

경량전철 급전전력 보호 제어용 직류배전반 개발(I)

Development of DC switch gear for LRT system protection and control(I)

김남해* ,백병산** ,전용주*** ,김지홍**** ,이병송***** ,김종우*****
N.H Kim B.S Baek Y.J Jeon J.H Kim B.S Lee J.W Kim

Abstract

This paper presents general concept of DC switch gear(DCSWGR). Normally, DCSWGR consist of Digital protection unit(DPU), High Speed Circuit Breaker(HSCB), Disconnect Switch (DS), Programmable Logic Control(PLC), Auxiliary Relays and etc.

Most of the components has its special characteristics and their interface between each others are various and complex. In this paper every constituent general design are preceded and interface between each component are examined. And also DCSWGR operation logic with logical diagram including interlock signal are introduced.

1. 서론

경전철의 수요가 급증하고 있는 현시점에서 국내엔 아직 시스템 구축 경험이 없고 표준화가 이루어지지 않아 많은 부분을 외국 선진사에 의존하고 있는 실정이다. 이 중 직류 배전반의 경우는 전량수입에 의존하고 있어 개발이 시급하다. 이에 본 논문에서는 건교부 지원 철도연 주관으로 진행중인 “경량전철 전력공급 시스템 기술개발“ 과제를 바탕으로 시험선에 설치 운영될 각종전력설비의 구성과 배치 그리고 부속 기기의 일반사양과 특성에 대하여 분석하였으며 이들간의 인터페이스 관계에 대하여 연구를 진행하였다. 특히 인터록 신호를 고려한 직류 배전반(DCSWGR)의 개발관련 운전 로직 구성을 반별(LineFeeder, Bypass , Rectifier output, Inverter Input, Negative)로 작성하였으며 디지털 보호계어장치 외 설치되는 보호릴레이(29, 32, 64, 85, 86 등)와의 인터페이스 관계를 포함하였다. 향후 시험선의 시운전을 통하여 전력설비별 인터페이스 및 인터록 신호의 타당성 및 적정성을 검토할 것이며 각 지자체에 건설계획중인 경량전철 시스템에 적용할 수 있도록 구축할 계획이다.

* 현대중공업 기계전기연구소, 전력기기연구실장, 공학사, 031-289-5151, nhkim@hhi.co.kr
** 현대중공업 기계전기연구소, 전력계통팀장, 공학석사, 031-289-5190, bsbaek@hhi.co.kr
*** 현대중공업 기계전기연구소, 연구원, 공학석사, 031-289-5192, joos@hhi.co.kr
**** 현대중공업 기계전기연구소, 연구원, 공학석사, 031-289-5192, milsad@hhi.co.kr
***** 한국철도기술연구원 책임연구원, 공학박사, 031-461-8531(교421), bslee@krri.re.kr
***** 인택전기전자(주) 부장, 공학사, 031-226-5766, jwkim@enecene.co.kr

2. 본 론

2.1 급전 시스템의 구성

전기철도 시스템은 전력공급시스템(변전설비), 부하인 차량 및 이를 연결하는 전차선과 귀환 레일로 구성되어있다. 이 중 전철용 변전설비는 약간의 차이는 있으나 일반적으로 그림 1과 같이 AC 특고압 배전반, 정류기용 변압기, 정류기, 직류배전반, 제어전원설비(충전기, 축전지), SCADA 시스템으로 구성되며 사용되는 전력은 차량 전력공급용 급전전력과 차량기지 및 역사 설비용 부하 전력으로 나뉜다.

