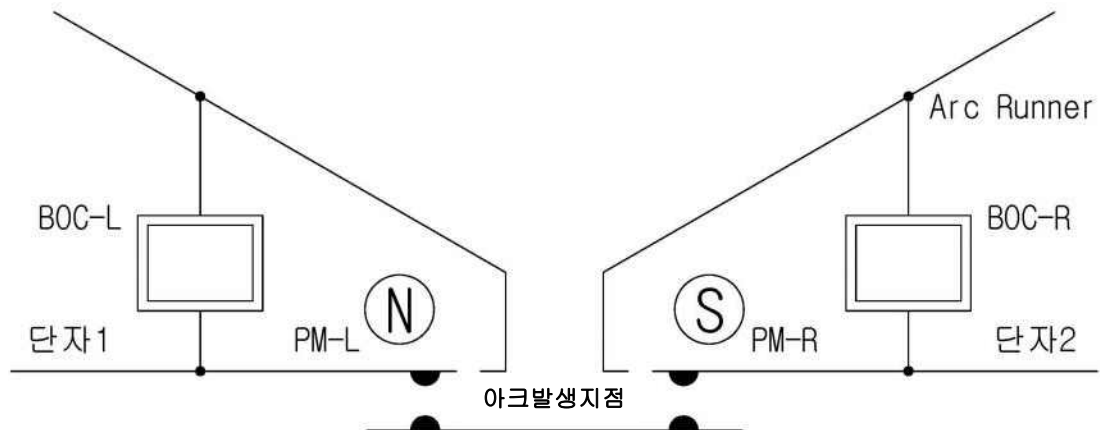
※ 전압(div=1000V), 전류(div=200A), 코일(div=40V)

### 3.4.2 전자접촉기의 차단시험에 대한 이론적 검토

가. 선도사(S사)의 아크소호 및 차단

1) 블로우아웃코일(BOC) 및 영구자석(PM)이 있는 경우

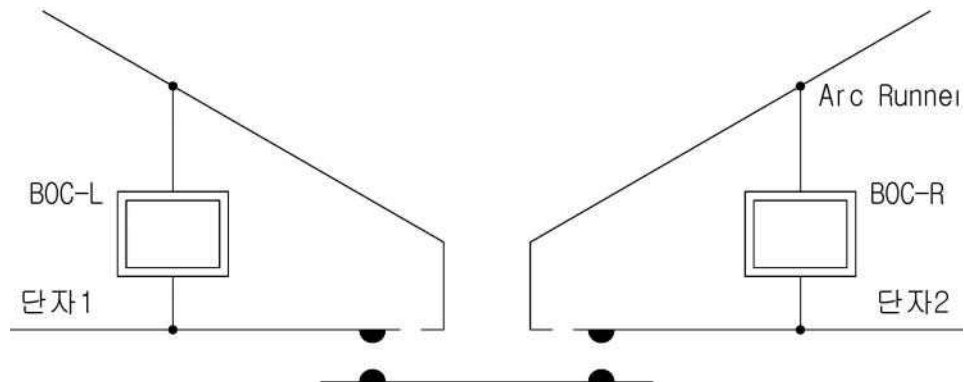
전류 차단 시 발생하는 아크를 영구자석 전자기력에 의해 신속히 아크 런너로 전이시켜 블로우아웃 코일을 활성화 시킨다. 또한 저전류(임계전류) 차단에도 우수한 특성을 발휘, 5[A]이하에서도 정상적으로 차단이 가능하다.



| 단자전류방향 |     | 영구자기 분출장에 의한<br>아크의 편향 방향                                                                                         | BOC 전류 방향 및<br>전자기 분출장 방향 |       | 차단 가능<br>여부 |
|--------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-------------|
| 단자1    | 단자2 |                                                                                                                   | BOC-L                     | BOC-R |             |
| (+)    | (-) | 왼쪽 (↙)                                                                                                            |                           |       | ○           |
| (-)    | (+) | 오른쪽 (↘)                                                                                                           |                           |       | ○           |
| 비 고    |     | <div> <div>→ BOC 코일에 흐르는 전류 방향</div> <div>→ 자계의 방향(예: 지면 아래에서 위로 올라오는 방향)</div> <div>→ BOC 코일의 동작 순서</div> </div> |                           |       |             |
|        |     | 1번 : (+), 2번 : (-)                                                                                                |                           |       |             |
|        |     | 1번 : (-), 2번 : (+)                                                                                                |                           |       |             |

2) 블로아웃코일(BOC)만 있는 경우

영구자석(PM)을 제거하더라도 정상적인 전류 차단은 가능하나 발생한 아크를 아크 런너로 신속히 전이를 시켜주지 못하여 주접점의 탄화가 심해짐을 확인하였다.



| 단자전류방향 |       | BOC의 여자순서          | BOC 전류 방향 및 전자기 분출장 방향 |       | 차단 가능 여부 |
|--------|-------|--------------------|------------------------|-------|----------|
| 단자1    | 단자2   |                    | BOC-L                  | BOC-R |          |
| (+)    | (-)   | 동시에 여자             |                        |       | ○        |
|        |       | 왼쪽이 먼저 여자 (BOC-L)  | 1<br>                  | 2<br> | ○        |
|        |       | 오른쪽이 먼저 여자 (BOC-R) | 2<br>                  | 1<br> | ○        |
| (-)    | (+) ) | 동시에 여자             |                        |       | ○        |
|        |       | 왼쪽이 먼저 여자 (BOC-L)  | 1<br>                  | 2<br> | ○        |
|        |       | 오른쪽이 먼저 여자 (BOC-R) | 2<br>                  | 1<br> | ○        |



아크슈트 주접점(1번 : +, 2번 : -)

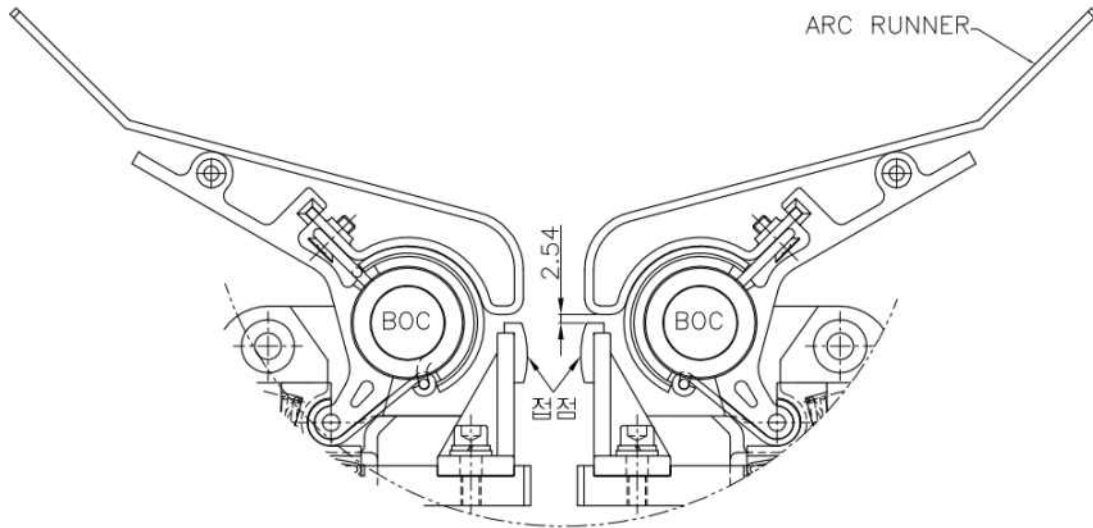


가동부 주접점(1번 : +, 2번 : -)

나. 양산품 전자접촉기 아크소호 및 차단(WIS C 1510)

1) 전자접촉기의 구조

단자2(가동접점부)에 (+)를 인가하더라도 아크소호 원리상 차단은 가능할 것으로 판단되며 접점과 아크 런너와의 간격이 좁아 신속히 아크가 전이되어 영구자석이 없더라도 신속한 차단이 가능하다.



| 단자전류방향 |     | BOC의<br>여자순서 | 아크슈트 쪽으로<br>힘 발생을 위해<br>필요한 자계의<br>방향 | BOC 전류 방향 및<br>전자기 분출장 방향 |       | 차단 가능<br>여부 |
|--------|-----|--------------|---------------------------------------|---------------------------|-------|-------------|
| 단자1    | 단자2 |              |                                       | BOC-L                     | BOC-R |             |
| (+)    | (-) | 동시에<br>여자    |                                       |                           |       | ○           |
| (-)    | (+) | 동시에<br>여자    |                                       |                           |       | ○           |

### 3.4.3 철도차량용 DC 4,000[V]급 전자접촉기 개발

가. 전자접촉기 개발성능 목표

1) 기술사양

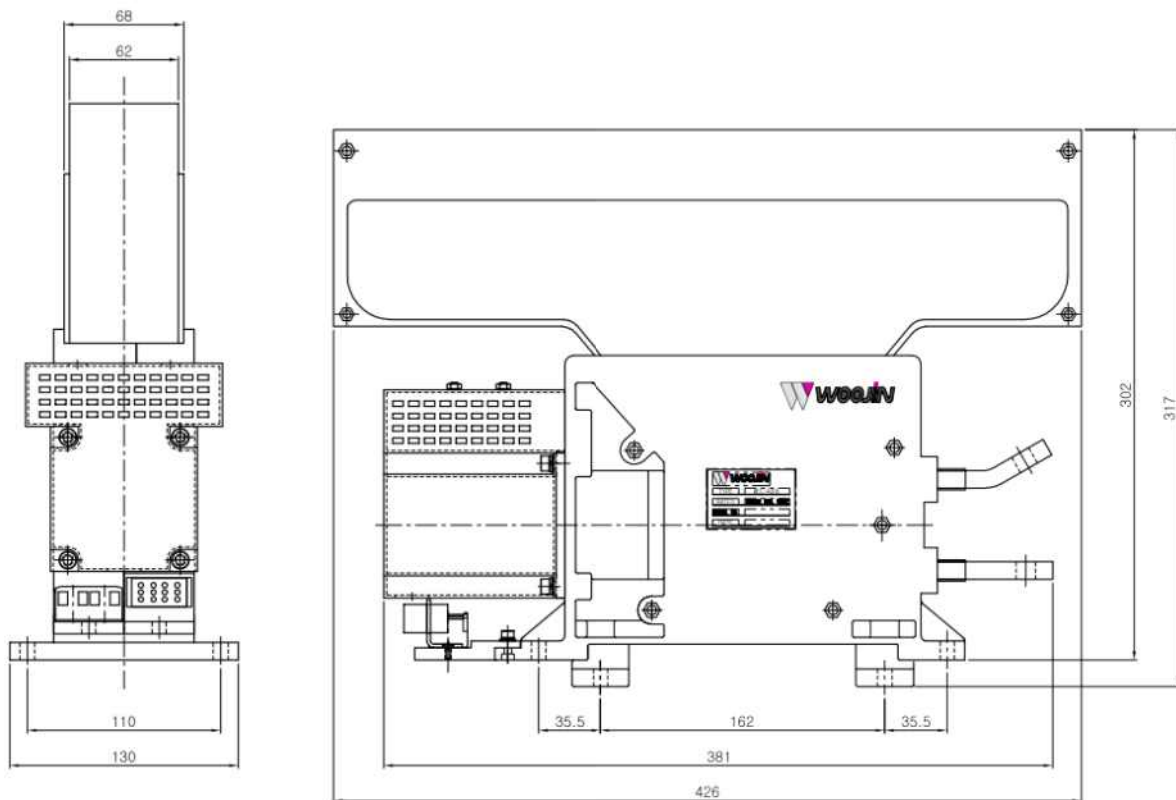
| NO | 구 분         |      | 사 양       | 비 고           |
|----|-------------|------|-----------|---------------|
| 1  | 공칭전압[V]     |      | 3,000[V]  |               |
| 2  | 정격동작전압[V]   |      | 3,600[V]  |               |
| 3  | 정격절연전압      |      | 4,000[V]  |               |
| 4  | 일반자유대기 열적전류 |      | 600[A]    |               |
| 5  | 정격동작전류      |      | 400[A]    |               |
| 6  | 과전압 구분      |      | OV3       |               |
| 7  | 정격 충격파 내전압  |      | 25[kV]    |               |
| 8  | 개폐과전압       |      | 12[kV] 이하 |               |
| 9  | 정격 단시간 내전류  |      | 2[kA]     |               |
| 10 | 임계전류        |      | 5[A] 이상   |               |
| 11 | 주접점 재질      |      | $AgSnO_2$ |               |
| 12 | 보조접점        |      | 4NO 4NC   |               |
| 13 | 전자코일        | 소비전력 | 60[w]     |               |
|    |             | 코일전압 | 100[V]    | 72V용 추가 개발 예정 |
|    |             | 투입전압 | 0.6 x Us  | Us : 코일전압     |
|    |             | 개방전압 | 0.05 x Us |               |

2) 사용조건

| NO | 구 분          | 사 양                           | 비 고 |
|----|--------------|-------------------------------|-----|
| 1  | 사용환경(동작 온도)  | - 40°C ~ + 70°C               |     |
| 2  | 부품구성 특성      | A2                            |     |
| 3  | 동작전압         | C2                            |     |
| 4  | 오염도 / 과전압 등급 | PD3 / OV3                     |     |
| 5  | 진동 및 충격      | IEC 61373 Category 1, Class B |     |
| 6  | 취부상태         | Horizontal                    |     |
| 7  | 기계적 내구성      | 2,000,000[회]                  |     |

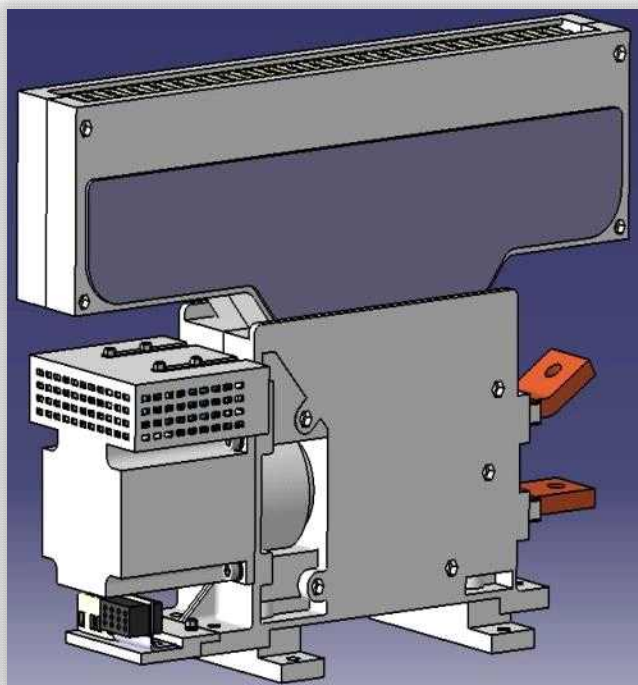
## 나. 전자접촉기의 특징

### 1) 전자접촉기 외형 및 사양



[그림 3-28] 전자접촉기 개발품 외형도

### 2) 전자접촉기 사양

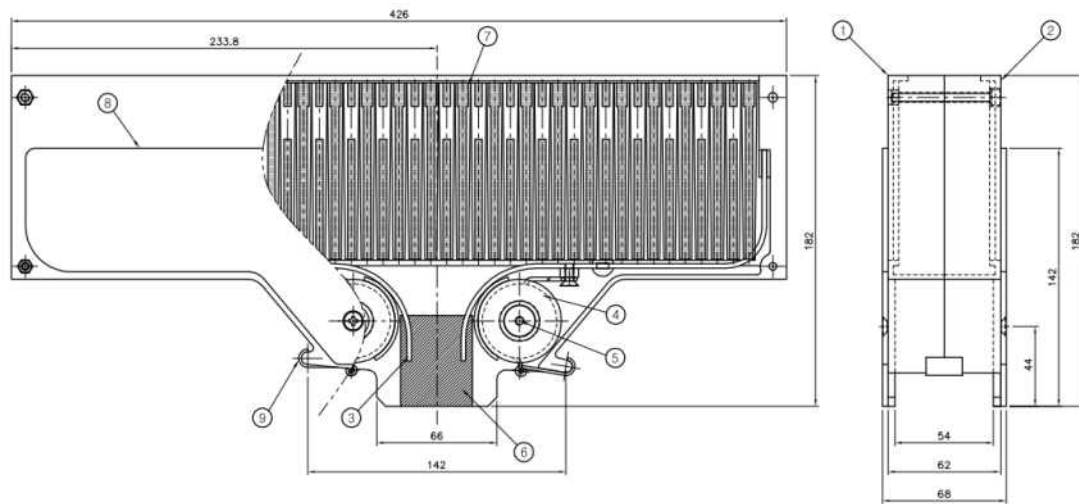


#### ■ 모델명 :WEC 4006

#### ■ 전자접촉기 특징

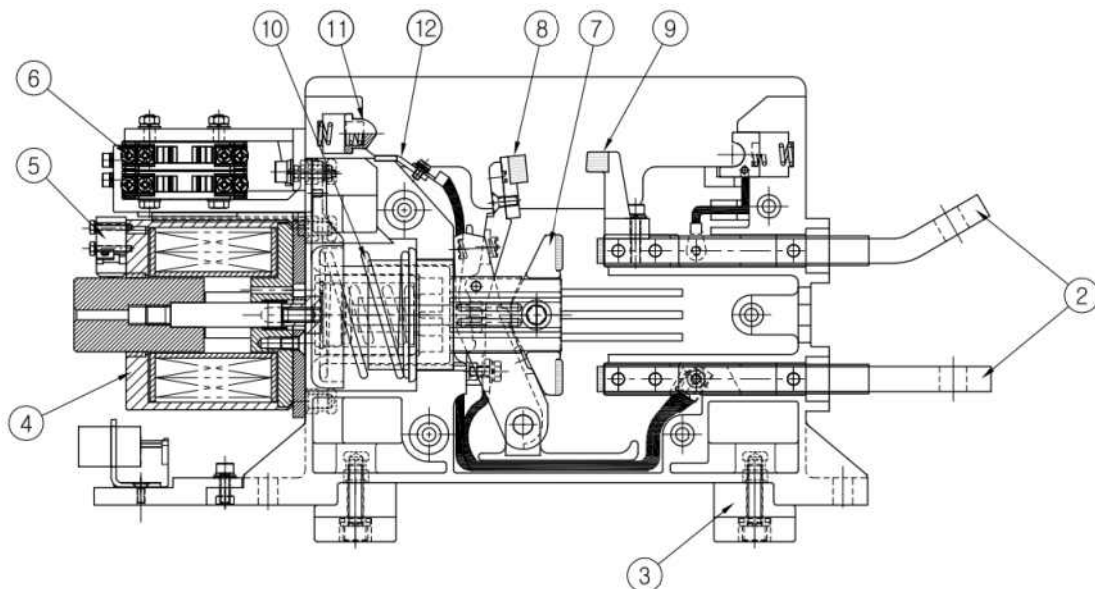
- 1)가동부와 아크슈트의 안정적인 체결에 따른 진동/충격 우수
- 1)동재질에 접촉저항 및 온도특성 향상을 위한 은도금적용
- 2)주접점 TIP  $AgSnO_2$  적용(규제 회피)
- 3)가동 접점 동작은 좌.우 동작(TWIN 형)
- 4)절환코일 적용에 따른 저전류 유지  
(투입전류 :9.1A, 유지전류 : 0.45A)
- 5)신속한 동.석방 전압 구현
- 6)아크접점을 적용, 주접점 사용주기 향상
- 7)주회로 정격전류용량의 다양화  
(600A, 800A, 1000A, 1,200A)
- 8)아크 소호력 향상을 위한 세라믹 그리드 적용
- 9)아크슈트 내 2개의 블로우아웃 코일 적용하여 아크 소호력 향상

