

제어봉구동장치 성능시험을 위한 제어봉구동장치제어계통 개발

Development of CEDM Control System for CEDM Performance Test

허섭, 장귀숙, 서용석, 성승환, 박종균

한국원자력연구소

요약

차세대 제어봉구동장치 성능시험의 일환으로 성능시험설비의 핵심장비인 제어봉구동장치제어계통을 설계하여 구현하였다. 개발된 제어봉구동장치제어계통은 소프트웨어 및 디지털 신호분석기능을 적용하여 개선된 운전원 연계를 갖고, 펄스폭변조제어방식에 의한 전력제어를 통해 향상된 성능과 더불어 능동적인 기능을 갖도록 하였다. 구현된 제어봉구동장치제어계통을 제어봉구동장치의 코일과 유사한 부하특성을 갖는 모의 부하를 제작하여 시험한 결과, 제어 입력명령에 따른 전압 및 전류출력특성이 요구조건을 만족하는 것으로 나타났다.

Abstract

The CEDMCS of the Korea Next Generation Reactor has been developed as a major equipment of CEDM Performance Test Facility. The developed CEDMCS has enhanced operator interfaces by applying the soft-control and digital signal analysis features. The CEDMCS also has active functional features and enhanced power performance characteristics by using PWM control methodology. The result of performance test through a test load which simulates the CEDM coil characteristics, showed that the outputs of voltage and current against the input controls met the design requirements.

1. 서론

현재 설계중인 차세대 원자로(KNGR)는 한국표준형원자력발전소(KSNPP)와 비교하여 많은 부분에서 설계변경이 이루어졌다. 이 중 제어봉 구동장치의 성능과 관련되는 사항은 몇 가지로 요약할 수 있는데, 첫째는 용량격상으로 인한 제어봉 구동장치 개수 증가, 둘째는 발전소 수명연장

및 부하추종운전 도입으로 인한 제어봉 구동장치 수명증가, 마지막으로 포괄적 부지특성치 적용으로 인한 내진요건강화 등이다.^[1] 차세대 제어봉 구동장치 성능시험과제는 상기의 설계변경사항에 대한 정량적 자료를 마련하기 위해 수행되고 있다. 차세대 원자로 개발 2단계에서는 차세대 제어봉구동장치 성능시험을 위해 시험요건서 및 절차서의 개발과 동시에 제어봉구동장치(CEDM) 성능시험설비 개발 및 구축 등이 수행되었다. CEDM 성능시험설비는 크게 세 부분으로 이루어진다. 첫째는 시험 용기(test vessel), 연결축집합체(extension shaft assembly) 및 무게 추(Test Weight), CEDM, RSPT 등이 포함된 원자로 모사설비이고, 둘째는 실제 원전의 온도/압력조건을 모사할 수 있도록 하기 위한 시험루프시스템(test loop system), 마지막으로 CEDM을 구동하고 감시하기 위한 CEDM 제어계통(이하, CEDMCS)이다. 본 논문에서는 CEDM 성능시험설비 중 CEDMCS에 대한 개발사항을 기술한다.

2. 성능시험설비 CEDMCS 특징

ABB-CE의 TF-7 CEDMCS, 영광3,4호기 CEDMCS, 그리고 본 성능시험설비 CEDMCS의 특징을 표 1에 요약하여 나타내었다. TF-7 CEDMCS는 초창기 4 coil CEDM에 대한 각종 성능시험도구로 사용되었고, 이 후 가동중 발전소의 서비스 및 영광3,4호기와 울진3,4호기 등 신설발전소의 CEDM 생산시험(production test)에 활용되고 있다. TF-7 CEDMCS의 특징은 아날로그 기반으로 구동전력공급에 따른 CEDM의 기계적 반응 상태에 대한 피드백을 고려하지 않은 고정식 시간 제어방식을 갖는다.^[2] 이 방식은 잡음의 영향을 덜 받는다는 점에서 장점이 있으나, 기계적 응답 시간과 제어 요구시간의 불일치가 발생할 경우 예기치 않은 제어봉 낙하 등이 발생할 가능성이 있기 때문에 영광3,4호기 이후의 발전소에서는 마이크로프로세서 기술을 접목하여 전력공급에 따른 기계적 반응을 고려한 피드백 가변구동방식을 채택하고 있다.^[3] TF-7 및 영광3,4호기 CEDMCS의 전력제어 방식은 위상제어방식으로서 SCR을 통해 교류전력을 정류하여 고전압/저전압의 형태로 변경시켜 CEDM 코일에 공급하는데, 입력교류의 주파수 변동에 의해 CEDM에 출력되는 전력도 영향을 받는 것으로 밝혀지고 있다.^[4] 아울러 스위칭 속도의 제한으로 인해 출력전력의 특성을 개선시키는데는 한계가 있다.