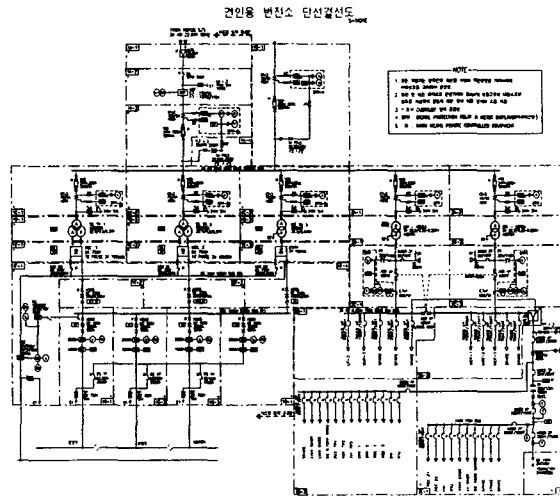


그림 1 전력공급시스템 단선도

2.2 직류배전반의 구성 및 사양

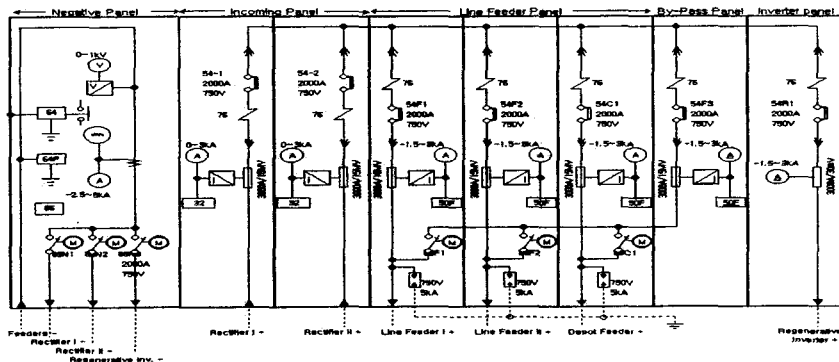


그림 2 DCSWGR의 일반 배치도

시험선 구축을 위한 직류배전반 설비는 Negative, Incoming, Line-Feeder, Bypass-Feeder, Regenerative Inverter-Feeder panel로 구성되며 각배전반별 구성요소 및 그 배치는 그림 2와 같다.

고장선택 계전기능(50F)을 포함하는 디지털 보호제어장치 외에 필요에 따라 접지 계전기(64), 연락차단 계전기(85) 역전류계전기(32), 중고장 계전기(86)등을 설치하여 시스템의 안정화를 도모하였다. 시험선 적용 기준으로 한 직류고속도 차단기(54)의 일반사양을 표1에 나타내었으며 배전반의 사양 및 보호기능을 표 2에 나타내었다.

표 1 고속도 차단기의 일반사양

구 분	내 용	구 분	내 용
정격최고전압[V]	DC 800	정격 개극 시간	By Mechanism 30[ms] 이하
정격사용전압[V]	DC 750		By Release Trip 10[ms] 이하
극 수	1극	절연 내력	극간 [V] 15,000
정격전류 [A]	2000		극간/상-대지[V] 10,000
정격차단과 전압[V]	1.5~3×정격전압		제어회로절연 강도(kV/1분) 2
정격투입 차단용량[V]	50[kA]/τ10 (ΔI=5[A]/μs)	과전류 Release Pick up [kA]	2~8
표준동작책무	O-2[min]-CO-2[min] -CO-10[s]-CO	차 단 방 식	기중차단
기계적 내구성	10,000회	보 조 접 점	5 double contacts(NO:5, NC:5)
정격동작전압 [V]	DC 110	적 용 규 격	IEC77 외
조작방식	전기조작식	중 량	147[kg]

표 2 각 배전반의 사양 및 기능

종류	사양, 주요부품	보호기능	종류	사양, 주요부품	보호기능	비고
Rectifier Output or Incoming	· 750V, 2000A, 50kA · 500, 1600, 2200 · HSCB · 제어스위치(원격/현장) · 메터류(A) *(V)	76,32	Bypass Feeder	· 750V, 2000A, 50kA · 800, 1600, 2200 · HSCB · 제어스위치(원격/현장) · 메터류(A) *(V)	50F,LTD 76, 85	
Inverter Input	· 750V, 2000A, 50kA · 500, 1600, 2200 · HSCB · 제어스위치(원격/현장) · 메터류(A, V, W)	76	Negative Feeder	· 750V, 2000A, 50kA · 800, 1600, 2200 · DS · 제어스위치(원격/현장) · 메터류(A, V, W) * 통신제어장치	86,64	
Line Feeder	· 750V, 2000A, 50kA · 800, 1600, 2200 · HSCB, DS, LA · 제어스위치(원격/현장) · 메터류(A) *(V)	50F,LTD 76, 85				