### 3) 아크슈트 구조



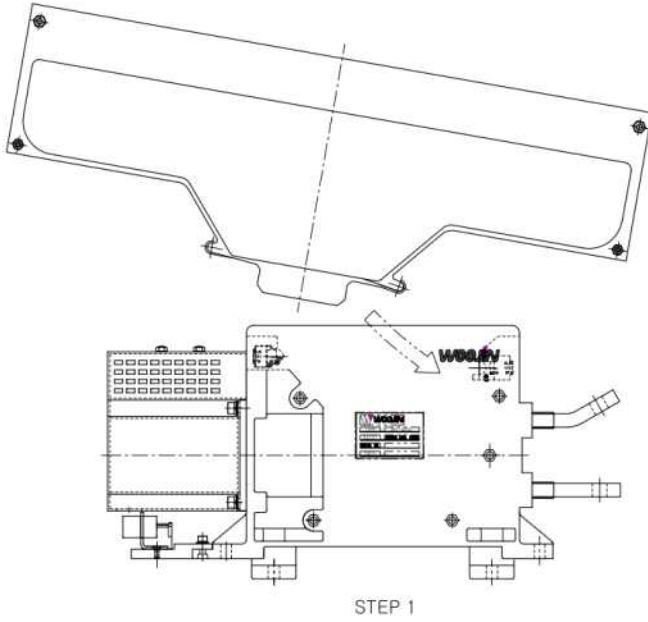
| NO | 품 명               | NO | 품 명           |
|----|-------------------|----|---------------|
| 1  | ARC CHUTE BODY(L) | 5  | CORE          |
| 2  | ARC CHUTE BODY(R) | 6  | ARC PROTECTOR |
| 3  | ARC HORN          | 7  | ARC GRID      |
| 4  | BLOW OUT COIL     | 8  | POLE PIECE    |

### 4) 가동부 구조



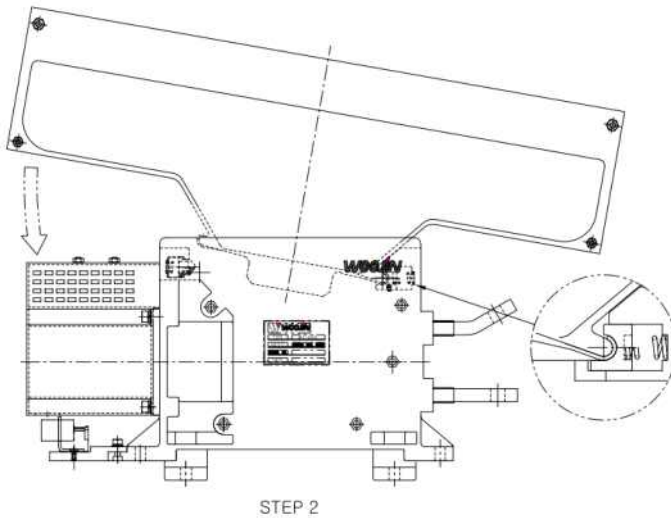
| NO | 품 명                  | NO | 품 명                  |
|----|----------------------|----|----------------------|
| 1  | BODY(L, R)           | 7  | MOVING CONTACTOR     |
| 2  | FIXED MAIN CONTACTOR | 8  | MOVING ARC CONTACTOR |
| 3  | BODY SUPPORT         | 9  | FIXED ARC CONTACTOR  |
| 4  | COIL PART            | 10 | MAIN SPRING          |
| 5  | CHANGE SWITCH        | 11 | CONNECTION           |
| 6  | AUX. SWITCH          | 12 | WIRE                 |

## 5) 전자접촉기 체결구조



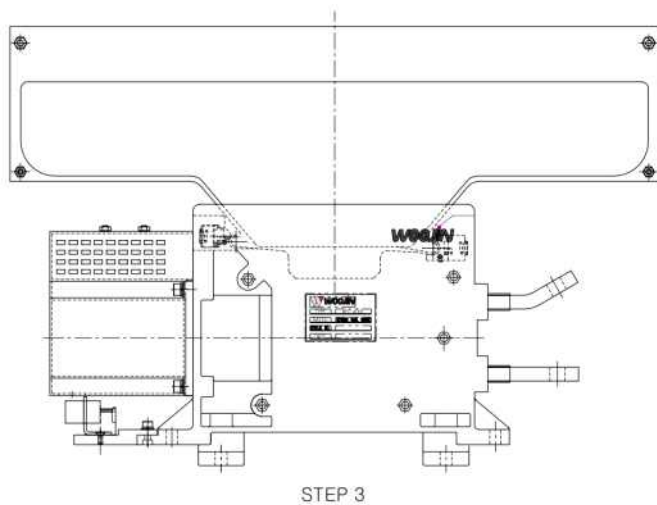
### STEP 1

가동부 본체에 아크슈트를 체결 전  
약 10도 기울인 상태로 유지한다.



### STEP 2

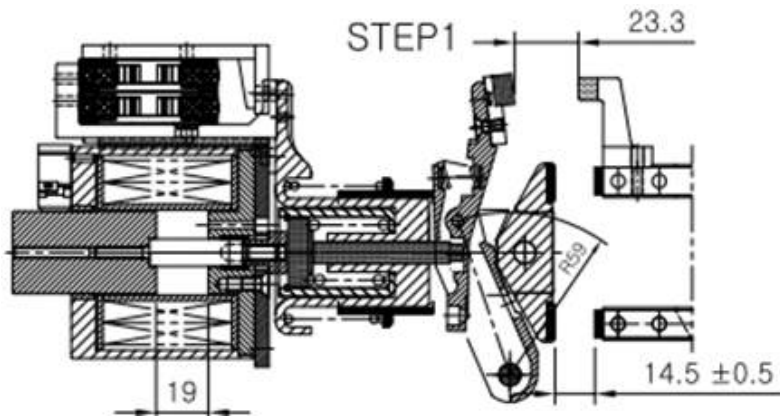
아크슈트를 약 10도 기울인 상태로  
가동부 본체의 CONNECTION에 삽입  
한다.



### STEP 3

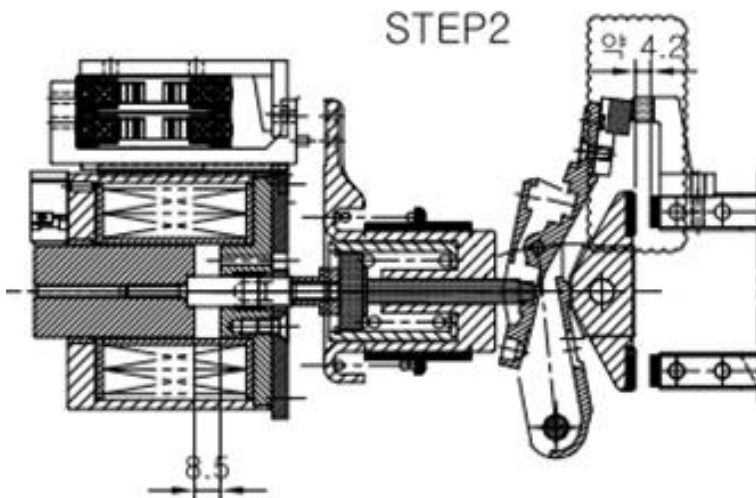
아크슈트 삽입부 반대편을 가동부  
본체 방향으로 내린다.(체결 완료)

## 6) 전자접촉기 접점 동작구조



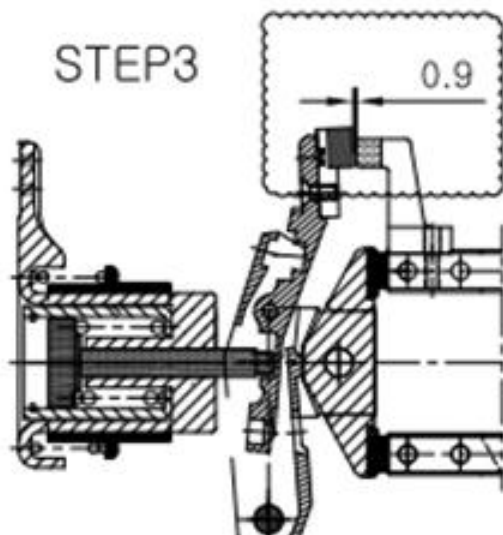
### STEP 1

- 1) 전자코일에 전원 인가 전 상태 (NORMAL 상태)
- 2) 주접점 14.5, 아크접점 23.3  
가동코어 19 간격유지



### STEP 2

- 1) 전자코일에 전원 인가 시 코일의 가동코어가 접점의 가동부를 이동시키며, 아크 접점이 먼저 접촉한다.
- 2) 아크접점 접촉 후 주접점이 접촉하며, 가동부와 연동되어있는 스위치 캠이 이동하여 4개의 보조스위치를 동작시킨다.

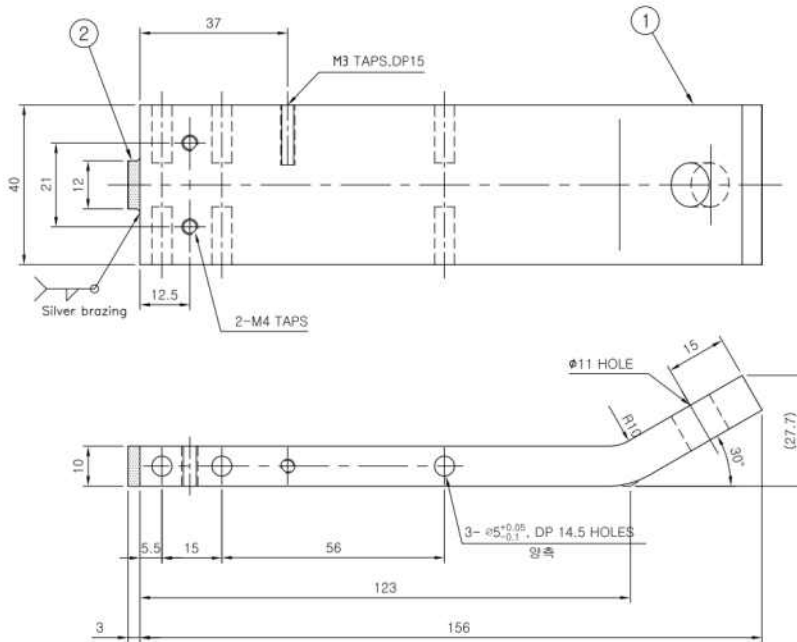


### STEP 3

- 1) 주접점 접촉 후 내부의 가동핀이 아크접점 레버를 눌러 약 0.9mm의 아크접점 간격이 생성된다.
- 2) 아크접점 간격으로 인해 주접점은 통전상태가 되며, 아크접점은 개방상태가 된다.
- 3) 해방은 동작의 역순이다.

## 7) 주접점 구조

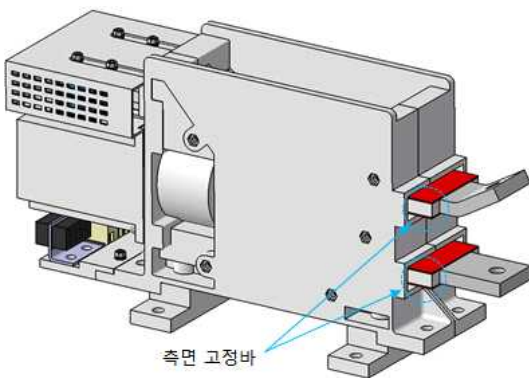
### 가) 주접점 상세



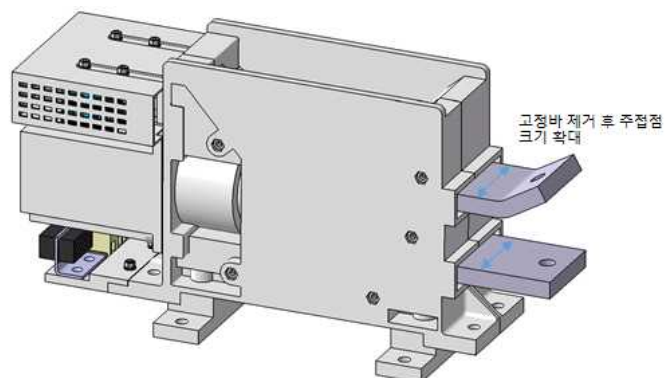
| NO | 품 명      |
|----|----------|
| 1  | TERMINAL |
| 2  | TIP      |

### 나) 주접점의 확장성

- ① 고객 요청사항에 대응하기 위해 전류 통전용량의 확장가능 구조로 설계
- ② 600[A], 800[A], 1,000[A], 1,200[A]의 주접점 용량 확장 가능(표준 600[A])

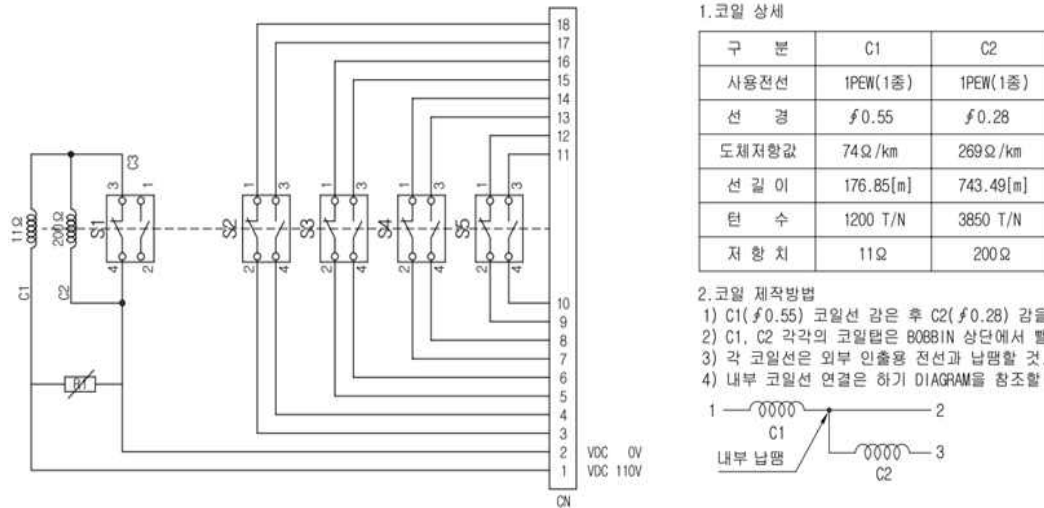


600[A]용 주접점(표준품)



1200[A]용 주접점

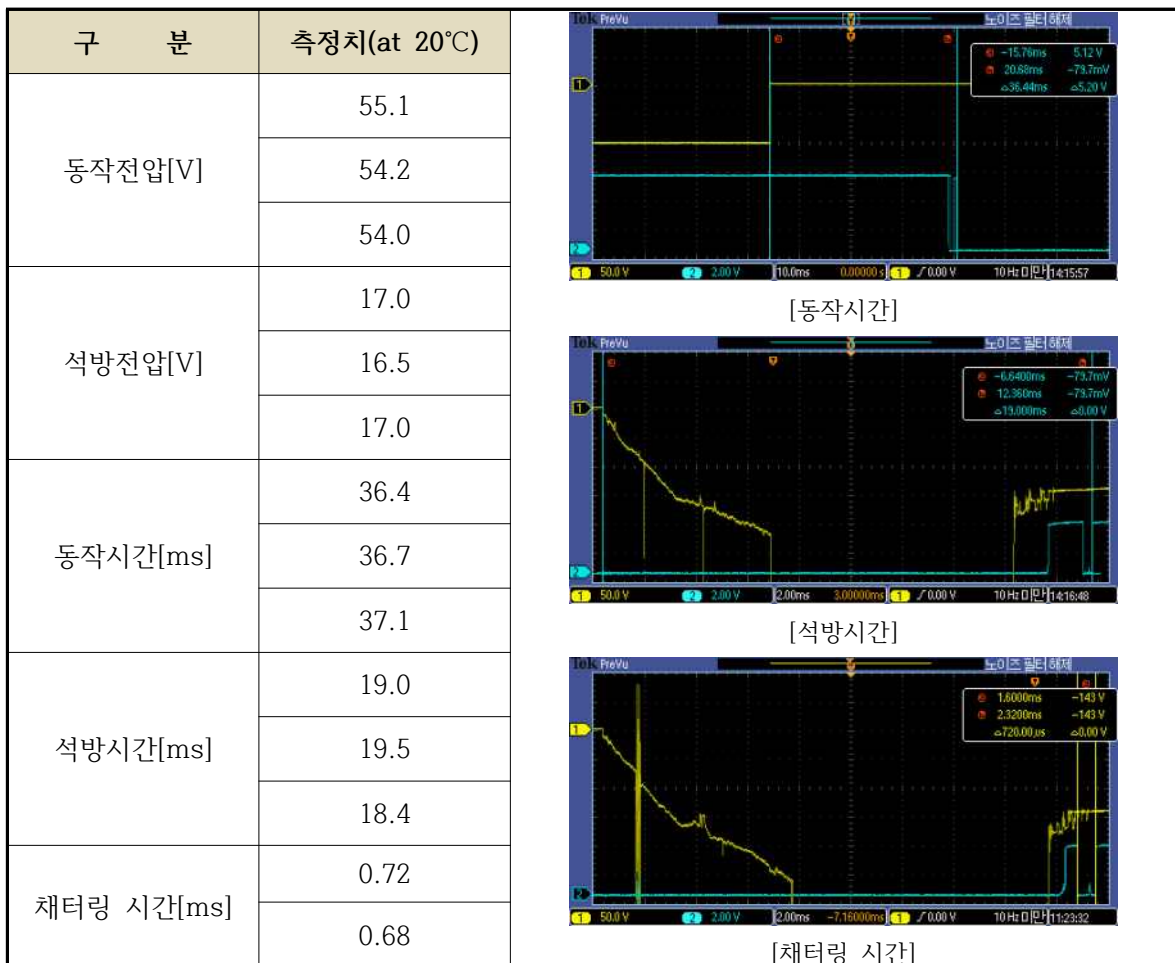
## 7) 전자접촉기 내부 회로도



- 전자코일에 전원 인가 시 초기 C1(11Ω) 코일의 힘으로 가동부 동작(초기전류 9.1A)
- 전자코일의 동작과 동시에 S1 스위치가 절환되면서 C1 → C2 방향으로 전원이 인가되어 유지전류 감소(전류치 0.45A)
- 초기 큰 투입전류로 인한 동작시간 및 석방시간 단축됨

## 8) 전자접촉기 동작성능

오실로스코프를 이용하여 개발품의 동.석방 전압 및 동.석방 시간을 측정하였다.