본 CEDMCS의 개발전략은 기능적 측면에서는 기존의 CEDMCS의 기능을 참조로 하여 시험설비 특성에 맞도록 변경하며, 기술적 측면에서는 기존의 장비를 현대기술이 접목된 새로운 장비로 대체하여 상기에서 언급한 기존 CEDMCS의 부분적인 단점을 보완하는 것이다. 따라서 본 CEDMCS는 CEDM 성능시험에 필요한 모든 변수에 대해 디지털 신호분석 및 처리를 통해 CRT로 운전원에게 제공하고, 운전원의 제어행위도 소프트웨어방식을 통해 CRT 화면상에서 이루어지

도록 하였다. 구동제어알고리즘은 기존 발전소의 가변 피드백제어방식을 수용하여 본 CEDMCS의 개발요건 및 장비 특성에 맞도록 수정하였다. 전력제어방식은 기존의 SCR 위상제어방식 대신에 IGBT를 이용한 펄스폭변조(PWM)방식을 채택하여 전력효율, 리플률 등 전력관련 성능을 개선함과 동시에, 입력 주파수의 변동에 따른 출력전압의 영향이 없도록 하고, 전력제어장비 자체를 진단하여 이상 발생시 조기에 경보하는 능동적 제어개념을 갖도록 하였다.

3. 구현

3.1 개발요건

본 CEDMCS는 CEDM에 전력을 공급하여 CEDM의 구동력(motive power)을 확보하고, CEDM의 운동상태를 분석, 감시함으로써 시험과 관련된 정보를 제공하는데 목적이 있다. 제어기능 요건으로는 CEDM의 구동력과 유지력(holding power)을 제어할 수 있어야 하며, 구동방향 및 속도를 제어할 수 있어야 하고, 가변 시간제어를 위해 CEDM에 흐르는 전류를 측정하여 기계적 거동을 분석하여 다음 제어행위에 피드백 되어야 한다.

감시기능요건으로는 CEDM에 흐르는 전류를 분석하여, 전기적인 신호가 실제 기계적인 운동으로 전달되기까지의 시간인 맞물림 간격(engagement window)과 낙하지연시간(drop out delay)이 측정되어야 하며, 이 때의 전류값이 아울러 제공되어야 한다. 예기치 않은 기계적 운동을 방지하기 위한 부적절 유지전류(inadequate holding current), 고전류(high current) 등이 측정되어야 한다. 제어봉의 위치를 나타내는 RSPT(Reed Switch Position Transmitter)로부터의 아날로그 위치 신호와 제어출력의 결과로서 발생하는 구동완료(motion complete) 신호를 적절히 조합하여 제어봉 위치를 제공하고 CEDM 구동이력을 나타내는 누적이송거리와 제어봉 누적낙하횟수 등을 감시할 수 있어야 한다.

3.2 구성

성능시험설비 CEDMCS는 그림 1에 나타난 바와 같이 크게 세 유니트로 구분되는데 하나는 제어 및 감시 유니트(Control & Monitoring Unit; CMU)이고 둘째는 전력제어 유니트(Power Control Unit; PCU), 마지막으로 보조제어유니트(Auxiliary Control Unit; ACU)이다. CMU는 논리제어기능을 담당하는 제어프로세서(Control Processor; CP), 운전원 연계와 각종 감시정보를 처리하는 운전 및 감시 프로세서(Supervisory Processor; SP), 감시 및 운전화면 그리고 이력자료를 저장하기 위한 스텝 계수기(step counter) 등으로 구성된다. 전력제어유니트는 각각의 코일에 대응

하는 4개의 Chopping Power Supply Module(CPSM), 절연변압기 등으로 구성된다. 보조제어유니트는 제어기와 입출력카드 등으로 구성된다.

