

500MVA 대전력시험설비의 모터구동시스템

정홍수, 나대열, 김선구, 노창일, 김원만, 이동준
한국전기연구원

Drive system for 500MVA high-power testing facility

Heung-Soo Jung, Dae-Ryeol La, Sun-Koo Kim, Chang-il Roh, Won-Man Kim, Dong-Jun Lee
KERI

Abstract - This paper introduces the drive system for 500MVA short-circuit generator. Drive system is usually low-voltage, but this system is 2300 V high-voltage using Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT). Drive system consists of switchgear, 18-pulse transformer, converter(source bridge), inverter(load bridge) and control rack. In this paper, It describes the fuction and construction of each part.

- 장시간 사용하기 위하여 유입 콘덴서 사용
- 리플이 적은 DC 전압을 얻기 위하여 3상 18-펄스 입력전원 사용
- 5-레벨 인버터를 사용한 출력전압

2.2 구동시스템의 구성

구동시스템은 그림-1과 같이 스위치기어, 18-펄스 변압기, 컨버터, 인버터, 콘트롤부로 구성되어 있다. 각 부분의 자세한 기능은 다음과 같다.

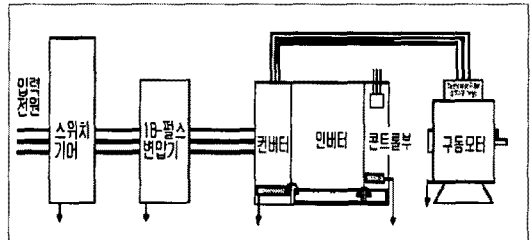


그림-1 구동시스템의 구성도

1. 서 론

경기도 의왕시의 한국전기연구원(KERI)에 소재하는 500MVA 대전력시험설비는 각종 충전기기의 단락차단, 단시간 및 부하개폐성능을 평가하는 시험설비로서, 단락발전기, 투입 스위치(Making switch), 후비보호 차단기(Back-up Breaker), 고압변압기, 저압변압기 및 측정시스템(DAS) 등으로 구성되어 있다. 이 시험설비 중 단락발전기는 시험전원을 공급하는 가장 핵심설비이며, 대전력시험의 특성상 주로 단락상태에서 운전된다. 따라서 발전기는 정상상태의 용량보다 단락용량(보통 3Cycle 지점에서의 출력용량)이 더욱 중요하다. 또한 시험횟수만큼 단락상태와 정상상태가 반복되고, 단락시험시간(수 ms ~ 수 초)동안 감쇄없이 출력을 유지하여야 하므로 단락발전기의 운전은 매우 세심한 주의가 필요하다. 이 단락발전기는 동일축에 연결된 구동모터에 의해서 구동이 되므로, 발전기를 효율적으로 운영하기 위해서는 구동용 모터와 모터구동 시스템에 대한 정확한 이해가 필요하다. 여기에서는 그 중 모터구동 시스템에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 개요

대부분의 구동시스템은 저압용이나, 500MVA 대전력 시험설비에 사용되는 모터 구동시스템은 2300 V의 고압용이며, PWM(Pulse Width Modulation) 방식이다. 500 MVA 단락발전기를 구동하기 위한 모터(1000 kW 2300 V(L-L) 310 A 3600 RPM)를 구동시키며, 단락발전기를 정지시키기 위한 제동저항(3.365 227 kW 3700 V.d.c. 260 A 240 sec)을 갖추고 있다. 이 구동시스템의 특성은 다음과 같다.

- 최대 냉각효과를 얻고, 공간을 효율적으로 이용하기 위하여 열교환기와 냉각팬을 일체화
- 3300 V급의 IGBT 사용
- 회로에 발생하는 써지등을 흡수/제거하기 위하여 Laminated Bus 사용

2.2.1 스위치기어

18-펄스 변압기(컨버터의 입력전원용)의 1차측에 회로 보호용 스위치기어를 사용하는데 이는 단락 및 과부하로부터 구동시스템을 보호한다. 콘덴서를 포함한 구동시스템은 3개의 DC 링크를 갖는데, 이 DC 링크는 스위치기어가 투입되기 전에 충전회로를 통하여, DC 전압을 충전하여야 하는데 이는 스위치기어가 투입될 때 DC 링크 전압의 오버슈트를 방지하고 정류용 다이오드를 통한 돌입전류를 억제하기 위함이다.

충전회로는 선로의 6600 V.a.c. 전압을 단상 115 V.a.c.로 낮추기 위한 소형변압기와 회로 보호 및 구동시스템의 초기 충전 시퀀스를 확인하기 위하여 소형변압기 전단에 퓨즈를 설치하고, 사용자에게 의한 오조작을 방지하기 위하여 Lockable load break 스위치를 설치한다.