### 3.5 성능 검증(주관기관, 공동연구기관)

#### 3.5.1 전자접촉기의 자체 성능검증

가. 일반 성능검증

| 항 목       | 기준값                            | Serial NO. |       |       |       |
|-----------|--------------------------------|------------|-------|-------|-------|
|           |                                | 15001      | 15002 | 15003 | 15004 |
| 조작시험      | 3회 동작                          | 양호         | 양호    | 양호    | 양호    |
| 사용전압 확인시험 | 70% ~ 125%                     | 양호         | 양호    | 양호    | 양호    |
| 동작전압      | 60[V] 이하                       | 53.1       | 46.1  | 47.7  | 43.8  |
| 석방전압      | 5[V] 이상                        | 17.5       | 16.9  | 16.6  | 15.5  |
| 동작시간      | 75[ms] 이하                      | 39         | 40    | 39    | 38    |
| 석방시간      | 30[ms] 이하                      | 14         | 14    | 14    | 15    |
| 접점간격 측정   | 주접점 : $14.5 \pm 1\text{mm}$    | 14.2       | 14.3  | 15.3  | 14.7  |
|           | 아크접점 : $25.5 \pm 0.5\text{mm}$ | 25.7       | 25.1  | 25.5  | 25.2  |
| 절연저항 시험   | 주회로 ↔ 접지                       | 2000       | 2000  | 2000  | 2000  |
|           | 주회로 간                          | 2000       | 2000  | 2000  | 2000  |
|           | 주회로 ↔ 제어회로                     | 2000       | 2000  | 2000  | 2000  |
|           | 제어회로 ↔ 접지                      | 1000       | 1000  | 1000  | 1000  |
| 내전압 시험    | 주회로 ↔ 접지                       | 견딜         | 견딜    | 견딜    | 견딜    |
|           | 주회로 간                          | 견딜         | 견딜    | 견딜    | 견딜    |
|           | 주회로 ↔ 제어회로                     | 견딜         | 견딜    | 견딜    | 견딜    |
|           | 제어회로 ↔ 접지                      | 견딜         | 견딜    | 견딜    | 견딜    |
| 코일저항 측정   | C1 : $11\Omega \pm 5\%$        | 11         | 10.9  | 10.9  | 10.9  |
|           | C2 : $200\Omega \pm 5\%$       | 207.3      | 206.8 | 205.9 | 206.1 |
| 접촉압력 측정   | $373\text{N} \pm 5\%$          | 364        | 366   | 371   | 370   |

## 나. 전기적 성능검증(차단 성능시험)

### 1) 시험목적

- 가) 시제품 제작에 따른 동작성능 확인
- 나) 부하차단 시 접점부의 아크 발생방향 확인
- 다) 이론적 원리에 대한 아크 소호원리 검증

### 2) 시험방법

- 가) 시험품 전자접촉기 보호 및 차단실패 시 설비 보호를 위해 전단에 회로 보호용 개폐기 설치
- 나) 부하설비는 차단시험용 부하저항기 사용
- 다) Hi Corder를 통한 차단속도 측정 및 부하전류 측정용 Hook식 전류계 설치
- 라) 전자접촉기의 정격전압인 DC 3,000[V] 대신 공동연구기관의 최대 시험설비 용량인 DC 1,800[V]를 인가하고 부하전류는 250[A]로 실시

### 3) 차단시험 조건

- 가) DC 1,800[V], 250[A], 제어전압 DC 100[V]
- 나) CO차단(CLOSE-OPEN) 5회, 동작시간 3sec로 실시
- 다) 부하 투입과 전류차단 간격은 2분 설정



[그림 3-29] 전자접촉기 차단성능 시험

### 4) 차단시험 결과

- 가) 정상적인 아크 차단성능을 확인하였으며, 39~ 46[ms] 이내로 차단됨
- 나) 아크슈트의 세라믹 아크 그리드 확인 결과, 아크흔적은 없었음
- 다) 접점 개로 시 아크 발생지점인 고정 접점부분으로 아크 손상이 심함

| 시험조건                  | 시험횟수 | Serial NO. |           |           |           |
|-----------------------|------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                       |      | 15001      | 15002     | 15003     | 15004     |
| DC 1,800[V]<br>250[A] | 1회   | 39.8[ms]   | 40.4[ms]  | 45.8[ms]  | 44.4[ms]  |
|                       | 2회   | 41.4[ms]   | 42.6[ms]  | 44.0[ms]  | 44.6[ms]  |
|                       | 3회   | 41.8[ms]   | 52.4[ms]  | 43.6[ms]  | 44.4[ms]  |
|                       | 4회   | 39.4[ms]   | 40.6[ms]  | 48.0[ms]  | 42.2[ms]  |
|                       | 5회   | 39.6[ms]   | 42.0[ms]  | 45.5[ms]  | 40.8[ms]  |
|                       | 평균치  | 40.40[ms]  | 43.60[ms] | 45.38[ms] | 43.28[ms] |

### 3.5.2 전자접촉기의 공인기관 성능검증

가. 성과목표 대비 추진상황

| 성과목표     | 성과지표 |                         | 최종 목표치                                                            | 목표치 달성여부                                                | 공인 성적서                                              |
|----------|------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 기능       | 1-1  | 사용전압                    | 0.7 ~ 1.25Un<br>(Un:사용전압)                                         | Un : DC 100[V]<br>0.7 ~ 1.25Un(양호)                      | 인증기관 KTC<br>발급번호T2016-00918                         |
|          | 1-2  | 동작/석방전압                 | 동작 : 0.7Un ↓<br>석방 : 0.05Un ↑                                     | 양 호                                                     |                                                     |
|          | 1-3  | 절연저항                    | 고압 : 100[MΩ]<br>저압 : 10[MΩ]                                       | 고압 : 2,000[MΩ] 이상<br>저압 : 1,000[MΩ] 이상(양호)              |                                                     |
|          | 1-4  | 내전압                     | 고압 : AC 5,400[V]<br>저압 : AC 1,200[V]                              | 고압 : AC 7,900[V]<br>저압 : AC 1,500[V]<br>1분간 견딤(양호)      |                                                     |
|          | 1-5  | 접촉력 측정                  | 기준치 ± 5[%]                                                        | 접촉간격 및 압력(양호)                                           |                                                     |
|          | 1-6  | 동작/석방시간                 | 동작 : 150[ms] ↓<br>석방 : 80[ms] ↓                                   | 동작 : 42[ms]<br>석방 : 19[ms](양호)                          |                                                     |
| 성능<br>특성 | 2-1  | 온도상승시험                  | 전자코일 = 135[°C]<br>주접촉자 = 100[°C]<br>SHUNT = 90[°C]<br>단자 = 70[°C] | 온도상승치 이하임(양호)                                           | 인증기관 KTC<br>발급번호T2016-00918                         |
|          | 2-2  | 환경시험                    | -40[°C] ~ 70[°C]                                                  | -40[°C]~70[°C]에서 정상 동작됨                                 | 인증기관 DT&C<br>발급번호<br>DRCKREL 1512-0248              |
|          | 2-3  | 진동/충격시험                 | 이상 없을 것                                                           | 이상 없음                                                   | 인증기관 DT&C<br>발급번호<br>DRCKREL 1512-0247              |
|          | 2-4  | 기계적 내구시험                | 200만회                                                             | 200만회 시험완료                                              | 인증기관 ONETECH<br>발급번호 R166R-D023                     |
| 차단<br>특성 | 3-1  | 소전류차단                   | 5[A] 이상                                                           | DC 3,600[V]τ=0[ms]<br>에서 0.51[A]<br>차단(달성)              | 인증기관 IPH(독일)<br>발급번호 04389-16-0494<br>05936-17-0302 |
|          | 3-2  | 과전압차단                   | ≤7,000[V]                                                         | DC 3,600[V], τ=15[ms]에서 최대<br>아크전압이 5,247[V]으로 만족       |                                                     |
|          | 3-3  | 최대차단용량                  | 2,000[A], τ=15[ms]                                                | DC 3,600[V], τ=15[ms]<br>에서 2[KA] 전류를 차단성공              |                                                     |
|          | 3-4  | 동작성능시험<br>(전기적<br>내구시험) | 400[A], τ=15[ms]                                                  | DC 3,600[V]τ=0[ms]<br>에서 400[A], 400회 차단성공              |                                                     |
|          | 3-5  | 단시간<br>내전류 시험           | 2,000[A], T<100[ms]                                               | DC 3,600[V]τ=15[ms] 에서<br>2[KA] 전류를 115[ms]<br>통전가능(달성) |                                                     |
|          | 3-6  | 단락회로<br>투입용량            | 2,000[A], τ=15[ms]                                                | DC 3,600[V], τ=0[ms]와<br>τ=15[ms]에서 2[KA] 투입(달성)        |                                                     |

---

#### 나. 기능시험

- 1) 외관 및 치수검사, 동작/석방전압, 동작/석방시간, 접점간격, 절연 저항, 상용주파 내전압 시험, 코일저항 측정, 접촉압력측정 : 양호
- 2) 한국기계전기전자연구원(KTC) / 성적서 번호 : T2016-00918(2016.02.24) 참조

#### 다. 성능특성시험

- 1) 온도상승시험 : 양호  
한국기계전기전자연구원(KTC) / 성적서 번호 : T2016-00918(2016.02.24) 참조
- 2) 환경시험 : 양호  
DT&C Co.,Ltd / 성적서 번호 : DRCKREL1512-0248(2015.12.29) 참조
- 3) 진동 / 충격시험 : 양호  
DT&C Co.,Ltd / 성적서 번호 : DRCKREL1512-0247(2015.12.29) 참조
- 4) 기계적 내구시험 : 양호  
ONETECH / 성적서 번호 : R166R-D023(2016.06.20.) 참조

#### 라. 차단특성시험

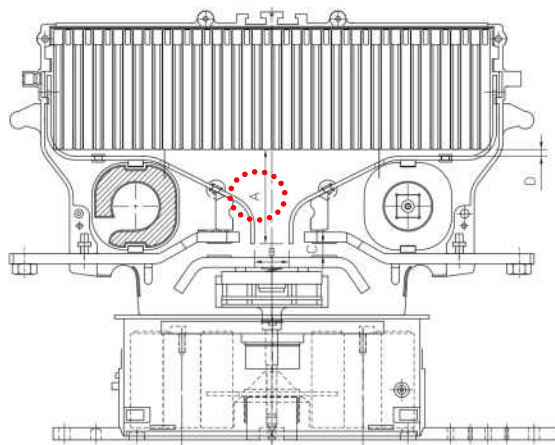
- 1) 국내 공인기관 시험(참고시험)  
국내 공인기관 시험의 경우 DC 3,000[V]급 차단설비 미구축에 따른 참고시험으로만 진행함  
가) 일시 : 2015. 12. 17 ~ 12. 18  
나) 장소 : 한국전기연구원 안산분원(KERI)  
다) 시험 항목 : 동작성능시험(성적서 번호 2015TS03273)  
라) 시험결과 : 차단성공  
마) 시험 기준 : DC 700[V],  $\tau = 3.86[\text{ms}]$ , 400[A]에서 500회 실시, 정상차단
- 2) 해외 공인기관(1차) 차단시험  
가) 일시 : 2016. 01. 28 ~ 02. 06  
나) 장소 : CESI(IPH사) / 독일 베를린  
다) 시험 항목 : 동작성능시험, 임계전류시험, 정격 단시간 내전류 시험, 단락 투입용량 시험, 차단용량시험성적서(성적서 번호 : 03419-16-0083)  
라) DC 3600[V]에서 차단성능 부족으로 DC 1,800[V]에서 차단시험을 진행함

- ① 동작성능시험 : DC 1,800[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 400[A]에서 400회 실시, 정상차단
- ② 임계전류시험 : DC 1,800[V],  $\tau = 0[\text{ms}]$ , 30[ms], 600 ~ 4.95[A]까지 차단
- ③ 정격 단시간 내전류시험 : DC 1,800[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 2[KA], 106[ms] 견딤
- ④ 단락 투입용량시험 : DC 1,800[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 0[ms]에서 2[KA] 정상 투입

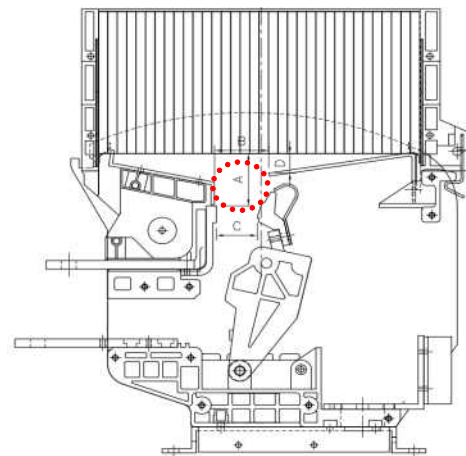
### 3) 차단성능 향상 및 보완사항(1차)

#### 가) 원인 분석

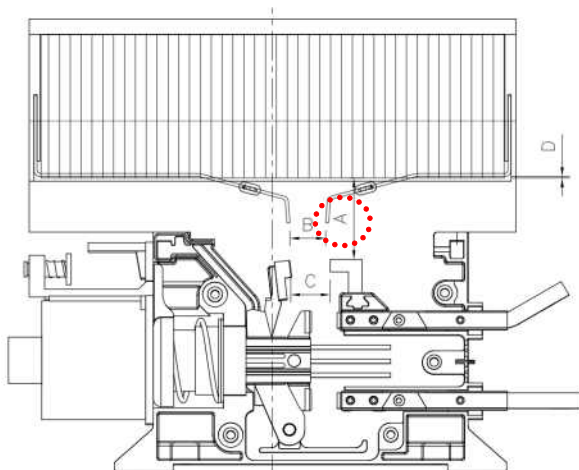
- ① 아크 발생지점으로부터 아크가 소호되는 아크 그리드까지의 거리가 멀어 신속하게 아크를 전이하지 못함으로써 차단능력이 저하됨
- ② Schaltbau(75.5mm), MS(49.5mm), Telema(52.7mm), WOJIN(134.9mm)



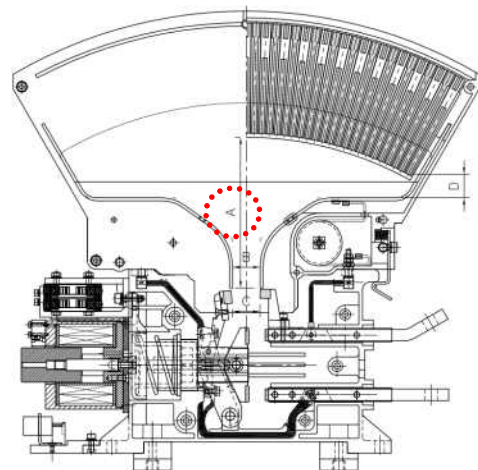
Schaltbau Contactor



MS Contactor



Telema Contactor

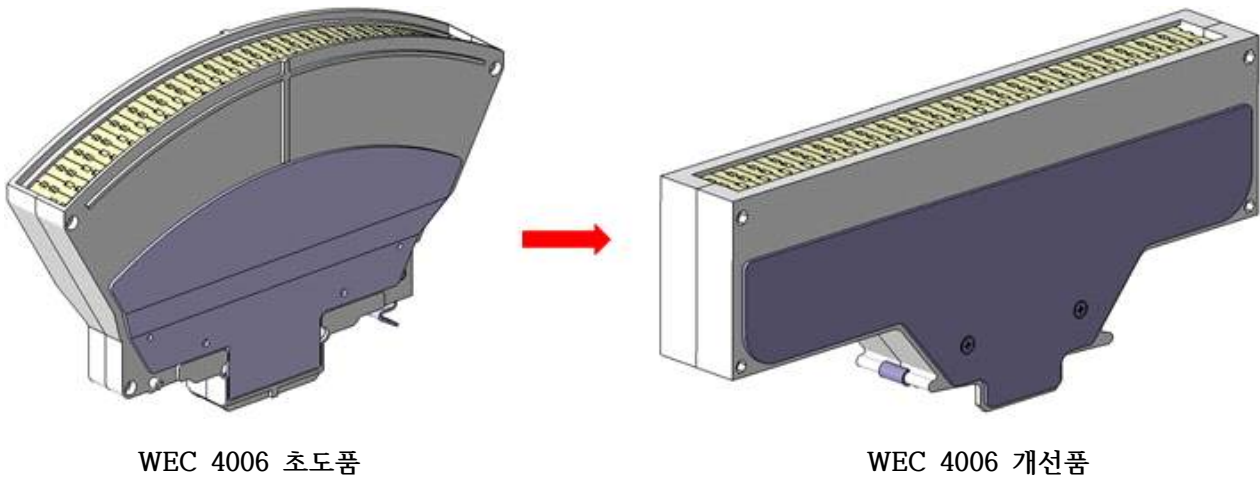


WOJIN Contactor

[그림 3-30] 제조사별 아크슈트 공간거리

나) 설계 개선방안

- ① 아크슈트 그리드의 배열구조를 선형에서 수평식으로 변경하여 아크 시작부(고정접점)와 아크 그리드간의 공간거리를 줄여 원활한 아크전이 구조로 변경
- ② 아크 그리드의 배열은 아크 시작점(고정접점) 기준으로 고정부측 17EA, 가동부측 27EA로 비대칭 배열 설계
- ③ BOC 내부에 영구자석을 설치하여 아크의 확산속도 증가(별도 검증)



[그림 3-31] 전자접촉기 아크슈트 개선

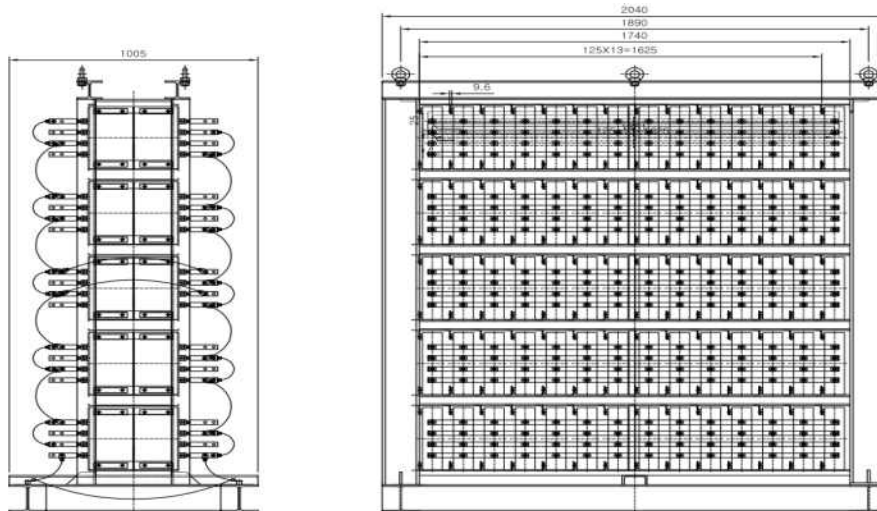
- ④ 차단성능 검증용 DC 4,000[V]급 차단설비 구축(콘덴서 뱅크)  
철도차량용 콘덴서 560EA를 이용한 DC 4,000[V]급 차단설비 자체 구축을 통한 개선품 전자접촉기 차단 성능검증