CMU내에는 각각 독립적으로 동작하는 제어프로세서와 운전 및 감시프로세서가 있는데 이들간의 통신은 PCI 버스 인터페이스를 통해 이루어진다. 제어프로세서는 운전 및 감시프로세서를 통해 전달되는 운전원 제어입력인 CEA 삽입, 인출 및 낙하 명령, 희망구동속도 등과 전력제어유니트로부터 피드백되는 각 CEDM 코일의 전류상태를 분석하여 제어논리신호를 CEDM 전력제어유니트에 출력하는 기능을 수행한다. 또한 운전 및 감시프로세서에 CEDM 전류신호를 분석한 결과를 제공하여 운전원에게 전달되도록 한다. 제어프로세서의 하드웨어는 TMS320C44 DSP (Digital Signal Processor)를 기반으로 이것과 호환되는 아날로그 입력모듈, 디지털 입출력모듈로 구성된다.

운전 및 감시프로세서는 운전원연계화면을 구동하고 RSPT로부터의 아날로그 위치신호를 획득하여 제어봉 위치를 계산함과 동시에 이력자료인 구동스텝과 낙하횟수를 누적하는 기능을 수행한다. 아울러 RSPT로부터의 접점신호와 Test Loop의 제어시스템으로부터 연동신호를 받아 운전원이 요구하는 구동형태에 대한 가능여부를 판단하여 CEDM 제어프로세서로 구동명령을 전달하고, 낙하 시에는 낙하시간을 측정한다. 운전 및 감시프로세서의 하드웨어는 Texas Micro사의 산업용 컴퓨터를 기반으로 아날로그 입력모듈, 디지털 입출력모듈, 데이터 저장모듈, 그리고 운전원 연계 화면인 CRT 등으로 구성된다.

전력제어유니트는 제어프로세서로부터의 논리적 제어신호를 받아 이에 상응하는 고전압/저전압/오프전압을 CEDM 내의 4개의 코일에 독립적으로 제공함으로써 CEDM에 구동력을 제공한다. 입력전력의 형태는 440VAC 교류이며 출력형태는 직류이다. 전력제어유니트는 440VAC를 200VAC로 변압하고 입력측과의 절연기능을 수행하기 위한 절연변압기와 4개의 독립적인 Chopping Power Supply Module(CPSM)로 구성된다. 각각의 CPSM은 그림 2에서와 같이 정류부, 초퍼부, PWM 제어부, Fail 처리부, 입출력처리부 등으로 구성된다.

보조제어유니트는 제어 및 감시유니트가 고장이거나 보수 및 시험시에 사용하기 위한 장비로서 ABB-CE사의 TF-7 CEDMCS에서 적용한 고정식 시간제어방식을 채택하였다. CEDM 보조제어유니트의 하드웨어는 PLC기반으로서 주요 구성품은 CPU 모듈, 디지털입력모듈, 디지털출력모듈이다.

3.3 소프트웨어 개발 및 구현

본 CEDMCS의 소프트웨어는 제어프로세서에서 수행하는 제어 소프트웨어와 운전 및 감시프로세서 내의 소프트웨어로 나눌 수 있는데, 이 두 종류의 소프트웨어는 각각의 기능을 독립적으로 수행하고, PCI 버스 인터페이스를 기반으로 메일박스와 인터럽트 처리를 통해 통신한다. 표 2는 CEDMCS에서 처리해야 할 중요 변수를 나타낸다.

3.2.1 제어 소프트웨어

제어프로세서인 DSP에는 CEDM 구동에 대한 시간제어 기능, 전류분석을 통한 피드백 및 감시변수생성 기능 등에 대해 실시간 요건을 만족하도록 크로스 개발환경에서 ANSI C로 구현하였다. 제어프로세서의 소프트웨어는 4가지 태스크로 분리할 수 있다. 메인 태스크는 하위 태스크들을 관장하는 모듈로서, 각종 하드웨어를 초기화하고 인터럽트 환경을 설정하여 비주기적으로 발생하는 운전원 제어요구를 분석 및 제어하며, 비정상 상태에 대한 제어를 수행한다.