충전회로는 단상 115 V.a.c.인 입력전압을 DC 링크 전압에 필요한 3500 V.d.c.로 상승시켜 충전을 하며, 충전하는 동안에 전류를 제한하기 위한 저항을 가지고 있고, 초기 충전시간은 60초이다.

초기 충전 시퀀스를 시작하기 위해서는 스위치기어의 상태, 구동 시스템 내부 기기의 설정상태, Lockable load break 스위치의 상태 및 충전회로에 대한 115 V.a.c.의 공급상태, 냉각용 팬의 상태 등이 정상이어야 한다. 충전하는 동안 DC 링크 전압을 검출하여 DC 링크가 충전되는지 확인을 하며, 세팅시간 이내(60초)에 DC 링크가 정격 전압까지 충전되지 않으면 여러 메시지를 생성하며, 초

기 충전 시퀀스를 중지한다. DC 링크가 충전되면 초기 충전회로는 Turn-off 되고, 스위치기어를 투입시킨다. 스위치기어가 투입되면, 컨버터의 다이오드에 전원전압이 인가되어 DC 링크 전압을 정격 DC 링크 전압으로 상승시킨다. 그리고 구동시스템의 출력은 스위치기어가 개방되기 전에 중지되어야 하는데, 만일 스위치기어가 구동시스템의 운전 중에 개방되면, 여러 메시지를 생성하며, IGBT의 스위칭을 자동으로 중단시킨다. 스위치기어가 개방되면 DC 링크의 전원전압이 차단되고, DC 링크 콘덴서는 5분 이내에 방전저항을 통하여 DC 전압을 방전한다. 따라서 구동시스템을 재시작하기 위해서는 콘덴서 충전 시퀀스를 다시 시작하여야 한다.

2.2.2 18-펄스 변압기

3상 6600/860 V EXT. DELTA (-20, 0, +20 deg.) 1200 kVA의 변압기는 정류하기 위한 9개의 직렬 다이오드회로(각 상에 3개씩)에 입력전원을 공급하며, 2차권선은 선로전류의 제5, 7, 11, 13고조파 전류를 없애기 위하여 20°의 위상차를 갖는 구조로 되어있다.

2.2.3 컨버터

3상 18-펄스 정류용 다이오드는 DC 링크에 DC 전원을 공급하며, DC 링크 충전용 콘덴서는 유입형으로 내부 단자 사고에 대하여 자체 보호되는 퓨즈가 내장되어 있고, 방전저항은 DC 링크 및 콘덴서에 저장된 에너지를 5분 이내에 방전시킨다.

시스템에서 발생하는 열은 열교환시스템(Heatpipe-based heat exchanger system)을 사용하며, 열파이프는 기기의 냉각판과 열교환기 사이에 두고, 열파이프는 3/4인치 동 튜브에 몰이 들어있는 구조이다.

또한 다이오드와 DC 링크의 온도 및 전압을 측정하여 광신호로 변환하여 콘트롤부에 알려주는 보드(Voltage Attenuator Feedback 및 Temperature Feedback)를 갖추고 있다.

2.2.4 인버터

인버터회로는 저항/커패시터를 통하여 3상 회로로 구성되고, 각 상은 H-브릿지 형태로서 인위적인 중성점(neutral-point)을 갖는다. 각 상은 4개의 Dual-IGBT 모듈, 2개의 Dual-clamp 다이오드 모듈로 구성되고, 모든 모듈은 일체화된 열교환 시스템에 설치되어 있다.

다층 Laminated 부스는 IGBT, 클램프 다이오드, DC 충전용 콘덴서와 접속되어 있으며, 이 부스는 IGBT가 스위칭하는 동안 IGBT의 과도전압과 정류시 인덕턴스를 최소화하므로 Snubber회로(반도체 정류소자등에서 소자에 주어지는 서지 전압을 흡수하기 위해 소자에 병렬로 접속된 RC 회로)는 설치하지 않았다.

각 상의 중성점(neutral point)은 DC 링크 콘덴서의 중성점이 되며, 과전압 보호장치는 1.3 P.U에 설정을 하는데, 이 전압에 도달하게 되면 모든 IGBT의 스위칭을 중지시키고, DC 링크 콘덴서가 부하를 통하여 방전하는 것을 방지한다.