㉠ 콘덴서 뱅크 상세(총 112,000[μF])

- 콘덴서 용량 :  $200[\mu F] \times 140\text{개} = 28,000[\mu F]$ (1SET 기준)
- 제작수량 : 4SET
- 제작기간 : 약 2개월
- 제작비용

(단위 : 원)

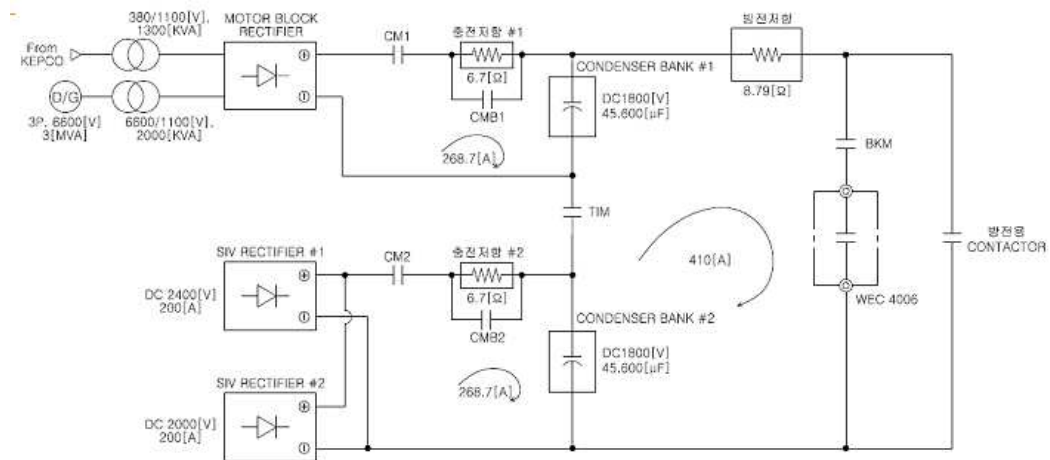
| 구 분             | 단 가       | 수 량 | 금 액         |
|-----------------|-----------|-----|-------------|
| 콘덴서             | 250,000   | 560 | 140,000,000 |
| FRAME           | 1,500,000 | 4   | 6,000,000   |
| 부스바             | 36,000    | 160 | 5,760,000   |
| 시험용 접촉기<br>RACK | 4,000,000 | 1   | 4,000,000   |
| 합 계             |           |     | 155,760,000 |



[그림 3-32] DC 4000[V]용 콘덴서 차단설비 FRAME 도면



[그림 3-33] DC 4000[V]용 콘덴서 차단설비 구축



[그림 3-34] DC 4000[V]용 콘덴서 차단설비 계통도

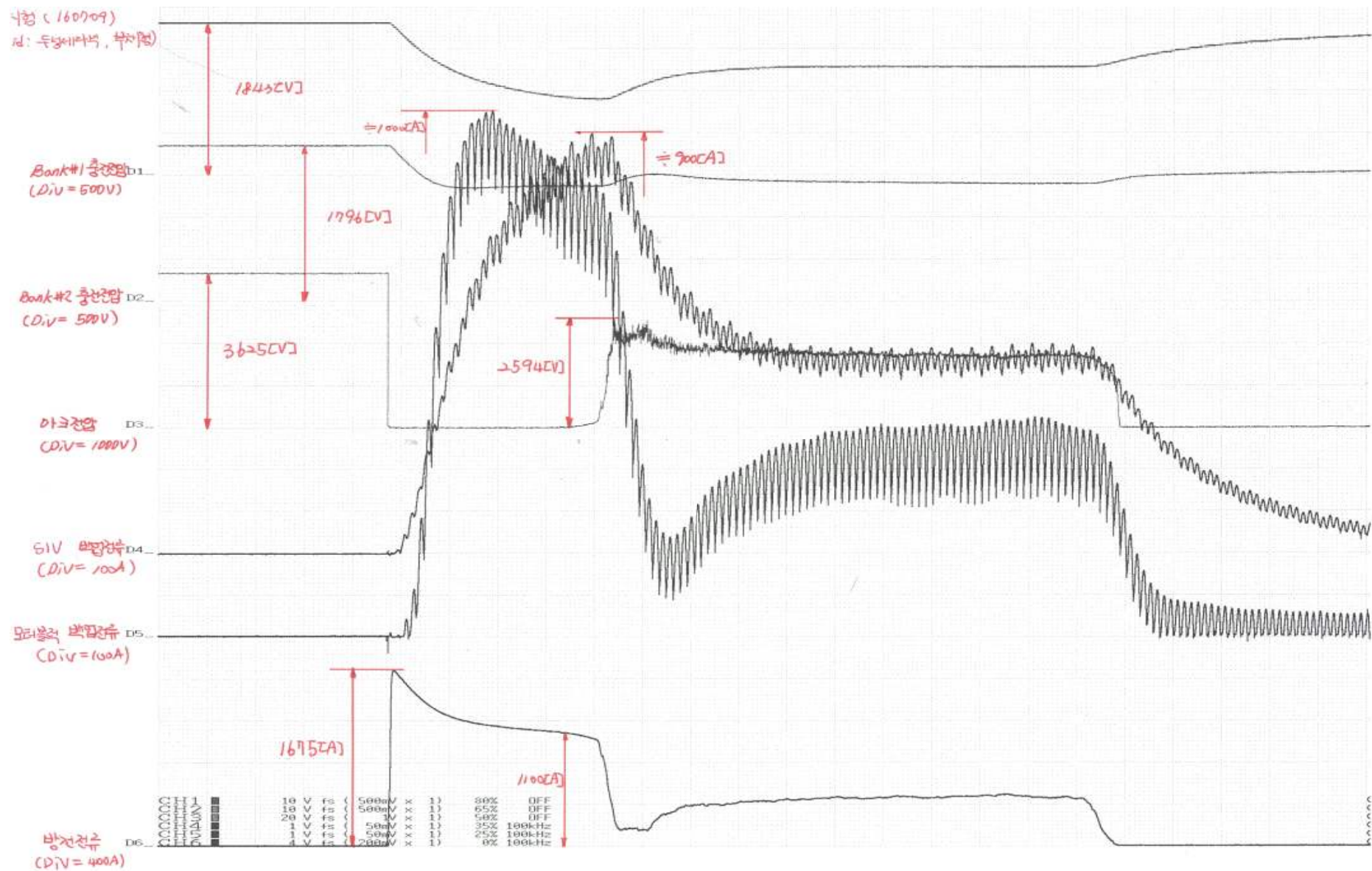
다) 개선품 차단성능 확인(주관기관, 공동연구기관)

- ① 콘덴서 뱅크 및 정류기 2대(KTX Motor Block TEST ROOM, SIV TEST ROOM)를 직렬 연결하여 DC 3,600[V]로 차단시험 실시
- ② 시험시료 : 초도품, 개선품 총 2SET
- ③ 부하저항(방전저항) : 2.2[Ω](4.5[mH] 리액터 포함)
- ④ 시퀀스 시간
  - ㉞ 부하 통전시간 : 70 ~ 80[ms]
  - ㉞ 백업 전자접촉기 동작시간 : 시험품 차단 후 200[ms]
- ⑤ 시퀀스(동작) 순서
  - ㉞ 콘덴서 충전 : CM2 ON(BANK#2 충전) → CMB2 ON(충전저항#2 OFF) → CM1(BANK#1 충전) → CMB2 ON(충전저항#1 OFF)
  - ㉞ 차단시험 : TIM ON(BANK#1, 2 직렬연결) → BKM ON → WEC 4006 ON → WEC 4006 OFF → BKM OFF

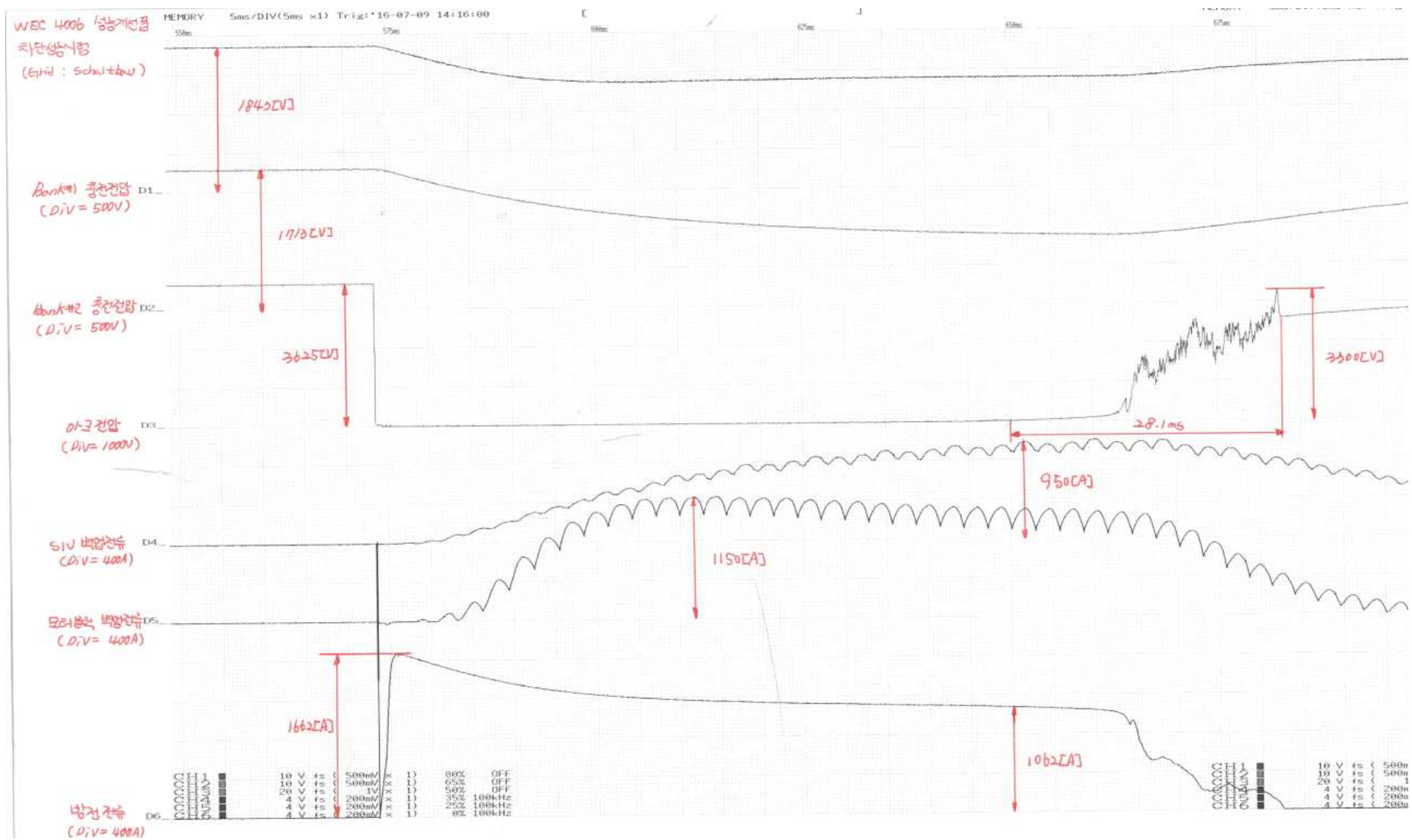
⑥ 시험결과

전류 차단 시 회로전압에 가까운 아크전압이 발생될 경우 안정적으로 전류를 차단이 가능하며, 초도품의 경우 낮은 아크전압에 따른 차단실패로 추측됨

| 구 분          | WEC 4006 초도품 | WEC 4006 개선품   |
|--------------|--------------|----------------|
| 뱅크#1 충전전압[V] | 1,843[V]     | 1,843[V]       |
| 뱅크#2 충전전압[A] | 1,796[V]     | 1,782[V]       |
| 시험 회로전압[V]   | 3,639[V]     | 3,625[V]       |
| 차단 시 회로전압[V] | 3,625[V]     | 3,625[V]       |
| 아크전압[V]      | 2,594[V]     | 3,300[V]       |
| 차단전류[A]      | 1,100[A]     | 1,062[A]       |
| 차단시간[ms]     | 차단실패         | 28.1[ms](차단성공) |
| 모터블럭 백업전류[A] | ÷ 1,000[A]   | 1,150[A]       |
| SIV 백업전류[A]  | ÷ 900[A]     | 950[A]         |



[그림 3-35] WEC 4006 전자접촉기 초도품 차단 그래프



[그림 3-36] WEC 4006 전자접촉기 개선품 차단 그래프

---

#### 4) 해외 공인기관(2차) 차단시험

가) 시험 일시 : 2016. 07. 31 ~ 08. 07

나) 장소 : CESI(IPH사) / 독일 베를린

다) 시험 항목 : 동작성능시험, 임계전류시험, 정격 단시간 내전류 시험, 단락 투입용량시험, 차단용량시험(성적서 번호 : 04389-16-0493)

#### 라) 시험결과

- ①동작성능시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 0[\text{ms}]$ , 400[A]에서 400회 실시, 정상차단
- ②임계전류시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 0[\text{ms}]$ , 604 ~ 0.51[A]까지 차단
- ③정격 단시간 내전류시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 2[Ka], 115[ms] 견딤
- ④단락 투입용량시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 0[ms]에서 2[Ka] 정상 투입
- ⑤차단용량시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ 에서 2[Ka] 차단용량 부족  
→ DC 1,800[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ 로 변경하여 2[Ka]로 실시, 정상 차단

#### 5) 차단성능 향상방안 (2차)

CESI(IPH사)에서의 1차 및 2차 차단시험결과 DC 1,500[V] 전자접촉기로서 차단용량은 적합한 것으로 확인되었으나, DC 3,600[V]용으로는 그 차단용량이 다소 미흡함을 확인함

#### 가) 개선방안

##### ① 전자접촉기 아크슈트의 아크그리드 재배치

현재 아크 그리드의 배열은 그리드 간 여유 없이 붙여놓은 상태로서, 아크를 소호(냉각)하기 위한 공간거리가 미흡하다 판단됨.

##### ② 아크그리드 수량 추가

안정적인 전류를 차단하기 위해선 투입전압보다 높은 아크전압이 발생되어야 하며, 현재보다 1.5~2배 이상의 아크전압이 필요함.

아크전압을 높이기 위해 아크그리드의 수량을 현재보다 두배 이상 추가 배치 필요함(더블 메탈형, 더블 세라믹형으로 재설계)

##### ③ 아크런너(아크흔)의 구조 변경

전류 차단 시 발생하는 아크가 아크런너를 통해 아크슈트 내부로 전이되어야 하지만 일부 아크가 아크런너와 블로우아웃코일 쪽으로 흘러들어가 차단에 악영향을 미쳐, 아크의 자연스러운 흐름성을 감안하여 최적의 아크런너의 구조 재설계

##### ④ 블로우 아웃코일(BOC) 재설계

전류 차단 시 발생하는 아크를 아크슈트로 신속히 이동시키기 위해 코일의 두께 및 턴수를 증가시켜 전자력의 힘을 상승시킴

나) 개선품 성능확인(2차)

① 개선품의 제작

㉓ 아크슈트의 아크그리드 재질 다변화(STEEL, CERAMIC)

㉔ 아크그리드의 수량 추가(47개 → 130개)

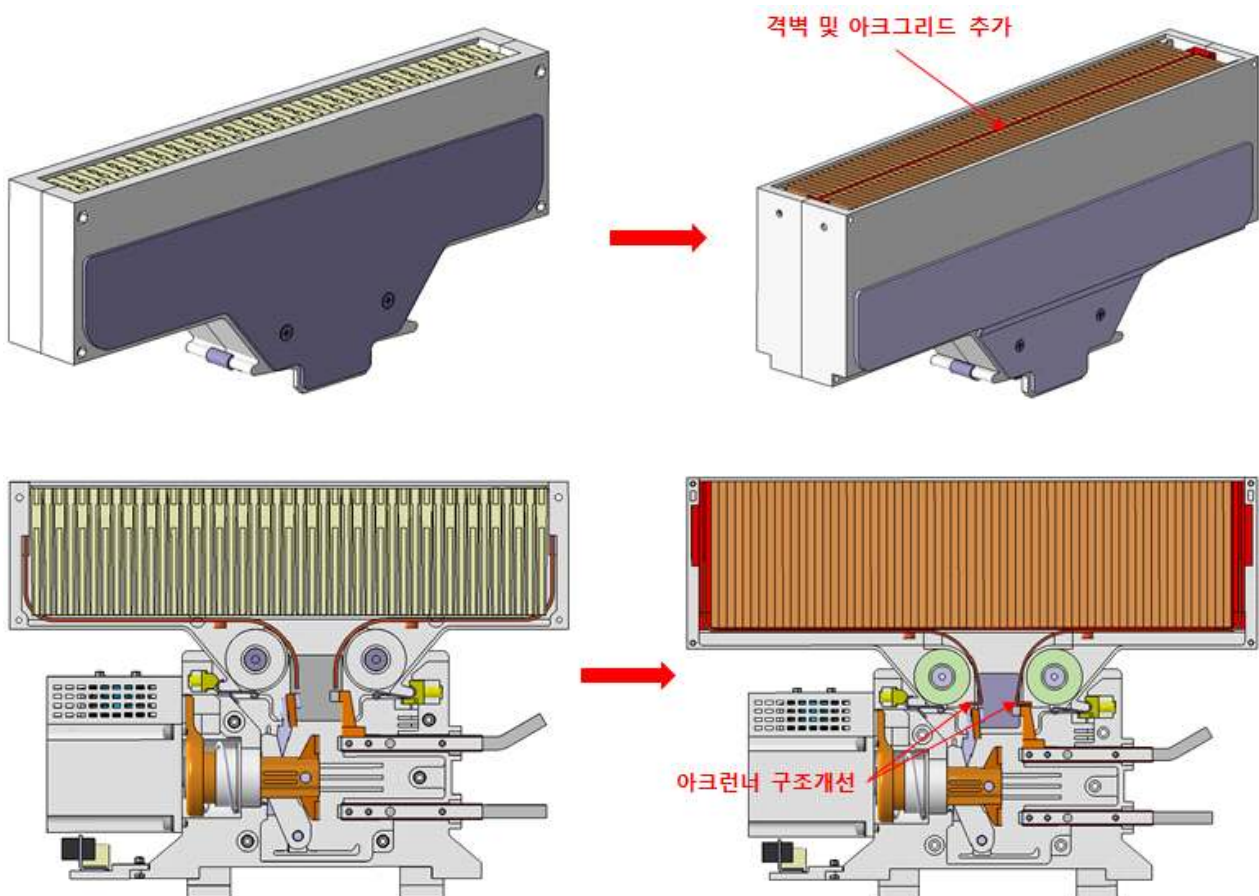
㉕ 아크런너 구조 개선(일자형 → L형)