신호취득 태스크는 4개의 A/D 변환기를 구동하여 얻은 데이터를 디지털 필터링을 통해 잡음을 제거하여 프로세서의 공통 메모리에 저장하는 기능을 수행한다. 입력주기는 4 채널당 200us이며, 5개의 원시데이터를 읽어 디지털 필터링 수행을 통해 1ms 주기로 한 개의 대표값을 생성하여 공통 메모리에 저장함으로써 상태분석 및 구동제어 태스크를 수행하는데 사용된다.

상태분석 태스크는 CEDM 코일에 흐르는 전류상태를 분석하거나, 출력상태를 점검하는 기능을 수행하며 세부적으로는 그리퍼(gripper)의 저전류 점검, CEDM 운전 및 감시프로세서 제어입력점검, 고전류 점검 등이 있다.(표 2 참조)

구동제어 태스크는 CEDM 운전 및 감시프로세서로부터 구동요구가 있을 때 요구 형태에 알맞은 구동시퀀스를 수행하는 기능을 한다. 구동 시퀀스는 구동 형태에 따라 결정 되는데 낙하, 인출, 삽입으로 나뉜다. 각각의 구동 시퀀스의 최종목표는 적절한 시간간격으로 적절한 출력 패턴을 CEDM 전력제어유닛에 전달하기 위한 것으로 이를 위해 CEDM 전력제어유닛 내의 전류센서신호를 피드백 받아 분석하여 결정한다. 낙하기능은 모든 코일의 전압을 차단하여 CEA를 자유낙하 시키기 위한 출력패턴을 CEDM 전력제어시스템에 공급함으로써 이루어진다. 이 때 낙하지연시간을 코일전류센서 신호로부터 계산하여 운전 및 감시프로세서로 전송한다. 인출기능과 삽입기능은 구동시퀀스를 만족하도록 제어출력을 전송하는 기능을 수행한다.

3.2.2 운전 및 감시 소프트웨어

CEDM 운전 및 감시프로세서로서 Intel사의 펜티엄급 단일 CPU를 사용했으며 운영체제는 Microsoft사의 Window NT 4.0을 채택하였다. 응용 프로그램은 National Instrument사의 LabWindow/CVI 5.0을 이용하여 C 언어로 개발하였다. 데이터 취득을 위한 하드웨어 및 소프트웨어는 National Instrument사의 데이터취득카드와 동사의 드라이버 프로그램을 사용하였다. 그림 3에 나타난 바와 같이 운전원연계화면은 감시화면과 제어화면으로 나뉘는데 감시화면에는 낙하시험관련 창, 전류분석결과를 표시하는 전류상태창, 제어프로세서 상태창, 전력제어유닛 상태창 등으로 이루어져 있으며, 매 50ms마다 제어프로세서로부터 취득한 데이터를 디스플레이 하고 제어봉 위치는 바차트(Bar-chart) 형식으로 디스플레이 한다. 또한 운전원이 제어봉 삽입 및 인출 또는 낙하 운전을 선택할 때 필요한 선택 버튼을 디스플레이 하며, 운전원의 제어행위 과정에서 오류가 발생하거나 전체 운전과정에서 발생하는 오류를 감지하여 화면에 텍스트 형태로 오류 내용을 디스플레이 한다. 제어화면에는 운전모드선택, 구동방향선택, 낙하 또는 구동횟수입력, 속도선택, 수동정지 등의 기능을 수행하기 위한 버튼 등으로 이루어지며 운전원 제어 행위는 비주기적으로 발생되므로 이벤트 처리 방식으로 구현하였다. 제어프로세서로의 제어명령전송은 운전원 요구입력과 제어연동신호 상태를 검토하여 이루어진다. 이 때의 연동신호는 RSPT로 부터의 UEL(Upper Electrical Limit)/LEL(Lower Electrical Limit), 시험루프의 비정상적 온도/압력조건을 나타내는 ILC(Inadequate Loop Condition)이다. 이 외에도 전력제어유닛으로부터의 유닛 실패 신호가 발생하면 수행중인 구동을 정지하도록 제어프로세서에 하달하고 시험루프를 관장하는 컴퓨터에 CEDMCS 비정상 신호를 출력한다.