IGBT 게이트 단자에서 IGBT의 상태 및 스위칭을 제어하는 보드를 갖추고 있는데, 이는 IGBT 게이트의 ON 상태, 보드 보호를 위한 퓨즈역할을 하는 게이팅 저항(Gating resistor), 게이트 전압을 제한하는 전압억제장치 역할을 수행한다.

IGBT의 출력은 대지간(line-to-neutral) 전압으로 +Vdc, +1/2Vdc, 0, -1/2Vdc, -Vdc을 발생하며, 이는 선간(line-to-line) 전압으로 +2Vdc, +1.5Vdc, +Vdc, +1/2Vdc, 0, -1/2Vdc, -Vdc, -1.5Vdc, -2Vdc의 9가지 전압의 구성을 가능하게 한다.

2.2.5 콘트롤부

콘트롤부는 그림-2와 같이 6개의 마이크로프로세서로 구성된 전자회로 보드로 구성되어 있다.

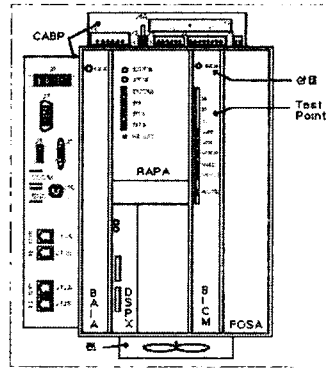


그림-2 콘트롤부

2.2.5.1 CABP 보드

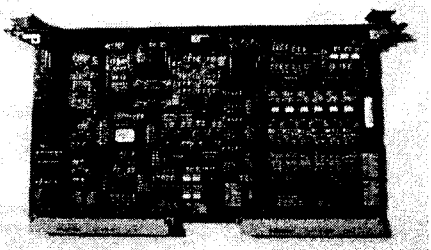
CABP (Control Rack Backplane Assembly) 보드는 각 콘트롤 보드간을 서로 연결하기 위한 보드이며, 외부 신호와 인터페이스하기 위한 단자를 갖추고 있다.

- 통신용 중성점(CCOM) 및 전원용 중성점(GND)
- 구동시스템 주위온도 측정 (J4)
- 사용자 I/O (디지털용(J4A), 50 V 이상용(J6), 50 V 이하용(J7))
- 계기류 접속 (J8)
- 조작자용 컴퓨터 인터페이스 (J9) 및 키보드 인터페이스(J10)

2.2.5.2 BAIA 보드

BAIA (Basic I/O) 보드는 사용자와 인터페이스하기 위한 보드로, 모든 입력신호를 절연시키고, 차폐시키며, DSPX 보드와 인터페이스된다.

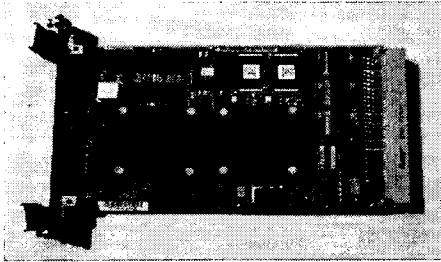
- 6채널의 입력, 115 Vac(50/60Hz)의 정현파(혹은 24~105 Vdc) 로직
- 3개의 릴레이 출력접점
- 2개의 아날로그 입력 채널($\pm 10V$)
- DSPX 보드에서 아날로그 출력을 전송하는 디지털 신호의 변환
- 사용자 인터페이스를 위한 RS-232C I/O



2.2.5.3 DSPX 보드

DSPX (Digital Signal Processor) 보드는 인버터 콘트롤 및 IGBT의 스위칭을 콘트롤하기 위한 콘트롤러이다. 이 보드는 구동모터의 속도제어를 하기 위한 출력을 조절하고, 상태 및 입/출력을 감시하며, 인버터의 인터페이스 보드에서 상태이상을 검출하면 IGBT의 스위칭을 정지시킨다. 또한 인버터 및 사용자 I/O를 콘트롤하기 위한 사용자와의 인터페이스 및 통신 인터페이스를 갖추고 있다. 사용자 I/O는 다음과 같은 방법으로 실행한다.

- 구동시스템에 설치된 PLC
- 사용자 I/O 모듈을 설치한 DIN-rail에 연결된 ISub
- Profibus 프로토콜과 일치하는 PLC 콘트롤



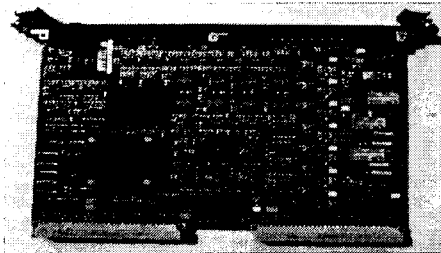
2.2.5.4 BICM 및 BPIH 보드

BICM (H-bridge Interface and Control) 보드와 서버-어셈블리인 BPIH 보드는 FOSA 보드와 함께, DSPX 보드와 인버터간의 보호 인터페이스를 제공하는 기능을 한다. 이는 스위칭, 보호, 피드백 인터페이스, 신호처리회로 등을 포함한다.