㉖ 블로우 아웃 코일 선경 변경( $\phi 2 \rightarrow \phi 3$ )

㉗ 제작비용

단위 : 원

| 구 분       |     | 단 가       | 수 량  | 금 액        |
|-----------|-----|-----------|------|------------|
| BODY      |     | 620,000   | 32   | 19,840,000 |
| ARC GRID  | 재료비 | 2,500     | 1692 | 2,707,200  |
|           | 금형비 | 1,500,000 | 1    | 1,500,000  |
| 블로우 아웃 코일 |     | 40,000    | 29   | 1,160,000  |
| 접점류       |     | 52,250    | 48   | 2,508,000  |
| 아크런너      |     | 39,000    | 90   | 3,510,000  |
| 합 계       |     |           |      | 31,225,200 |



[그림 3-43] WEC 4006 아크슈트 2차 보완

② 개선품 차단성능 확인

공동연구기관에서 일반적인 부하차단시험 실시 후 한국전기연구원(KERI)에서 참고시험을 진행하였으며, 설비의 최대전압이 900[V]에 따라 투입전류를 2[KA] → 3[KA]로 상향 조정하여 시험을 진행함

㉓ 시험 일시 : 2017. 2. 10

㉔ 시험 장소 : 한국전기연구원 의왕분원(KERI)

㉕ 시험시료(총 3SET)

- #1 : 더블메탈형 아크슈트
- #2 : 더블세라믹형 아크슈트
- #3 : 더블세라믹 + 더블메탈 복층형 아크슈트

㉖ 시험 조건 : DC 900[V], 3[KA],  $\tau = 15[\text{ms}]$

㉗ 시험결과(성적서 번호 : 2017TS00513)

- 더블 메탈형(#1)

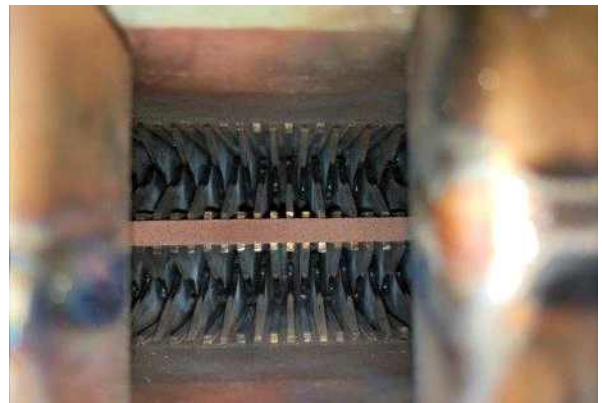
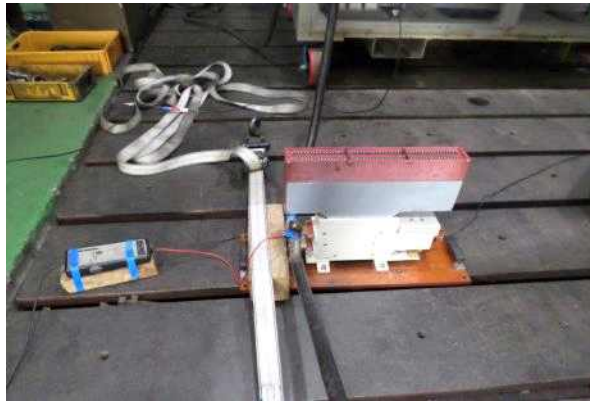
통전전류 3.36[KA] 통전 유지시간 : 약 100[ms] → 이후 점점 개방 : 차단 실패  
메탈의 경우 세라믹에 비해 아크 소호력이 낮음을 확인함

- 더블 세라믹형(#2), 더블 세라믹 메탈 적층형(#3)

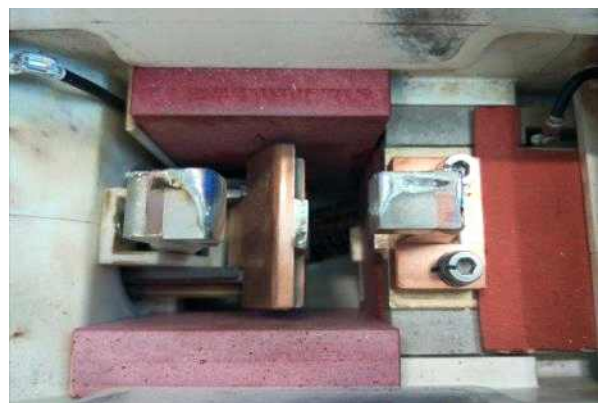
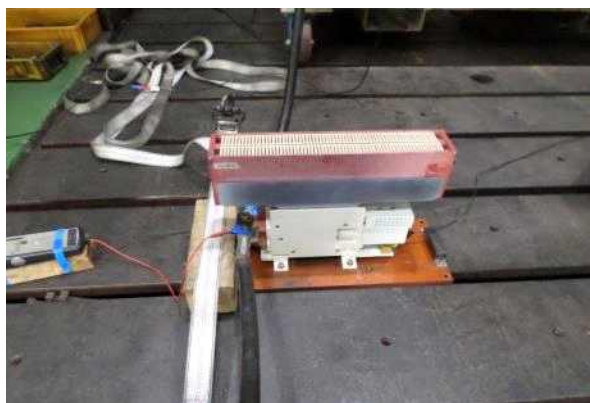
통전전류 3.12 ~ 3.19[KA] 확립 후 바로 차단실시 : 차단 성공

아크시간으로 비교 해 보면 더블 세라믹 메탈 적층형(#3)이 조금 성능이 우수함

| 구분                      | #1                              | #2                       | #3                       |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| CALIBRATION             | DC 892.8[V], 3.26[KA], 11.1[ms] |                          |                          |
| 회복전압[V]                 | 910.8                           | 890.1                    | 908.2                    |
| 투입전류[KA]                | 3.36                            | 3.12                     | 3.19                     |
| 최대아크전압[V]               | -                               | 1,740                    | 1,586                    |
| 통전시간[ms]                | 211.6                           | 55.6                     | 58.8                     |
| 아크시간[ms]                | -                               | 31.95                    | 30.16                    |
| 줄적분값[KA <sup>2</sup> s] | 1.628                           | 523.9                    | 325.3                    |
| 아크에너지[kVAS]             | 146.1                           | 25.52                    | 24.4                     |
| 시험결과                    | 차단실패<br>(HT17S00366-002)        | 차단성공<br>(HT17S00366-003) | 차단성공<br>(HT17S00366-004) |



[그림 3-47] 더블 메탈형(#1) 차단시험



[그림 3-48] 더블 세라믹형(#2) 차단시험



[그림 3-49] 더블 세라믹 + 더블 메탈형(#3) 차단시험

#### 6) 해외 공인기관(3차) 차단시험

가) 일시 : 2017. 04. 10 ~ 04. 11

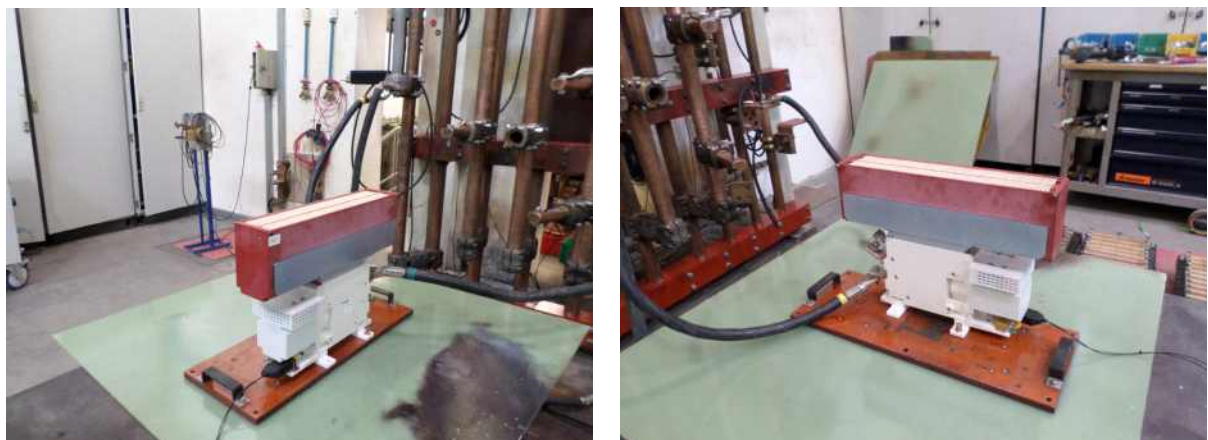
나) 장소 : CESI(IPH사) / 독일 베를린

다) 시험 항목 : 정격 단시간 내전류 시험, 단락 투입용량시험, 차단용량시험

(성적서 번호 : 05936-17-0302)

#### 라) 시험결과

- ① 정격 단시간 내전류시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 2[Ka], 115[ms] 견딤
- ② 단락 투입용량시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ , 0[ms]에서 2[Ka] 정상 투입
- ③ 차단용량시험 : DC 3,600[V],  $\tau = 15[\text{ms}]$ 에서 2[Ka] 정상 차단



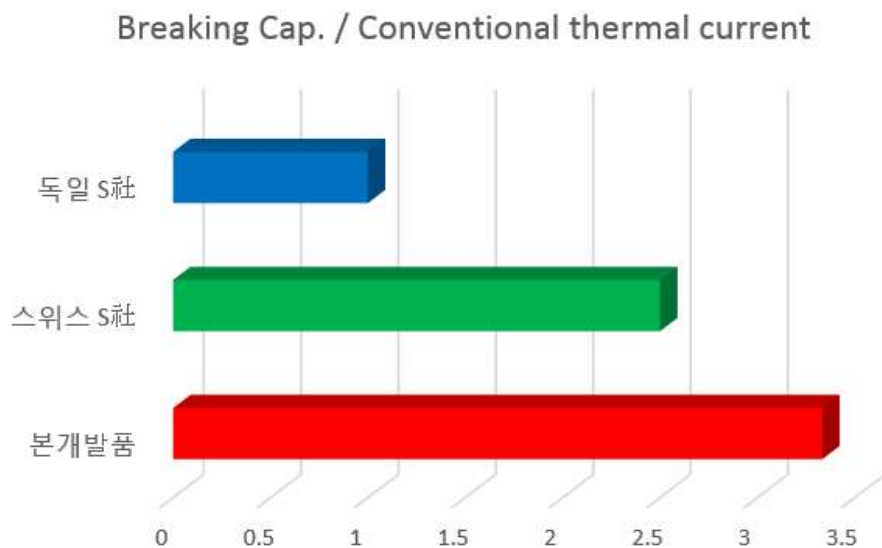
[그림 3-50] 해외공인기관(IPH) 차단특성 시험 사진

## 7) 개발품의 성능수준 및 비교

### 가) 차단용량

선도사 제품군이 자유대기열적전류( $I_{th}$ )의 1 ~ 2.5배 수준의 특성을 보이며, 개발품의 경우  $3.3I_{th}$ 로서 선도사 제품대비 높은 차단용량을 확보함

- ① 개발품( $I_{th}$  : 600[A], 차단용량 : 2,000[A])      -  $I_{th} \times 3.3$
- ② 스위스 S社( $I_{th}$  : 1,000[A], 차단용량 : 2,500[A])      -  $I_{th} \times 2.5$
- ③ 독일 S社( $I_{th}$  : 800[A], 차단용량 : 750[A])      -  $I_{th} \times 0.94$



[그림 3-51] 차단용량 비교 그래프

### 나) 정격동작전류(Rated operating current)

- ① 선도사 제품의 경우 자유대기 열적전류( $I_{th}$ )의 0.4 ~ 1배 수준임
- ② 개발품의 경우  $0.66I_{th}$ 으로 실제 차량운영 조건에 최적화 되어있음  
(차량의 등가 부하전류 : 275Arms)

### 다) 자유대기 열적전류(Conventional thermal current)

- ① 선도사 제품은 자유대기 열적전류( $I_{th}$ )의 값이 고정되어 있음(변동 불가)
- ② 개발품의 경우 표준 600[A]부터 800[A], 1,000[A], 1,200[A]까지 변경이 가능함

### 다) 기타 성능

진동/충격 성능, 기계적 내구성, 사용조건, 밀폐보호등급(IP) 등 선도사 제품과 동등의 성능을 만족함

3.6 품질인증

3.6.1 지적재산권 확보

(1) 한국 철도학회 논문 게재(위탁연구기관 - 한밭대학교 산학협력단)

- 1) 철도차량용 직류 고속도차단기의 그리드 특성해석 (2016년 4월 제 19권 제2호)
- 2) 철도차량용 전자접촉기 전자코일의 전자기력 특성 연구 (2016년 6월 제 19권 제3호)



(2) 특허 출원 (위탁연구기관 - 준선평특허 법률사무소)

- 1) 특허 출원(2건)
  - 10-2016-0137521 전자 접촉기의 아크슈트
  - 10-2016-0137522 전자 접촉기의 전자 코일
- 2) 출원일 : 2016년 10월 21일, 논문관련 공지에외주장 보정서 제출(2017년 8월 14일)



3.6.2 기술인증

- (1) 최종 성과목표 및 성과지표(성과점검 기준표) : 기술인증신청서 제출
- (2) 기술인증의 종류

신기술인증, K마크(KTL), KS, 성능인증, Q마크, KC인증, 환경마크 등

(3) 기술인증 취득여부 검토

국내 기술인증의 대상이 아니므로, 해외 수출 해당국의 강제 인증을 향후 취득 예정

## 제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

### 4.1 목표 달성도

가. 1차년도

| 핵심성과<br>(level1) |         | 단위성과<br>(level2) |           | 성과지표         | 성과 달성 지수(%) |
|------------------|---------|------------------|-----------|--------------|-------------|
| A                | 전자코일 기술 | A-1              | 선도사 제품특성  | 특성검토서        | 100         |
|                  |         | A-2              | 설계기술      | 전자력 특성표      |             |
|                  |         |                  |           | 설계 기준서, 도면   |             |
|                  |         | A-3              | 시료 제작     | 시험 시료        |             |
| B                | 아크슈트 기술 | B-1              | 선도기술 자료수집 | 연구(논문)자료집    | 100         |
|                  |         |                  |           | 소호구조 검토서     |             |
|                  |         | B-2              | 설계기술      | 선도사 비교표      |             |
|                  |         |                  |           | 설계 기준서, 도면   |             |
|                  |         | B-3              | 시료 제작     | 시험 시료        |             |
| C                | 접촉자 기술  | C-1              | 설계기술      | 설계 기준서       | 100         |
|                  |         |                  |           | 도면           |             |
| D                | 접촉기 개발  | D-1              | 선도사 성능평가  | 선도사 성능평가 보고서 | 100         |
|                  |         | D-2              | 기술사양 제정   | 제품규격서        |             |
|                  |         |                  |           | 시험절차서        |             |
|                  |         |                  |           | 부품제작기준서      |             |
|                  |         | D-3              | 제품 제작     | 제작도면         |             |

## 나. 2차년도

| 핵심성과<br>(level1) |                            | 단위성과<br>(level2) |           | 세부 지표   | 성과 달성 지수(%) |
|------------------|----------------------------|------------------|-----------|---------|-------------|
| D                | 접촉기 개발                     | D-3              | 제품 제작     | 부품검사성적서 | 100         |
|                  |                            |                  |           | 시제품     |             |
|                  |                            |                  |           | 품평회 결과서 |             |
| E                | 성능 검증<br>※3장 5절 상세내용<br>기술 | E-1              | 기능시험      | 공인시험성적서 | 100         |
|                  |                            | E-2              | 특성(온도)시험  | 공인시험성적서 | 100         |
|                  |                            | E-3              | 특성(환경)시험  | 공인시험성적서 | 100         |
|                  |                            | E-4              | 특성(진동)시험  | 공인시험성적서 | 100         |
|                  |                            | E-5              | 특성(내구성)시험 | 공인시험성적서 | 100         |
|                  |                            | E-6              | 특성(차단)시험  | 동작성능시험  | 100         |
|                  |                            |                  |           | 임계전류시험  | 100         |
|                  |                            |                  |           | 차단시험    | 100         |
| F                | 품질인증                       | F-1              | 지적재산권     | 출원서     | 100         |
|                  |                            | F-2              | 현차시험      | 진행서류    | 70          |
|                  |                            | F-3              | 기술인증      | 인증신청서   | 5           |

## 4.2 관련 분야 기여도

### 가. 이중 권선 전자코일의 사용

- 전자접촉기의 강한 투입력은 동작 속도에 영향을 주는 주요 요소이다. 투입력은 전자코일에서 발생하는 전류용량(전자기력)과 비례하고, 높은 전류용량을 유지하기 위해서는 전자코일에서의 발열이 불가피하다.
- 이번 연구과제에서는 이중 권선 전자코일을 사용하여 1단 권선 대비 유지전류는 5.16 %, 발열량은 4.84%로 낮추었다. (  $H = 0.238 I^2 R T [cal]$  )

|                 | 1단 권선 | 2단 권선 | 비 고     |
|-----------------|-------|-------|---------|
| 저항치 R(Ω)        | 11    | 211   |         |
| 전류치 I(A)        | 9.1   | 0.47  |         |
| Joule 열값 H(cal) | 2168  | 105   | T:10sec |

- 
- 또한, 기존 구조의 접촉기 전자코일에서 사용되었던 절약저항의 사용이 필요 없어지므로, 전체적인 구조의 간소화를 도모하면서 비용 절감을 이끌어 낼 수 있다.