2.3 디지털 보호제어장치

디지털 보호제어장치는 시스템의 보호는 물론 배전반 내에 설치된 차단기, 단로기 및 각종 스위치 등의 장치를 제어할 수 있어야 하며 배전반 또는 해당구역 내에서 발생하는 신호들을 모두 분석할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 각 배전반 상호, 상단 시스템(SCADA)으로 통신 신호를 전송할 수 있는 기능을 구비하여야 한다. 따라서 보호기능 외 각종장치와 신호를 주고받는 인터페이스의 설계는 상당히 복잡하며 보호알고리즘의 설계와 더불어 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

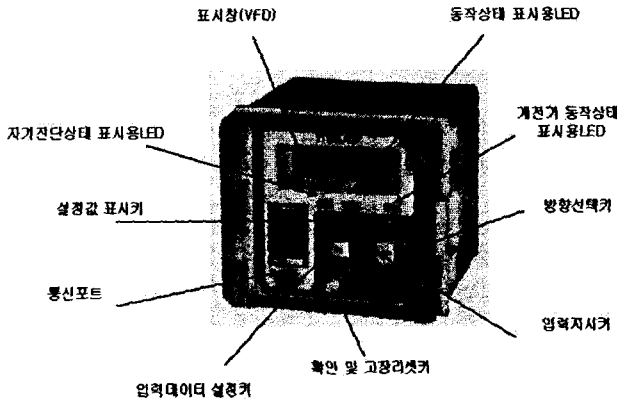


그림 3 보호제어장치 외형 및 기능

시험선에 적용하고자 개발, 제작한 보호 제어장치의 전면도 외형은 그림 3과 같으며 후면은 AI, AO, DI, DO 및 통신포트(상단 SCADA 용 및 하단 PLC 용)로 구성되어있다.

시험선용 디지털 보호제어장치는 3개의 AI 포트를 이용하여 직류 급전전력의 상태를 감시하며 20개 이상의 DI 및 20개 이상의 DO(각 배전반별 상이)를 이용하여 HSCB, DS, 각종 릴레이, 스위치 등을 제어한다. 또한 RS-232, 485 통신 단자를 이용하여 상단 SCADA 시스템과 각 배전반 상호 통신을 수행하며 대표적인 기능은 아래와 같다.

- 계측기능: AI용 전압, 전류를 계측하여 자체 VFD창을 통하여 확인가능
- 통신기능: 디지털 보호제어장치가 감지하는 모든 정보(차단기, 계측기, 계전기 스위치 동작상태)를 RS-232, 485 통신을 이용하여 송수신 가능
- 원격제어 및 감시 기능: 통신포트를 이용 SCADA로부터의 명령수행(차단기, 단로기, 스위치 등 원격제어) 및 시스템(기기) 감시
- 이벤트 기록기능: 최근 16개의 사고기록을 보관 및 표시가능
- 자기진단기능: 장치의 정상적인 기능 유지를 위하여 자체 CPU, 전원출력, 메모리, 정정부 감시 가능

2.4 직류배전반의 로직설계

각반별 전력기기의 구성요소를 파악하여 로직을 설계하였으며 그림 4-1,2에 Line-Feeder반의 설계를 예로 나타내었다. 로직내에 DI 입력, DO 출력과 각 기기(HSCB, DS, 각종보호계전기)의 인터록 신호, 반별 전송 요망되는 통신 신호를 표시하였으며 정상, 고장 또는 이상상황 발생시 지시등을 점등토록 설계하였다.