누적 낙하 기록은 RSPT로부터의 DRC입력을 받고, 누적 구동 기록은 제어프로세서의 구동완료신호를 받아 텍스트 파일 형태로 각각 하드디스크에 저장하고 동시에 디지털 출력카드를 구동하여 스텝카운터의 누적숫자를 하나씩 증가시킨다. 제어봉 위치는 RSPT의 아나로그 위치신호를 기준으로 처리하나 RSPT로 부터의 신호가 2 스텝마다 변하므로, 제어프로세서로 부터의 구동완료신호를 받아 이들을 비교 검토하여 처리한다.

4. 시험 및 결과

CEDMCS의 시험요건을 기반으로 유닛시험과 종합시험을 수행하였다. 유닛 시험은 구현된 각각의 유닛 하드웨어와 소프트웨어가 설계된 하드웨어 및 소프트웨어 사양을 만족하고 있는지 확인하기 위해 수행되었으며, 종합시험은 기능요건 및 설계요건대로 CEDMCS가 구현되었는지 확인하고자 수행되었다. 다만 현재 시점에서 CEDMCS의 제어 대상물인 CEDM이 설치되지 않아

CEDM 코일의 특성을 나타내는 모의 부하를 제작하여 종합시험을 수행하였으므로 전류분석관련 기능 중 일부 시험절차는 수행하지 못하였다. 모의 부하의 사양은 인덕턴스가 약 1.2 Henry, 이고 저항은 25 °C에서 약 6 ohms 으로 CEDM 코일의 사양과 유사하다.

본 논문에서는 유닛 시험종료 후 수행된 종합시험 항목 중 대표적으로 구동시험에 대해 설명한다. 구동시험은 운전 및 감시유닛에서 전력제어유닛에 고정된 시간간격을 갖는 제어신호를 보내어 전력제어유닛에서 이를 해독하여 직류전압을 모의부하에 인가함으로써 제어신호에 대해 CEDMCS가 제대로 동작하는지 출력전압을 확인하고 전력공급의 결과로 나타나는 전류거동을 분석하여 기계적 거동에 대한 피드백이 제대로 되는지 확인하기 위한 시험이다. 여기에서 기계적 거동을 모사하는 실제 모의장치가 준비되지 않아 부하에 인가되는 전압의 특성과 전류의 특성을 살펴보는 것으로 대체하였다. 운전 및 감시유닛에서 설정된 구동시간시퀀스를 고정시간으로 변경하여 전력제어유닛에 출력한 후 얻은 전력출력 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 제어 및 감시유닛에서의 삽입시 Lower Gripper Coil에 대한 제어출력인 고전압 : 500ms, 저전압 : 980ms, 오프전압 : 720ms의 시간간격을 갖는 구동시퀀스를 나타낸다. 다른 코일에 대한 구동 시퀀스도 이 파형과 유사하기 때문에 시험결과를 분석하는데는 무리가 없다. 그림에서 위쪽에 위치하는 파형은 부하에 걸리는 전압을 1/16로 축소하여 얻은 파형이고, 아래의 파형은 전류센서로부터 얻은 것으로 전압 대 전류의 비는 1:3 이므로 최대 부하일 때 약 30 A를 나타내고 있다. 먼저 출력 전압특성을 살펴보면 제어 및 감시유닛에서의 구동 시퀀스 시간간격에 따라 출력주기가 잘 지켜지고 있으며, 코일 부하에서 나타나는 과도 전압 등을 거의 완벽하게 흡수함을 알 수 있다. 부하에 흐르는 전류를 검출한 결과는 초평에 따른 영향으로 고 주파수를 가지는 미약한 잡음이 2% 이내에서 일부 실려있기는 하지만 전체적으로 좋은 반응 특성을 나타내었다.

5. 결론

차세대 CEDM 성능시험의 일환으로 성능시험설비의 핵심장비인 CEDMCS를 자체 설계하여 구현하였다. 구현된 CEDMCS는 논리제어 및 감시부분에서는 소프트웨어와 디지털 신호분석기능을 갖고, 전력제어부분에서는 기존의 SCR 기반 위상제어방식과는 달리 IGBT를 이용한 PWM제어방식을 통해 능동적이고 정밀한 성능을 갖도록 하였으며, 모의 부하를 통해 시험한 결과 만족할 만한 결과를 얻었다. 그러나 현재 CEDM이 아직 설치되지 않아 설치시험은 완료되지 않은 상태이므로 향후 설치 및 시운전을 통해 각종 제어 및 감시기능 그리고 설정치 등에 대한 검토를 수

행하여 CEDM 성능시험에 적절하게 이용하도록 최적화해야 한다. 향후 추가적인 연구과제는 디지털 신호분석에 대한 연구를 보완하여 보다 손쉽게 CEDM의 기계적 거동상태를 파악할 수 있도록 하고, 개선된 전력제어방식에 대해서 운전성과 신뢰성을 입증함으로써 향후 실제 발전소에의 적용성 등을 검토할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업 일환으로 수행되었음.