#### 나. 아크소호력을 증가 시킨 아크슈트 개발

- 주회로에 전류가 흐르고 있는 상태에서 접점의 개방시 발생하는 아크를 아크슈트 내부에서 소호시키는데 최적화된 구조
- 최적의 아크 소호력을 발휘 하는 아크슈트 내부 자계 형성을 위해 블로아웃코일(BOC)과 자극편(Pole Piece) 설계
- 아크전압과 아크그리드 개수의 상관관계를 적용한 아크슈트 설계
- 아크 그리드 재질에 따른 소호력의 차이 검증(세라믹 그리드, 메탈 그리드)

#### 다. 유해물질 제한지침(RoHS) 회피 접점 설계

- 기존 접점 재질인 산화은카드뮴(AgCdO)중 카드뮴(Cd)이 RoHS의 6대 규제물질로 등록되면서 해외에서는 사용이 엄격하게 금지됨
- 향후 제품의 해외 판매를 위해서 산화은주석(AgSnO<sub>2</sub>)접점으로 대체 설계에 적용함

#### 라. DC 4,000V급 차단설비의 구축

- 국내에서 차단성능 검증이 불가능한 전압 레벨인 DC 3,600V용 콘덴서 차단설비를 자체적으로 구축함  
(추가 개발비용 : 15,500 만원 투입)
- 향후 가선헌전압 3,000[V]의 기타 차단기류의 차단성능 검증에 활용이 가능함  
(최대정격 DC 3,600[V], 1,000[A],  $\tau = 0$ [ms])

## 제5장 연구개발성과의 활용계획

### 5.1 기존 양산품 및 신규 개발품에 적용

#### 가. 전자코일 설계 기술

- 이중권선(투입 코일 및 유지 코일) 설계 적용으로 절약저항을 제거하여 제품 구성 간소화에 활용
- 코일의 무빙코어 레버 및 가동레버 구조설계로 최적의 전자기력 전달

#### 나. 아크슈트 설계 기술

- 아크 접점과 아크 혼간의 최적 이격거리 검증 방법 정립
- 아크 슈트 그리드 재질(세라믹, 메탈)의 소호능력 차이 및 설계기준 정립

#### 다. 접촉자 설계 기술

- 향후 해외 판매에 대비하여 기존 AgCdO 접점에서 AgSnO<sub>2</sub> 접점으로 교체가 가능하도록 설계에 적용

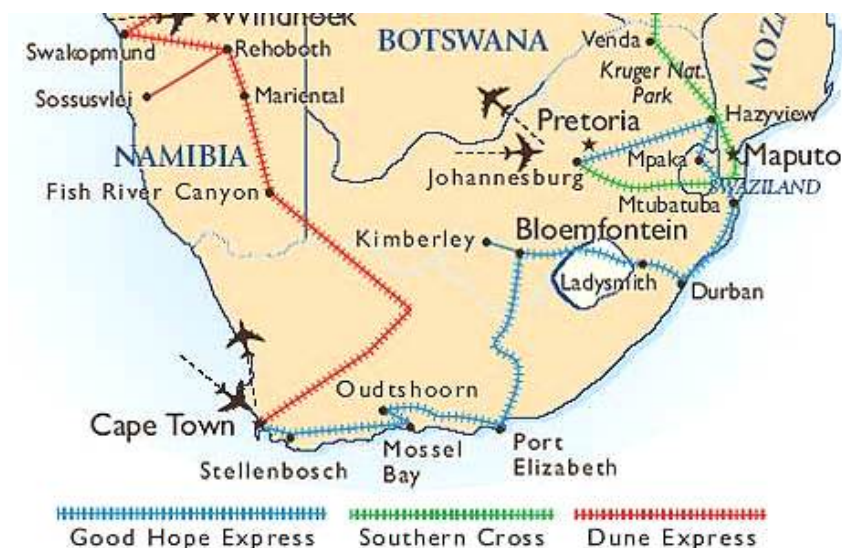
### 5.2 제품 상용화 활용계획 - 해외 DC3,000[V] 가선라인

#### 가. 남아프리카 공화국

##### (1) 시장 현황 (KOTRA 자료 참조)

- 1) 총연장 22,247km로 표준궤(Standard Gauge) 7%, 협궤(1,067mm) 55%, 협궤(1,000mm) 5%, 기타 33% 수준, 8,931km (40.1%)가 전동선 라인, 남아공의 철도망은 전체 SADC(Southern African Development Community, 남아공, 탄자니아, 수단 등 15개국) 국가 철도 인프라의 80%를 점할 정도로 상대적으로 발전되어 있음.

<남아공 주요 철도 노선>



- 2) 남아공 물류비용은 GDP의 약 15.7%(2006년 기준)를 차지. 총 물량 약 150억 톤의 운송은 철도 운송 비중(13%)에 비해 도로(68%)에 편중되어 있음.
- 3) 각 부문별로 독점 에이전트 제도가 정착되어 있고, 남아공 수입상들은 대부분 수입 상담시 독점 에이전트권을 요구하고 있음. 독점 에이전트권과 관련하여 이들이 내세우는 논리는 남아공은 시장 규모가 한정 되어 있어 복수 수입상에게 물품을 공급할 경우, 시장을 관리 할 수 없다는 것임.
- 4) 남아공은 A/S가 매우 중요한 시장임. 1 년간 품질보증은 거의 예외 없이 지켜지고 있으며, 반품된 제품은 곧바로 수출업체에 클레임으로 연결되기 때문에 기계 부품류의 수출은 현지에 A/S 시스템을 갖추어져 있지 않으면 바이어가 수입을 꺼려함.

## (2) 현지 바이어 정보

### 1) CONOGON Engineering

- 철도 교통 엔지니어링 부품 공급 및 서비스 업체
- 남아공 프레토리아 소재 (Unit #5, Aquila Park, 62 van Niekerk Street, Rosslyn East, Pretoria, South Africa)

### 2) PRASA Rail Engineering Service

- PRASA(Passenger Rail Agency of South Africa)
- 2008년 설립된 남아공 철도교통 공공기관으로 주요도시 및 국경 내외부 장거리 철도 서비스를 제공

| 구 분   | 내 용                               |
|-------|-----------------------------------|
| 총 연장  | 2,228 km                          |
| 운영 역사 | 585 개                             |
| 보유 차량 | 4,554 량 (동차 : 1,311 / 객차 : 3,424) |

## (3) 사업화 추진 실적

공동연구기관 ㈜우진산전과 전동차 대수선 프로젝트로 관계를 맺은 CONOGON Engineering을 통해 남아공 국영 철도 운영사인 PRASA Rail Engineering Service에 사업화를 위한 기술사양 및 현차 취부 검토서를 제안하였음.

2016년 2월 최초 사업화 제안을 시작으로 2017년 7월 현재 CONOGON Engineering 으로부터 검토 및 적용 의향 메일을 접수하였음.

### 1) 2016년 2월

- WOJIN → CONOGON : DC4000V급 전자접촉기의 사업화를 제안함.
- CONOGON → PRASA(marketing) : 현재사용 중인 Schaltbau社(GERMANY), Microelectrica Scientifica社(ITALY)의 전자접촉기의 대체품으로 WOJIN의 WEC40 06을 제안함.

---

From: Brian Dundas [<mailto:brian@conogon.co.za>]  
Sent: 11 February 2016 02:13 PM  
To: Tino Gabryk  
Subject: Replacement contactor proposal

Mr. Tino Gabryk, please refer me to the responsible engineer in Prasa to whom I can introduce an alternative motor gen/alt main/starting and heater contactor. The Korean contactor meets the Prasa specification and I believe is reasonably priced. We find that the 2 types presently being used are very expensive especially to refurb and repair namely the Schaltbau and the Microelectrica LTHH100 Types.  
The Korean company is prepared to forward several proto type contactors for power and field testing. We Conogon Engineering will gladly assist and monitor these tests in line with Prasa engineering services.  
Kind Regards  
Brian Dundas  
Managing Member  
Conogon Engineering

2) 2016년 3월

- PRASA(marketing) → PRASA(engineering) : CONOGON의 제안을 마케팅 부서에서 기술부서로 이관
- PRASA(engineering) → CONOGON → WOJIN : 피드백 도착, 제품의 100대 기준 제품원가와 샘플 제공 가능 여부를 질문함.

**From:** Tino Gabryk <[tgabryk@prasa.com](mailto:tgabryk@prasa.com)>  
**Date:** 09 March 2016 3:10:27 PM SAST  
**To:** Siphesihle Thwala <[SThwala@prasa.com](mailto:SThwala@prasa.com)>  
**Cc:** "Brian Dundas ([brian@conogon.co.za](mailto:brian@conogon.co.za))" <[brian@conogon.co.za](mailto:brian@conogon.co.za)>  
**Subject:** FW: Replacement contactor proposal

Greetings Siphesihle,

Please can you review the proposal from Conogon Engineering.

Kind regards

Tino Gabryk  
National Maintenance Operations Manager  
PRASA RAIL Engineering Services  
Tel 0127487024  
Tel 0117731471  
Cell 0834071208  
e-mail [tgabryk@prasa.com](mailto:tgabryk@prasa.com)

3) 2016년 4월

- WOJIN → CONOGON → PRASA(engineering) : 100대 기준 제품원가 및 샘플 3 set 제공 가능 의사 전달, 샘플은 10월 중 제공 가능  
(16년도 4월 당시에는 공인성적서를 획득하지 못한 관계로 16년도 8월 2차 test 이 후 샘플 제공으로 일정 조율)
- PRASA(engineering) → CONOGON → WOJIN : 차단시험관련 공인기관 시험성적서 접수 및 검토 후 샘플 테스트 여부를 결정하겠음.

---

**From:** Brian Dundas [mailto:brian@conogon.co.za]  
**Sent:** Friday, April 01, 2016 9:25 AM  
**To:** Sipheshile Thwala  
**Subject:** new proposal magnetic contactor

Hi Sihle, here is the relevant information regarding the Korean magnetic contactor, proposal I mentioned to you last month. This contactor will be suitable for motor alt/gen main and starting contactor as well as the heater contactor. The contactor will be customized to fit into the existing positions without any changes made.

Kind Regards  
Brian Dundas

**From:** Sipheshile Thwala  
**Sent:** Thursday, April 07, 2016 3:52 PM  
**To:** 'Brian Dundas'  
**Subject:** RE: new proposal magnetic contactor

Dear Brian

Thank you for the info, just a question as one of the HT Repair have you tested this contactor at your workshop and how did it perform.

Even if you want Prasa to test it but at least you should have done your "test" to ensure that it what we want if you have done that please share a report with us then we can consider it. I'm saying this because we get a lot of proposed contactors only to find that they not able to handle our environment and also consider the mechanical changes to the HT Frame required.

Regards,

Sihle

I will also suggest that the THERMAL CURRENT SHOULD BE AT LEAST 800A reason being the contactors we tested before with 400A thermal current could not handle the amount of "those" currents. Contacts were welding

#### 4) 2016년 9월

- WOOJIN → CONOGON : 공인성적서 준비가 미비하여 사업추진을 차년도로 연기함.

#### 5) 2017년 5월

- WOOJIN → CONOGON : 2017년 4월에 베를린 IPH사에서 공인시험을 완료하였음. 샘플테스트 일정을 확인 바람.
- PRASA(engineering) → CONOGON → WOOJIN : 공인성적서를 보내주면 PRASA의 수석 전기 연구원(Mr. Larry Vockerodt)이 내용을 검토해 보겠음.
- WOOJIN → CONOGON → PRASA(engineering) : 테스트는 4월에 완료되었지만, 공인성적서 발급은 6월중 가능함, 성적서 접수 시 바로 전달하겠음.

---

**From:** Brian Dundas [mailto:brian@conogon.co.za]  
**Sent:** Wednesday, May 10, 2017 4:06 PM  
**To:** rossi <rossi@wjis.co.kr>  
**Subject:** Re: new proposal magnetic contactor

Hi Rossi, good to hear from you once again. A question which I need to ask you is, has the contactor a permanent magnet to address no and low current condition.  
Reason being the present contactor does not have this facility and this allows for the arcing to continue when opening the contactor under no and low current. The permanent magnet is necessary to draw the arc into the arc box.  
Regards  
Brian

On 10 May 2017, at 4:02 AM, rossi wrote:

Hi Brian,

Hope all is keeping well with you,

For the magnetic Contractor, we have finalized the performance test in Berlin on April, 2017. And had no issues on the performance.

We believe that this is the right time to propose again to PRASA for the possibility to supply after the test run.

We are not so sure if they still have the interest on our product. And as requested, if Conogon is able to test it at your facility before the test run.

Please kindly share your idea what would be the right steps to take. We will be willing to provide you few contactors for free for the test if you like.

Best Regards  
Rossi

보낸 사람: Brian Dundas <brian@conogon.co.za>  
날짜: 17/5/16 오후 8:00 (GMT+09:00)  
받은 사람: rossi <rossi@wjis.co.kr>  
제목: Re: new proposal magnetic contactor

Hi Rossi, did you send me the tests that were conducted in Germany? If not please send me these results so that I may forward to Larry Vockerodt (chief electrical engineer Prasa)

Regards  
Brian

On 16 May 2017, at 12:41 PM, rossi wrote:

Hi Brian,

Yes, It was the kind of concern arisen last year too.

Please kindly refer to the low current value that has been proven during the 3<sup>rd</sup> party test in Germany.

Input : DC 3,600V / Time constant : 0[ms] at 600A  
Low current: 0.51 [A] has been successfully cut.

You may need to have a contactor with lower current cut available?

If you have further information, highly appreciated.

Best Regards  
Rossi

---

---

## 6) 2017년 6월

- WOJIN → CONOGON : 공인성적서(실시한 모든 시험의 공인기관 TEST REPORT SUMMARY 포함) 및 사업화를 위한 현차시험 제안서 전달

보내는사람 : rossi <rossi@wjis.co.kr>

받는사람 : 'Brian Dundas' <brian@conogon.co.za>

참조 : "'김정현'" <jhkim@wjis.co.kr>, "'이수영'" <sylee@wjis.co.kr>, "'주관일'" <kiju@wjis.co.kr>, "'조성훈'" <shcho@wjis.co.kr>

보낸 날짜 : 2017-06-23 09:10:59

제목 : RE: new proposal magnetic contactor

Dear Brian,

Please kindly refer to the attached test report for your information,

What we are looking at is the possibility of PRASA to review our HSCB so that they may consider to conduct the field test with new developed HSCB.

More important at this moment is the brief time schedule PRASA may carry out to the field test, We fully understand it would be difficult to foresee how the process and milestone would be taken.

However it would be very appreciated of you to estimate and provide us the rough ideas for the below events,

- 1) Technical specification review from PRASA by when
- 2) Installation compatibility review by when
- 3) Complete proposal submission after receiving the feedback by when
- 4) Report on the complete proposal by when
- 5) Field test plan discussion by when

The above schedule should not be accurate, this information from you may be considered only for internal plan as well as completion of our research tack.

Should you have further questions, please feel free to contact us.

Thanks  
Best Regards

Rossi,

## 7) 2017년 7월

- CONOGON → WOJIN : 사업 추진을 위한 검토 및 적용 의향 메일 회신.

**From:** Brian Dundas [<mailto:brian@conogon.co.za>]

**Sent:** Friday, July 07, 2017 5:16 PM

**To:** rossi <[rossi@wjis.co.kr](mailto:rossi@wjis.co.kr)>

**Subject:** Re: Re: Re: new proposal magnetic contactor

Hi Rossi, Thank you for the test results. I sent forward these results to Larry Vockerodt(chief electrical engineer Prasa).

I am Interested in your WEC4006 as the replacement parts of formerly contactor PRASA.

I will strive to apply for improvement project through prior consultation with PRASA on the ground of your data.(must provide the necessary technical support)

Project rollout schedule

- Technical specification review : August, 2017
- Installaion compaibility review : October, 2017
- Complete proposal submission after receiving the feedback : December, 2017
- Report on the complete ptoposal : March, 2018
- Field test plan discussion : June, 2018

Regards

Brian

---

#### (4) 향후 추진 계획

차량운용사(PRASA)의 프로젝트 기술 제안서 승인 시 현차 신뢰성 검증 후 차량의 현대화 사업 진행 예정임

| 순번 | 대체 모델군    | 제조사                                     | 특징            |
|----|-----------|-----------------------------------------|---------------|
| 1  | CT1130/04 | Schaltbau<br>(GERMANY)                  | 1pole         |
| 2  | CT1230/04 |                                         | 2pole         |
| 4  | LTHH 100  | Microelectronica Scientifica<br>(ITALY) | 1pole / 2pole |
| 5  | LTHH 250  |                                         | 1pole / 2pole |
| 6  | LTHH 400  |                                         | 1pole / 2pole |

1) CONOGON Engineering의 사업추진 계획(2017년 7월 e-mail)

- 차단성능 관련 기술문서 검토 : 2017년 8월 (CONOGON, PRASA)
- PRASA 전동차 취부 호환성 검토 : 2017년 10월 (PRASA)
- 제품 검토 결과서 접수 : 2017년 12월 (PRASA)
- PRASA에 프로젝트 제안서 제출 : 2018년 3월 (CONOGON, PRASA)
- 현차 시험 관련 실무 회의 : 2018년 6월 (WOOJIN, CONOGON, PRASA)

2) WOOJIN의 사업추진 계획안

- 사업 제안서 및 공인성적서 제출 : 2017년 6월 (WOOJIN → CONOGON)
- 기술문서 서포트 : 2017년 6월 ~ 12월 (WOOJIN ↔ CONOGON)
- 프로젝트 제안서 기술부분 대응 : 2017년 12월 ~ 2018년 3월 (WOOJIN ↔ CONOGON)
- 현차 시험 관련 실무 회의 : 2018년 6월 (WOOJIN, CONOGON, PRASA)

#### 나. 카자흐스탄

(1) 시장 현황 (위탁연구기관 - 준성특허법률사무소)

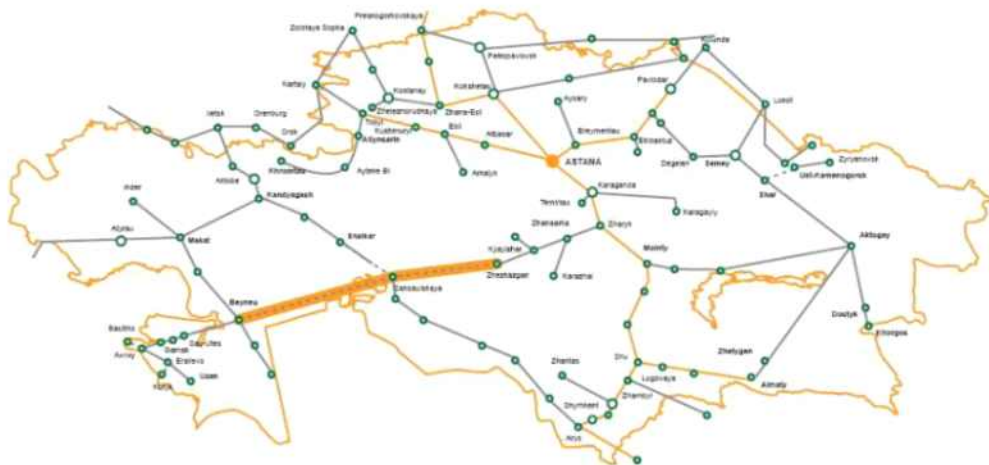
- 1) 총 연장 14,500km(복선구간 5,500km, 전철구간 4,000km)의 카자흐스탄 철도는 국영 철도회사(KTZ, Kazakhstan Temir Zholy)에 의해 운영, 관리되고 있으며, 러시아, 중국, 키르기즈, 우즈베크, 투르크메니스탄 및 이란과 연결됨.
- 2) 철도망은 주로 북부지역에 발달되어 있으며 나머지 지역은 철도망이 부족한 실정. 특히 몇몇 지역간 철도연결은 러시아 영토를 통과하고 있어 여러 가지 문제점을 야기하고 있음.
- 3) 광대한 국토면적(남한면적의 12배), 내륙 수로 부족, 열악한 도로상황 등으로 인해 카자흐스탄에서 철도가 운송에서 차지하고 있는 비중은 전체 화물수송의 79%와 여객수송의 56%로 매우 높지만, 낙후된 기술문제와 함께 시설 노후화가 심각한 상태

- 4) 정부는 교통 인프라 시스템 개혁 문제를 국가발전의 주요과제로 인식하고 이에 대한 개선을 위해 '2020년 교통인프라 개발 프로그램'(이하 '교통 프로그램')을 수립하여 시행하고 있음. 이 프로그램에 따라 교통통신부는 2010년부터 10년간 총 사업비 160억불에 달하는 57건의 도로, 철도, 공항 프로젝트를 발표한 바 있음.
- 5) 철도부문에는 약 300억불이 투입되어 작년 완공 예정이었던 Uzen-Turkmen, Zhetygen-Korgas 구간을 포함한 총연장 1,400km 신규 철도가 건설됨. 이와 관련, 카자흐철도공사는 철도부문 발전을 위해 2020년까지 약 200억불을 투자할 예정으로 철도건설에 98억불, 기관차 구입에 98억불이 집행됨.

| 프로젝트명                                          | 규모(백만불) | 연장(km) | 참여기업/기관                              | 기간        | 현황                   |
|------------------------------------------------|---------|--------|--------------------------------------|-----------|----------------------|
| Central Asian North South Railway              | 225     | 200    | ADB                                  | 2010-     | 차관 승인                |
| Uzen(Kazakhstan) - Gorgan(Iran) railroad       | 404.9   | 700    | -                                    | 2009-2011 | 시공 중                 |
| Zhetigan-Khorgos railroad                      | 981.69  | 300    | -                                    | 2012      | 시공 중                 |
| Locomotive Service Agreement                   | 500     |        | General Electric                     | 2009-2024 | 계약 서명                |
| Batys-Damu renovation program                  | 397     | -      | -                                    | 2009-2012 | 시공 중                 |
| Eralievo-Kuryk line                            | 51      | 14.4   | -                                    | 2010      | 시공 중                 |
| Kazakhstan State Railways(KTZ) system upgrade  | 83      | -      | Ansaldo STS Italy/ Alstom/ Transmash | -         | -                    |
| Almaty metro line (Alatau-Rayimbeka -Almaty-1) | 1,540   | 17.1   | -                                    | 2008-2017 | 1차(8.5km) 2011.12 준공 |

출처 : Business Monitor International Report 카자흐스탄 주요 철도 프로젝트

#### <카자흐스탄 주요 철도 노선>



## (2) 현지 바이어 정보

### 1) KTZ(Kazakhstan Temir Zholy)

- 1997년 설립된 카자흐스탄 국영 철도회사
- 최근 카자흐스탄 정부에서 낙후된 시설을 개선하기 위해 철도부분 구조조정과 KTZ의 민영화를 진행하는 한편 철도시스템 개선 5개년 계획에는 기관차 수리시설 건설과 철도 자동화 시스템 구축 등이 포함.