BICM 보드의 인버터 I/O는 각 상별로 BPIH 보드를 통하도록 되어있고, FOSA 보드와 인터페이스하기 위하여 차폐된 접속부(Shielded connector)를 포함한다.

BICM 보드는 에러가 발생하였을 때 시스템 정지를 수행하는 EPLD(Electrically Programmable Logic Device)를 포함하고 있다. 과전류 검출과 같은 시스템 에러가 발생하면 시스템 정지(10 microsecond soft-shutdown sequence)를 시작하며, 기기의 전압 스트레스를 줄이기 위하여 IGBT의 스위칭을 Turn-off한다.

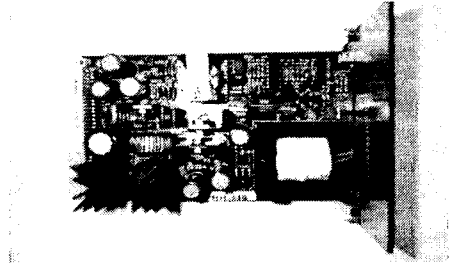
BICM 보드는 24 게이트 드라이버와 인터페이스하며, 회로의 퓨즈 및 아날로그 신호(전압 이상유무)를 감시한다. (전압신호에 이상이 있으면 IGBT의 스위칭을 정지시킴) 이 BPIH 보드는 RS-422 인터페이스이며, 통신케이블에 이상이 생기면(케이블 절단등) 구동시스템을 정지시킨다.



2.2.5.5 RAPA 보드

RAPA (Rack Power Supply) 보드는 콘트롤부에서 DC 제어전압을 디지털신호처리 및 상태 송수신에 필요한 48V 25kHz 구형파 신호로 변환한다. 이 보드는 리셋 기능과 전원 ON 스위치를 가지고 있으며, 구형파

신호의 상태를 측정하기 위한 외부단자를 갖추고 있다.

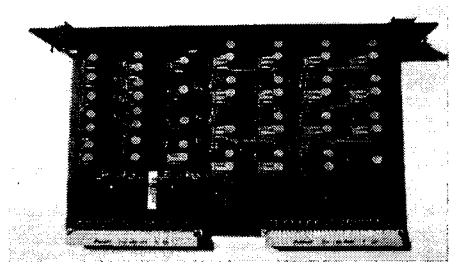


2.2.5.6 FOSA 보드

FOSA (Fiber-optic Interface) 보드는 BICM/BPIH 보드에서 인버터로 송/수신되는 모든 신호를 인터페이스하는 광신호 송수신 보드이다. 각 상은 쌍으로 인터록된 광신호기(fiber-optic driver)를 가지고 있다.

FOSA 보드는 인버터의 측정회로부터 상태나 피드백 신호 및 스위칭 신호를 전달하기 위한 73개의 광신호 케이블을 가지고 있다. 이 케이블은 콘트롤 부분과 컨버터/인버터 부분간의 모든 신호를 송수신한다.

FOSA 보드는 22 쌍으로 된 4개의 케이블을 통하여 BICM 보드와 연결되며, 각 상 BICM/BPIH 보드로부터 스위칭 소자의 상태 및 신호를 다중송신한다.



3. 결 론

500MVA 단락발전기를 구동시키는 구동시스템은 미국의 GE사에서 제작한 2300 V급 PWM-3 18-펄스 AC 구동시스템이다. 저압용 구동시스템에 비하여 구조가 간단하고, 효율이 높은 장점이 있지만, 고압 스위칭 소자(IGBT)의 스위칭시 발생하는 썬지, 그로인한 통신시스템의 불안정성은 설비 운영을 불안정하게 하고 있다. 따라서 구동시스템의 각 부분의 기능을 완전하게 파악하고, 이에 따라 각종 썬지에 대한 기기 및 시스템의 보호, 통신기기 및 통신선로를 차폐하여야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] GE, "GEH-6381", Innovation series medium voltage-Type G, 2001년
- [2] GE, "GEI-100267", Digital Signal Processor, 2001년
- [3] GE, "GEI-100268", Basic I/O, 2001년
- [4] GE, "GEI-100270", Control rack Backplane, 2001년