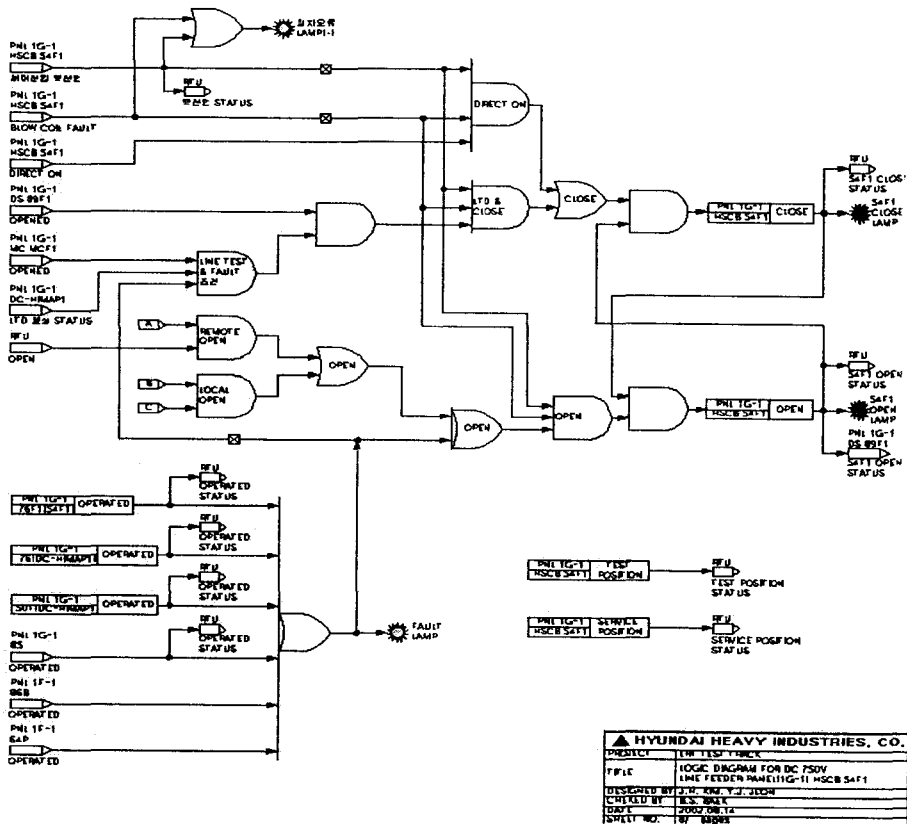


그림 4-1 Line-Feeder panel의 로직설계1

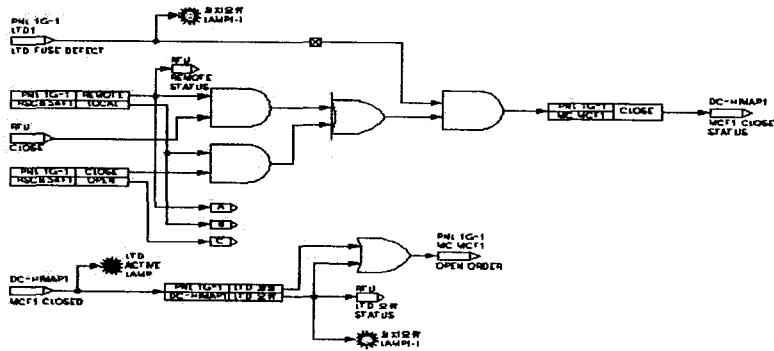


그림 4-2 Line-Feeder panel의 로직설계2

2.4 직류보호 계전 알고리즘(50F)

근거리 사고의 경우 사고전류는 운전전류와 크거나 기울기 면에서 확실한 차이를 보여 쉽게 구분이 가능하나 원거리 사고나 고저항 사고의 경우는 운전전류와 고장전류의 판별이 곤란한 경우가 발생할 수 있으며 보호 시스템 구축시 반드시 고려되어야 한다. 따라서 두 경우를 분리하여 보호기능을 수행할 수 있도록 알고리즘이 작성되었으며 처리속도 향상 및 신뢰성 증진을 위하여 안

전운전부를 설정하였다.