### 2) Kaztemirtrans

- 2003년 설립하여 카자흐스탄 철도화물의 60% 이상을 수행하는 철도 대기업
- 전동차 제조·수리 및 임대, 화물 운송 서비스 제공
- 자체적으로 조달 계획을 발표하고 입찰을 진행하고 있음.
- <http://kazcargo.kz>

## (3) 사업화 추진 실적

- 1) 위탁연구기관 준성특허법률사무소와 주관연구기관 우진기전의 해외마케팅 아웃소싱 업체인 AJ트레이트 파트너스가 주관하여 진행함.
- 2) 시장조사를 시작으로 국영 철도회사 구매 담당자 컨택 시도 및 철도부품 업체 리스트 파악과 메일링을 실시하였음. 대부분의 업체가 영어를 사용하지 않는 이유로, 현지기업에서 근무 경험이 있는 우즈벡 유학생(고려인)을 고용하여 메일링 및 유선연락 마케팅을 실시함.

| 컨택한 바이어              | 28 개 업체                |
|----------------------|------------------------|
| 메일 확인 후 회신 주겠다고한 바이어 | 16 개 업체                |
| 관심 없는 바이어            | 11 개 업체                |
| 관심 바이어               | 1 개 업체 (Kaztemirtrans) |
| 업체당 3-7회 이상 컨택       |                        |

## 3) CIS 국가 대상 메일링 및 유선 마케팅 제한점

- 회사 규모에 상관없이 해외담당 및 구매담당자가 따로 없는 경우가 대다수임.
- 중간 담당자 없어 대표와 직접 연결이 어렵고 비서에서 대표까지 업무 전달 및 보고가 원활하지 않음.



<카자흐스탄 업체 송부용 러시아어 메일 스크립트>

#### (4) 향후 추진 계획

- 1) 국토교통연구성과 시장진출지원 프로그램을 통한 사업화
  - KAIA 창업사업화지원실과 (주)이노싱크컨설팅이 주관하는 프로그램
  - 기술사업화 컨설팅 및 해외기술 로드쇼 수요조사서 제출(2017년 7월)

| 기술사업화 컨설팅 수요조사서                                                                                         |                                                                                                                                                                   |           |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| 본 수요조사서 제출기업은 '사업화 컨설팅' 지원서 우선 심사를 진행할 계획이오니, 많은 참여 부탁드립니다.                                             |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| 기업 및 담당자 정보                                                                                             |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| 기업명                                                                                                     | ㈜우진기전                                                                                                                                                             | 대표자       | 김정현               |
| 주소                                                                                                      | 충북 괴산군 사리면 이곡로 1길 9                                                                                                                                               | 전화        | 043-630-5393      |
| 설립연월                                                                                                    | 1997년 4월 10일                                                                                                                                                      | 사업자등록번호   | 315-01-04149      |
| 사업분야                                                                                                    | 철도차량 전장품                                                                                                                                                          | 사업아이템     | 전자 개폐기류           |
| 제품명                                                                                                     | 2016년 7월 10일                                                                                                                                                      | 출입원수      | 91명               |
| 담당자                                                                                                     | 이종                                                                                                                                                                | 이메일       | ihv000@wjic.co.kr |
|                                                                                                         | 부서명                                                                                                                                                               | 기술연구소/연구원 | 휴대전화              |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                   |           | 010-3773-3501     |
| 컨설팅 필요분야 (중복 체크 가능)                                                                                     |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| 기업일반 (BM)                                                                                               | <input type="checkbox"/> 사업영역 및 경영상태 진단 <input type="checkbox"/> 정부지원사업 참여 컨설팅<br><input type="checkbox"/> Business Model 진단 및 개발 지원                              |           |                   |
| 마케팅                                                                                                     | <input type="checkbox"/> 국내 마케팅 계획 수립 및 지원 <input type="checkbox"/> 해외 마케팅 계획 수립 및 지원 (관세회당장, 카카오톡 등)<br><input type="checkbox"/> 기술소개자료(서면, 동영상) 등 홍보자료 제작 지원    |           |                   |
| 금융                                                                                                      | <input type="checkbox"/> 자금계획 및 운용 컨설팅 <input type="checkbox"/> 대출 연계 컨설팅<br><input type="checkbox"/> R&D 자금 지원 <input type="checkbox"/> 투자자 연계 컨설팅               |           |                   |
| 특허                                                                                                      | <input type="checkbox"/> 특허취득(출원, 등록) 컨설팅 <input type="checkbox"/> 보유특허 사업성 분석 컨설팅<br><input type="checkbox"/> 특허침해/크로스라이젠스 컨설팅 <input type="checkbox"/> 특허보호 컨설팅 |           |                   |
| 디자인                                                                                                     | <input type="checkbox"/> 제품 디자인 지원 <input type="checkbox"/> 디자인 등록 지원<br><input type="checkbox"/> 브랜드 개발 지원                                                       |           |                   |
| 기타                                                                                                      | <input type="checkbox"/> 기타 사업화 컨설팅 필요사항(자유 기재)<br>( DC4000V급 가신라인의 철도차량을 운영하는 국가기관 및 운영사 시장조사 )                                                                  |           |                   |
| 개인정보활용동의                                                                                                |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| 본인은 국토교통과학기술진흥원에서 상기 수요조사서에 기재된 개인 및 기업정보를 사업화 컨설팅 수요조사를 위해 수집, 이용하고, 유관기관에 제공하는 것을 동의합니다.              |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| 신청기관명                                                                                                   |                                                                                                                                                                   | 우진기전      | 대표자 김정현           |
| 담당자                                                                                                     |                                                                                                                                                                   | 이종        |                   |
| 국토교통과학기술진흥원 귀하                                                                                          |                                                                                                                                                                   |           |                   |
| <small>* 신청서 제출처 : yb.kim@kaia.re.kr</small><br><small>* 관련 문의 : 창업사업화지원실 김정희 연구원(031-359-6364)</small> |                                                                                                                                                                   |           |                   |

| 해외기술 로드쇼 수요조사서                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------|-----------|----------------------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------|-------------------|---------|
| 기업 및 담당자 정보                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 기업명                                                                                              | ㈜우진기전                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 대표자           | 김정현               |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 주소                                                                                               | 충북 괴산군 사리면 이곡로 1길 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 전화            | 043-630-5393      |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 사업분야                                                                                             | 철도차량 전장품                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 사업아이템         | 전자 개폐기류           |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 담당자                                                                                              | 이종                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 이메일           | ihv000@wjic.co.kr |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
|                                                                                                  | 소속부서                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 기술연구소         | 직책                |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
|                                                                                                  | 휴대전화                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 010-3773-3501 | 전화번호              |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               | 043-630-5393      |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 자사 보유기술 정보                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 연구과제명                                                                                            | 철도차량용 DC4000V급 전자개폐기 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 연구책임자                                                                                            | 주관일                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 연구수행기간        | 2014.06 ~ 2017.05 |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 기술명                                                                                              | 동작동작전압 DC1800V, 최대전압 2.5kV, 성능의 전자개폐기                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 기술분류                                                                                             | <input type="checkbox"/> 도통 <input type="checkbox"/> 전선 <input type="checkbox"/> 기계설비 <input type="checkbox"/> 교통수단 <input type="checkbox"/> 교통시설 <input type="checkbox"/> 운영 및 관리                                                                                                                                                                            |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 기술수준                                                                                             | <input type="checkbox"/> 기술개발 완료 <input type="checkbox"/> 연구실험중 <input type="checkbox"/> 시제품 제작 <input type="checkbox"/> 실제품 개발<br><input type="checkbox"/> 신뢰성 평가 <input type="checkbox"/> 상용화 제작 <input type="checkbox"/> 사업화                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 기술개요                                                                                             | Specification<br><table border="1"> <tr> <td>Main contactor</td> <td>1pole, NO</td> </tr> <tr> <td>Nominal voltage (Un)</td> <td>3,000 V(ac)</td> </tr> <tr> <td>Rated operating voltage (Ue)</td> <td>3,600 V(ac)</td> </tr> <tr> <td>Rated operating current (In)</td> <td>400 A</td> </tr> <tr> <td>Breaking capacity</td> <td>2,000 A</td> </tr> </table> |               |                   | Main contactor | 1pole, NO | Nominal voltage (Un) | 3,000 V(ac) | Rated operating voltage (Ue) | 3,600 V(ac) | Rated operating current (In) | 400 A | Breaking capacity | 2,000 A |
| Main contactor                                                                                   | 1pole, NO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| Nominal voltage (Un)                                                                             | 3,000 V(ac)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| Rated operating voltage (Ue)                                                                     | 3,600 V(ac)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| Rated operating current (In)                                                                     | 400 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| Breaking capacity                                                                                | 2,000 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 세부내용 (사진, 도면 등)                                                                                  | 특허출원 전자개폐기의 구조도 (10-2016-0137521)<br>전자개폐기의 전자회로 (10-2016-0137522)<br>                                                                                                                                                                                                      |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 참가희망국가                                                                                           | <input type="checkbox"/> 북미지역 <input type="checkbox"/> 유럽 <input type="checkbox"/> 동남아시아 <input type="checkbox"/> 중앙아시아 (KAZ)                                                                                                                                                                                                                                 |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 개인정보활용동의                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 본인은 국토교통과학기술진흥원에서 상기 해외기술 로드쇼 수요조사서에 기재된 개인 및 기업 정보를 해외기술 로드쇼를 위해 수집, 이용하고, 유관기관에 제공하는 것을 동의합니다. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 신청기관명                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 우진기전          | 대표자 김정현           |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |
| 국토교통과학기술진흥원 귀하                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |                |           |                      |             |                              |             |                              |       |                   |         |

#### 2) '17년 해외기술 로드쇼 참가계획

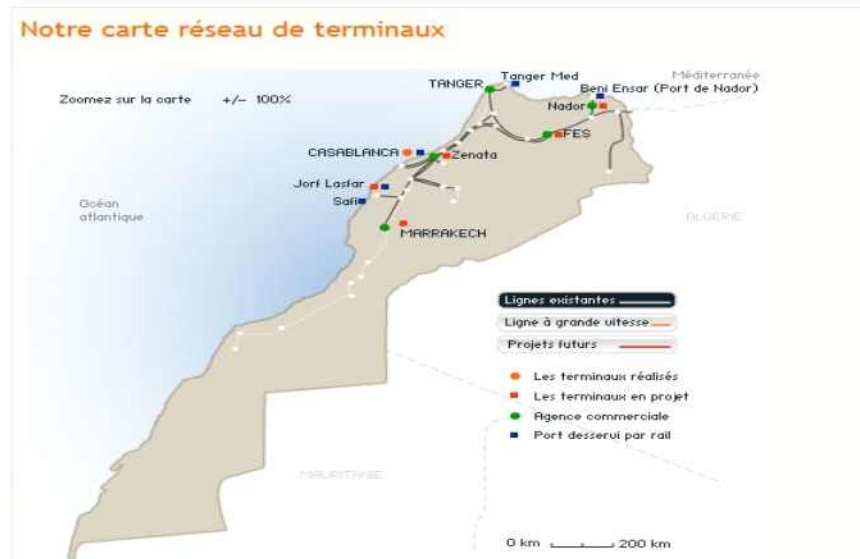
- 기술사업화 컨설팅 및 해외기술 로드쇼 수요조사서 제출 : 2017년 7월
- 참가신청기업의 현지적합성 평가 KOTRA-KAIA : 2017년 8월
- 해외기술로드쇼 참가 : 2017년 11월

#### 다. 모로코

##### (1) 시장 현황(KOTRA 자료 참조)

- 1) 총 연장 2,109km(복선구간 600km, 전철구간 1,284km)이며, 2011년 기준으로 340만 명의 승객과 3600만 톤의 화물을 운송. 정부기관인 철도청(ONCF)이 철도 건설, 보수, 관리 등을 독점으로 수행함.
- 2) 현재 모로코 철도청과 프랑스 알스톰사가 공동으로 탕제(북쪽 항구)~카사블랑카 구간 고속철도(TGV) 사업을 추진하며 1단계인 탕제~케니트라 200km 구간이 2015년 개통될 예정, 2032년까지 총 연장 1500km 고속철도 건설과 연간 600만 명 수송을 목표
- 3) 아직까지 지하철 건설계획은 없으며 2011년 UAE가 투자한 BVDA사가 4억 달러를 투자해 수도 라바트에 지상철(Tram)을 개통했음. 카사블랑카에서는 프랑스 알스톰사가 차량공급자로 선정돼 2012년 12월 개통을 목표로 트램 부설공사가 한창 진행 중.

## <모로코 주요 철도 노선>



### (2) 사업화 추진 실적

#### 1) KOTRA 모로코 사업 담당자 업무협약(2015.11.13.)

- KOTRA 담당위원 : 공익표 위원

- 참석자 : 우진기전 - 주관일 연구소장, 조성훈 수석

KAIA - 송용석 센터장, 홍정표 전임, 김은지 연구원, 백승희 연구원

- 주요안건 : 국토교통 사업성과물 모로코 철도시장에 활용 및 기술인증 취득 검토

#### 2) KOTRA 모로코 카사블랑카무역관을 통한 모로코 철도청(ONCF-Office Nationale des Chemins de Fer du Maroc)구매 담당자 컨택

[Woojin] About running test in Morocco

보낸 사람 우진기전

받는 사람 amokrane@oncf.ma <amokrane@oncf.ma>

보낸일시 2015-12-01 오전 8:24:00

Dear Mr. AMOKRANE ABDELAZIZ,

This is Andy Jeon, marketing manager of Woojin Electric Machinery Co., Ltd. that produces electric units of railway vehicle in South Korea. I was introduced to your company by our partner of KOTRA in Morocco. Forty years of experience and in depth know-how, in addition to an organization strongly oriented towards rail industry all owns Woojin Electric Machinery one of the leading companies in South Korea specializing in manufacturing electric components for rail vehicle. Currently, we are supplying various components for rail vehicles to domestic railway operation companies and exporting to the world including Japan, China, India, U.S.A and Hong Kong.

Recently, we developed a product called "WEC4006" which is a magnetic contactor by own our technology as a part of Korea Government Project. For the last step, we need to do the "running test" with this product to check if it has the practical flexibility. In other words, we would like to get the running test results confirmed on-track test about our new magnetic contactor in Morocco.

We would be much appreciated if you allow us to do the running test with the magnetic contactor in Morocco. Please let me know how we could get it and whom we should contact in Morocco.

We are hoping to receive positive reply on our request. Please feel free to contact us if you have any inquiries.

We need your help.

Sincerely,

Andy Jeon

Mobile: +82 10 6722 8466

Tel. +82 2 459 8466

Fax. +82 2 445 8395

Website: <http://wjem.net/>

### (3) 향후 추진 계획

지속적으로 기술문서를 업데이트하여, 준성특허법률사무소 및 AJ트레이드파트너스를 통한 메일링 시도

---

## 라. 브라질-살바도르 메트로(현대로템)

### (1) 국내 차량제작사와 협력

1) 현대로템 : 2013년 12월 살바도르 메트로 2호선 전동차 112량 수주

2) 2016년 6월

- 시험운행 중인 차량에 개발성과물 현차시험 추진 협의
- 현차시험 제안서 검토 후 10개월간 현차시험 진행으로 담당자간 협의 완료
- 제품 공인성적서 미비 사유로 일정 연기

3) 2017년 6월

- 우진 → 현대로템 : 현차시험 제안서 및 공인성적서 제시
- 현대로템 → 우진 : 2016년 당시에는 차량기지내 시운전 중으로 차량제작사 재량으로 현차시험(구내 시운전) 진행이 가능하였지만, 현재는 살바도르 메트로의 승인을 받아야 하는 사항으로 시험진행이 어려움.

### (2) 향후 추진 계획

1) 현대로템을 통한 살바도르 메트로 현차시험 제안서 제출

- 현대로템 ↔ 살바도르 메트로 현차시험 관련 협의 : 2017년 8월 ~ 12월

2) 현차시험 가능성 계획 접수

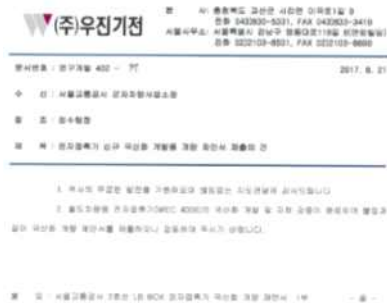
- 우진 ↔ 현대로템 ↔ 살바도르 메트로 업무 협의 후 진행

## 5.3 제품 상용화 활용계획

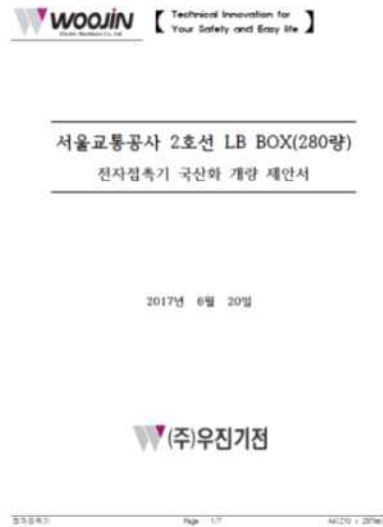
가. 국내 차량운용사 현차시험 의뢰(국내 DC 1,500[V] 가선라인)

(1) 서울교통공사 - 군자차량사업소 현차시험 제안 제출 및 공문 접수(2017.06.21.)

< 현차시험 제안 공문 >



< 현차시험 제안서 >



- 제작 및 설치 계획

| 구분 | 상세계획       | 상세일정 |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  |            | 비 고 |
|----|------------|------|--|--|-----|--|------|--|------|--|------|--|------|--|--|--|------------|-----|
|    |            | 30일  |  |  | 60일 |  | 180일 |  | 300일 |  | 420일 |  | 450일 |  |  |  |            |     |
| 1  | 시험품 제작     |      |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  | 제안서 승인 시   |     |
| 2  | 자체 성능검증    |      |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  |            |     |
| 2  | 현차 설치 및 시험 |      |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  | 정적, 동적시험   |     |
| 4  | 현차 신뢰성 검증  |      |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  | 360일(12개월) |     |
| 5  | 현차시험 완료 보고 |      |  |  |     |  |      |  |      |  |      |  |      |  |  |  |            |     |

(2) 한국철도공사, 부산교통공사 및 대구지하철공사 현차시험 제안 추진중

운용년수 15년 이상의 차량 대상으로 제안 예정

(3) 향후 투자계획

DC 1,500[V]용 신규 아크슈트 제작

| 품명             | 구분 | 단가(예상가)    | 수량 | 금액         |
|----------------|----|------------|----|------------|
| ARC CHUTE BODY | 금형 | 15,000,000 | 1  | 15,000,000 |
| ARC GRID       | 금형 | 1,500,000  | 1  | 1,500,000  |
| ARC HORN       | 금형 | 1,000,000  | 1  | 1,000,000  |
| 합계             |    |            |    | 17,500,000 |

## 나. 국내 시험설비 적용

- (1) 신재생 에너지(ESS) 및 변전설비용 직류 개폐기 적용
- (2) 고압용 시험설비 및 시험기용 제품 적용
- (3) 개발품 적용실적

### < 에너지 저장장치용(ESS) >

서진아이앤씨  
HID : SP20170720-01

**발 주 서**  
발주번호: 317-05-09715 PAGE: 1 / 1

(주)우진기전 귀하  
발주일자: 2017년 07월 20일  
TEL: 043-630-5325 FAX: 043-633-3419  
납기일 내에 인도해 주시기 바랍니다.

발주처: (주)우진기전  
주 소: 충청남도 천안시 동남구 도동로 355-2 (신원동 355-2)  
납 대: 도매점  
종 목: 전기, 전자  
전화번호: 043-211-6536 팩스번호: 043-211-6537

합계금액: 발주 금액 1,850,000 (부가세 포함)

| 순번 | 품목명/규격                                | 단위 | 수량 | 단가          | 공급가격      | 세액      | 비고 |
|----|---------------------------------------|----|----|-------------|-----------|---------|----|
| 1  | MAGNETIC CONTACTOR<br>WEC4000 DC TYPE | EA | 1  | 1,500,000.0 | 1,500,000 | 150,000 |    |
| 합계 |                                       |    |    |             | 1,500,000 | 150,000 |    |

납기일자: 2017-12-11 납품장소: 천주본사  
유출일자: 납품조건  
비고:

수신: 송지매 귀하 010-8540-4567 발신: 안동현 010-8208-2070

### < 김포 전동차 시험기용 >

서진아이앤씨  
HID : 201707210001

**발 주 서**  
발주번호: 317-05-09715 PAGE: 1 / 1

(주)우진기전 귀하  
발주일자: 2017년 07월 21일  
TEL: FAX:  
납기일 내에 인도해 주시기 바랍니다.

발주처: (주)우진기전  
주 소: 경기도 성남시 분당구 분당로 355-2 (신원동 355-2)  
납 대: 최조현  
종 목: 전기, 전자  
전화번호: 031-777-3750 팩스번호: 031-777-3752

합계금액: 발주 금액 3,300,000

| 순번 | 품목명/규격                                                     | 단위  | 수량 | 단가        | 공급가격      | 세액      | 비고 |
|----|------------------------------------------------------------|-----|----|-----------|-----------|---------|----|
| 1  | DC400V 600A급 전자기촉탁기 (WEC-4000)<br>종목: (DC400V) 전자기촉탁기 600A | SET | 2  | 1,500,000 | 3,000,000 | 300,000 |    |
| 합계 |                                                            |     |    |           | 3,000,000 | 300,000 |    |

납기일자: 발주후 3개월 납품장소:  
유출일자: 납품조건  
비고:

수신: 우진기전 귀하 043-630-5331

### < 부하 시험기용 >

(주)도마테크  
THOMA TECH

REF NO: 1707-01 DATE: 2017.06.28

**발 주 서**

受 領: 南 東 振 機 電 商 社: 南 東 振 機 電 商 社  
參 照: 南 東 振 機 電 商 社 南 東 振 機 電 商 社 南 東 振 機 電 商 社  
件 名: 전자기촉탁기 代 表: 남 동 진  
納 期: 발주 후 3개월 主 體: 南 東 振 機 電 商 社  
TEL: 032-233-1964 FAX: 032-672-1964

아래와 같이 발주합니다.

| NO | 품 명              | 규격                             | 단위  | 수량 | 단가        | 금액          | 비고 |
|----|------------------|--------------------------------|-----|----|-----------|-------------|----|
| 1  | 전자촉탁기 (WEC-4000) | 사용정전DC4000V/정전전류600A (부하 시험기용) | SET | 3  | 1,500,000 | 4,500,000   |    |
| 2  | * 당사 공장 납품 바랍니다. |                                |     |    |           |             |    |
| 3  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 4  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 5  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 6  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 7  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 8  |                  |                                |     |    |           |             |    |
| 합계 |                  |                                |     |    |           | ₩ 4,500,000 |    |

## 제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

---

### 6.1 철도차량용 국제 표준 규격

- IEC 60077-1 Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Part1 : General service conditions and general rules (KS 번역본)
- IEC 60077-2 Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Part2 : Electro technical components - General rules (KS 번역본)
- IEC 60077-3 Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Part3 : Electro technical components - Rules for d.c circuit-breakers (KS 번역본)

### 6.2 해외 학회 논문 자료

- J. Jebramcik, F. Berger(2014), 「Observations on switching characteristics of arc chutes in DC contactors」, 『International Conference on Electrical Contacts』
- M. Hasegawa(2014), 「Break arc behaviors of Ag and AgSnO<sub>2</sub>c contact pairs under different contact opening speeds in DC load circuits」, 『International Conference on Electrical Contacts』
- H. Horfmann, C. Weindl(2012), 「Arc Movement Inside an AC/DC Circuit Breaker Working With a Novel Method of Arc Guiding:Part1-Experiments, Examination, and Analysis」, 『IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE』, VOL.40(NO.8)
- O. Nilsson(2004), 「Replacement of AgCdO by AgSnO<sub>2</sub> in DC contactors」, 『IEEE Holm Conference on Electrical Contacts』

### 6.3 해외 특허 자료

- P. Noisette, Y. Alphand(2012), 「Arc chute for a circuit breaker, circuit breaker and method for assembling an arc chute」, Patent WO2012025555 A1

## 제7장 연구개발성과의 보안등급

---

- 일반과제

---

## 제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·

### 장비 현황

| 구입<br>기관 | 연구시설/<br>연구장비명 | 규격<br>(모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입 가격<br>(천원) | 구입처<br>(전화번호) | 비고<br>(설치 장소) | NTIS장비<br>등록 번호 |
|----------|----------------|-------------|----|--------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|          |                | 해당사항 없음     |    |        |               |               |               |                 |

## 제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

---

### 9.1 안전 조치 이행 계획

가. 주관연구기관 (주)우진기전

(1) 상시 근로자 50명 이상으로 산업안전보건법이 적용되는 사업장에 해당되며,  
산업안전법 제31조(안전·보건교육)에 따라 사업주는 연구원에 대하여 매분기  
3시간의 안전·보건에 관한 교육을 실시

(2) 사업주는 연구원을 채용할 때에는 8시간 이상, 작업내용을 변경할 때에는  
2시간 이상 해당 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 교육을 실시

(3) 사업주는 유해하거나 위험한 시험을 하는 연구원에 대해서는 2시간 이상  
그 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 특별교육을 실시

(4) 연구원 정기안전·보건교육 내용

- 산업안전 및 사고 예방에 관한 사항
- 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항
- 건강증진 및 질병 예방에 관한 사항
- 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항
- 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항

(5) 관리감독자 정기안전·보건교육 내용

- 작업공정의 유해·위험과 재해 예방대책에 관한 사항
- 표준 안전 작업방법 및 지도 요령에 관한 사항
- 관리감독자의 역할과 임무에 관한 사항
- 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항
- 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항
- 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항

(6) 채용 시의 교육 및 작업내용 변경 시의 교육 내용

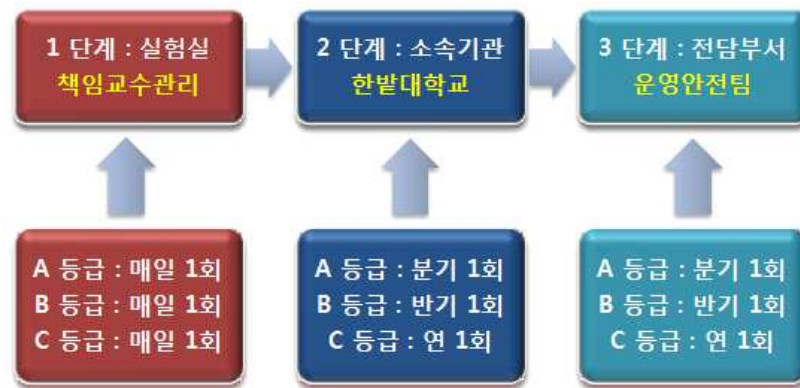
- 기계·기구의 위험성과 작업의 순서 및 동선에 관한 사항

- 작업 개시 전 점검에 관한 사항
- 정리정돈 및 청소에 관한 사항
- 사고 발생 시 긴급조치에 관한 사항
- 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항
- 물질안전보건자료에 관한 사항
- 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항

#### 나. 위탁연구기관 (한밭대학교 산학협력단)

##### (1) 연구실 안전 점검 체계 및 실시

###### ■ 안전 점검 체계



- 위험등급별로 환경안전점검을 단계별로 체계화하여 관리함

###### ○ 관리위험등급

- A 등급 : 가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실
- B 등급 : 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생실험실
- C 등급 : 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

###### ■ 실험실 정밀안전진단 실시

- 대상 : 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실, 과학기술 부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구실
- 실시 : 2년마다 1회 실시하여 교육과학기술부에 보고

## 2. 교육 훈련

- 실시 : 연간 2회 사이버 환경안전교육
- 대상자 : 교수, 대학원생, 실험조교, 전문직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등

## 3. 보험 가입 현황

| 보험명              | 보상 내용                                                      | 대상           | 주관 부서                                |
|------------------|------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 연구활동종사자<br>안전 보험 | 사망시 : 1억원<br>의료비 한도 : 1 천만원<br>상해/후유 정도에 따른 보상 : 약관에<br>따름 | 학부생,<br>대학원생 | 안전관리부서<br>총괄관리<br>(한밭대학교<br>공동실험실습관) |
| 교직원 단체 보험        | 보장금 : 5 천만원<br>사망 및 등급별 장해 보장<br>암 치료비 : 1 천만원             | 교직원          | 인사팀<br>(교과부 산하기관<br>통합 계약)           |

## 9.2 안전조치 이행 실적

### 가. 주관연구기관 (주)우진기전

- (1) 이행 실적 : 대한산업안전보건협회의 위임을 받아 매월 1회 1시간의 자체 교육을 실시함  
(연구 사무직 1시간, 생산직 2시간)
- (2) 교육 내용 : 계절별 재해예방 대책 교육, 화재 예방 및 소화교육, 수공구 사용에 대한  
재해 예방 교육 등 대한산업안전협회에서 자료를 받아서 교육을 실시함.



[그림 9-1] 자체 소방교육

나. 위탁연구기관(한밭대학교 산학협력단)

(1) 교육 실시 : 연가 2회 사이버 환경안전교육 실시

(2) 교육 대상자 : 교수, 대학원생, 실험조교, 전문직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및  
업체직원 등



[그림 9-2] 한밭대학교 사이버 환경안전교육 시스템

## 제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

| 번호 | 구분<br>(논문/<br>특허/<br>기타) | 논문명/특허명/<br>기타                          | 소속<br>기관명 | 역할 | 논문<br>게재지/<br>특허 등록<br>국가 | 영향력<br>지수 | 논문 게재일<br>/특허 등록일 | 사사 여부<br>(단독 사사<br>또는<br>중복 사사) | 특기 사항<br>(SCI<br>여부/인용<br>횟수 등) |
|----|--------------------------|-----------------------------------------|-----------|----|---------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1  | 학술대회<br>발표               | 철도 차량용 직류<br>기중차단기의<br>소호력 예측           | 한밭대<br>학교 | 위탁 | ‘16<br>한국철도학회<br>추계학술대회   |           | 2015.10           | 1/1<br>(단독)                     |                                 |
| 2  | 학술대회<br>발표               | 유한요소법을<br>이용한 전자코일의<br>코어 접촉면에 대한<br>연구 | 한밭대<br>학교 | 위탁 | ‘16<br>한국철도학회<br>추계학술대회   |           | 2015.10           | 1/1<br>(단독)                     |                                 |
| 3  | 논문<br>게재                 | 철도 차량용 직류<br>고속도 차단기의<br>그리드 특성 해석      | 한밭대<br>학교 | 위탁 | 한국철도학회<br>논문집<br>제19권 2호  |           | 2016.04           | 1/1<br>(단독)                     |                                 |
| 4  | 논문<br>게재                 | 철도차량용<br>전자접촉기<br>전자코일의<br>전자기력 특성 연구   | 한밭대<br>학교 | 위탁 | 한국철도학회<br>논문집<br>제19권 3호  |           | 2016.06           | 1/1<br>(단독)                     |                                 |
| 5  | 특허<br>출원                 | 전자 접촉기의<br>아크슈트                         | 우진<br>기전  | 주관 | 대한민국                      |           | 2016.10(출원)       | 1/1<br>(단독)                     |                                 |
| 6  | 특허<br>출원                 | 전자 접촉기의<br>전자코일                         | 우진<br>기전  | 주관 | 대한민국                      |           | 2016.10(출원)       | 1/1<br>(단독)                     |                                 |

## 제11장 기타 사항

---

- 없음

---

## 제12장 참고 문헌

---

### 1. 제조사 카탈로그

- 1) 자사 전자접촉기 : WIS 1510
- 2) SCHALTBAU 社 전자접촉기 : 모델 CT1130 / 04 및 CT1130 / 08
- 3) SECHERON 社 전자접촉기 : 모델 SEC40.10
- 4) MICROELECTRICA SCIENTIFICA 社 전자접촉기 : LTE4-600
- 5) TELEMA 社 전자접촉기 : CGC 4040A1 ED10S

### 2. TOSHIBA 社 기술자료

- 1) 직류 전자코일 계산법(No. 42)
- 2) 차량전기기기용 접촉자(78-6-20)

### 3. OMRON 社 기술자료

- 1) 일반 릴레이 기술가이드([www.fa.omron.co.jp](http://www.fa.omron.co.jp)) p25

### 4. 자사 설계표준

- 1) WES-I-400000 : 내전압시험 및 절연거리

### 5. KS규격

- 1) KS C 3107
- 2) KS C IEC60077-1 철도차량용 전기설비 제1부 : 일반 요구사항
- 3) KS C IEC60077-2 철도차량용 전기설비 제2부 : 전기부품의 일반 요구사항
- 4) KS C IEC60850 철도용 견인시스템의 공급전압
- 5) KS C IEC60672-2 세라믹 및 유리 절연재료 - 제2부 : 시험방법
- 6) KS C IEC61373 철도차량설비의 충격 및 진동시험방법
- 7) KS R 9197 철도차량의 절연저항 및 내전압시험방법
- 8) KS C 2115 전기절연용 세라믹재료 시험방법

### 6. IEC규격

- 1) IEC60077-1 Railway applications - Electric equipment for rolling stock  
- Part 1 : General service conditions and general rules
- 2) IEC60077-2 Railway applications - Electric equipment for rolling stock  
- Part 2 : Electrotechnical components - General rules
- 3) IEC77 Rules for electric traction equipment

---

## 7. 참고 도서

- 1) 고전압 대전류공학, 청문각, 이복희, p112-122
- 2) High voltage circuit breaker design and application, Ruben D. Garzon, p1-12, p123-125
- 3) Power circuit breaker theory and design, C.H. Flurscheim, p25

## 8. 참고 논문

- 1) O. Nilsson(2004), 「Replacement of AgCdO by AgSnO<sub>2</sub> in DC contactors」, 『IEEE Holm Conference on Electrical Contacts』
- 2) H. Horfmann, C. Weindl(2012), 「Arc Movement Inside an AC/DC Circuit Breaker Working With a Novel Method of Arc Guiding:Part1-Experiments, Examination, and Analysis」, 『IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE』, VOL.40(NO.8)
- 3) Investigation on arc behavior during arc motion in air dc circuit breaker(IEEE TRANSACTION ON PLASMA SCIENCE, Vol. 41, No. 9, SEPTEMBER 2013)
- 4) DC-Arc models and Incident-Energy Calculations(IEEE Transactions on industry applications, Vol. 46, No. 5, Sep/Oct. 2010)
- 5) Temperature rise behavior of  $Ag/SnO_2$  contact materials for contactor applications (ELECTRICAL CONTACTS - 2009, THE FIFTY-FIFTH IEEE HOLM CONFERENCE ON ELECTRICAL CONTACTS, p200 ~ p205)
- 6) Simulation and experimental analysis of arc motion characteristics in air circuit breake(Plasma science and technology, Vol. 18, No. 3, Mar. 2016)
- 7) Simulation of the effects of several factors on arc plasma behavior in low voltage circuit breaker(Plasma science & technology, Vol.7, No.5, Oct. 2005)
- 8) Modelization and analysis of the electric arc in low voltage circuit breakers(Universidad del pais vasco, Ms. Aritz Iturregi Aio, p9 ~ p41, 2013)