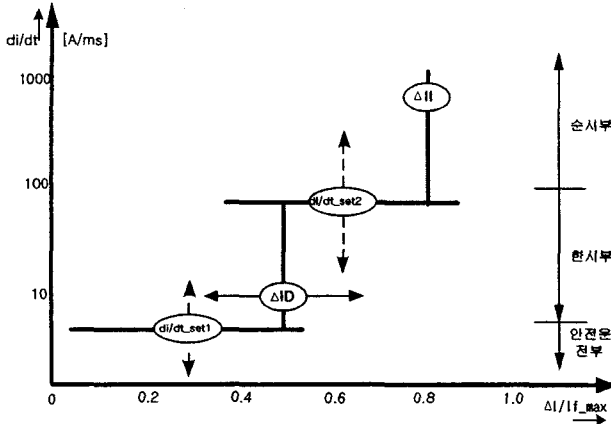


그림 5 고장선택계전기 동작특성

측정된 전류의 di/dt 값에 따라 순시동작부(Instantaneous part) 또는 한시동작부(Delayed part)와 안전운전부로 구분된다. 이 중 한시동작부는 di/dt , ΔI 가 상대적으로 작은 원거리 단락사고의 경우에 이를 정상운전전류와 구별하는 역할을 수행하게 된다. 각 동작부는 전류 변화량의 기준값인 ΔID , ΔII 을 가지며, 순시동작부에서는 이 기준값을 넘어 사고전류로 판별되면 즉각적으로 차단신호를 발생하고, 한시동작부에서는 일정 시간지연 후에 차단신호를 발생시킨다.

3. 결 론

본 논문에서는 시험선용 직류 경전철 급전계통 시스템과 직류배전반 및 각종 유니트를 설계하였으며 특히 각반별 로직설계와 개발 보호계전장치의 특징에 대하여 기술하였다.

구축중인 경량전철 전력공급시스템의 직류배전반은 각 반별로 개별적인 로직구성을 가지고 있으며 로직외에 배전반내 기기와, 각 보호장치간 또는 상위 SCADA시스템과의 통신제어기능을 수행하기 위한 인터페이스의 설계가 보호계전장치는 입출력 신호의 원활한 처리를 위하여 20개 이상의 DI, DO를 가지고 있으며 상단 및 하단으로의 통신인터페이스가 구성되어있다.

금년 말부터 착공예정인 시험선에 현재 제작중인 각종 급전설비로 시스템을 구축할 예정이며 특히 본 논문에서 소개한 DC 배전반 유니트는 급전 시스템에서 가장 중요한 보호제어 설비로 신뢰성 확보를 위하여 발생 가능한 시행착오를 최소화하고 시운전 기간을 통하여 관련 엔지니어링 기술을 확립할 계획이다. 또한 선진외국사 제품과 차별적 특성 구현 및 국내 고유 모델을 개발하여 국제 경쟁력을 확보할 수 있도록 추진할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 김남해 외(2002), "경전철 시험선로의 직류 보호시스템 및 보호계전기 설계" 대한전기학회 하계학술대회
- [2] 철도청(2000), "철도용품 표준규격(안) 배전반(디지털화)"
- [3] Alberto Berizzi et al, "Short-Circuit Current Calculations for DC Systems" IEEE 1994
- [4] Dr Jianguo Yu et al, "DC Power System Studies for Jubilee Line", Cegelec Project Ltd, IEE, savoy place, London W2ROBL 1997
- [5] J.C. Brown et al, "Calculation of remote short circuit fault currents for DC railways" IEE Proceedings-B, Vol. 139, No4, July 1992
- [6] J.C. Brown et al, "Six-pulse three-phase rectifier bridge models for calculating closeup and remote short circuit transients on DC supplied railways" IEE Proceedings-B, Vol. 138, No6, November 1991
- [7] 日本電氣學會, "再生車輛に 對應した 直流變電所容量 設計法", 電氣學會技術報告 (II) 第360号, 1991
- [8] 社團法人 鐵道電化協會, "電鐵ノートキ電回路保護システム" 1989