[참고문헌]

1. 김인용 외, "가압기경수로 제어봉구동장치 실증시험", KAERI/TR-606/96, 한국원자력연구소, 1996.
2. R.E.Weber, "Engineering Specification for a Control Element Drive Mechanism Control System for System 80 Standard Design", STS80-JCE-6022, Rev. 04, Combustion Engineering, Inc., 1982.
3. "Technical Manual for Control Element Drive Mechanism Control System for YGN 3&4", ABB Electro-Mechanics Inc.
4. 김병문 외, "경수로 제어봉구동장치 제어계통의 영점위상탐지기술", KAERI/TR-689/96, 한국원자력연구소, 1996.

표 1. 기존 CEDMCS와 성능시험설비 CEDMCS 특징 비교

	성능시험설비 CEDMCS	YGN 3&4 CEDMCS	TF-7 CEDMCS	Remark
운전원 연계	<ol style="list-style-type: none"> Operator's Controls <ul style="list-style-type: none"> Soft Controls at CRT Manual Switches Displays <ul style="list-style-type: none"> Graphic Display Annunciators Step Counters Local Panel <ul style="list-style-type: none"> Current/voltage displays Manual Switches 	<ol style="list-style-type: none"> Operator's Controls <ul style="list-style-type: none"> Manuals at Operator Module Displays <ul style="list-style-type: none"> CEA Position Display Panel Annunciator PMB Display Local & Test Panel 	<ol style="list-style-type: none"> Operator's Controls <ul style="list-style-type: none"> Manual Switches Displays <ul style="list-style-type: none"> Visicorder(Recorder) Step Counter Status Ramps 	소프트웨어
운전 및 감시 기능	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> 산업용 컴퓨터 상용 데이터취득 카드 소프트웨어 <ul style="list-style-type: none"> C 언어 기반 	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> PLC Common Logics Subgroup Logics 소프트웨어 <ul style="list-style-type: none"> PLC 언어 	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> Logic Interfaces Relay Interfaces 소프트웨어 없음 	소프트웨어 구동
제어논리 구동 및 전류감시	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> M44 DSP 상용 데이터입출력카드 소프트웨어 <ul style="list-style-type: none"> C 언어기반 가변형 피드백 제어/ 고정형 시간 제어 	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> ACTM(8085) 8bit A/D 변환기 소프트웨어 <ul style="list-style-type: none"> 어셈블러 가변형 피드백 제어 	<ol style="list-style-type: none"> 하드웨어 <ul style="list-style-type: none"> 아날로그 타이머 카드 소프트웨어 없음 고정형 시간 제어 	가변형 피드백제어
전력제어장 치	<ol style="list-style-type: none"> 방식 IGBT 기반 PWM chopping 제어 자체 피드백 루프를 통한 과도상태 제어 과도상태에 대한 분석 및 전송기능 	<ol style="list-style-type: none"> 방식 SCR 기반 위상제어 일련주파수에 의존 수행 정류와 전압제어를 동시에 수행 	<ol style="list-style-type: none"> 방식 SCR 기반 위상제어 일련주파수에 의존 동시에 수행 정류와 전압제어를 동시에 수행 	능동적 전력 제어장치

표 2. CEDMCS 분석 및 처리변수

변수	처리장소	수행시기	신호제 공장소	Remark
Drop out Delay	제어프로세서	낙하시/ 삽입시/인출시	전류센서	
Drop Time	은전 및 감시프로세서	낙하시	HSPPT	
Holding Current	제어프로세서	유지(holding) 시	전류센서	
Inadequate Holding Current Alarm	제어프로세서	유지(holding) 시	전류센서	
Engagement Window	제어프로세서	삽입/인출시	전류센서	
Engagement Time	제어프로세서	삽입/인출시	전류센서	
Engagement Current	제어프로세서	삽입/인출시	전류센서	
High Current(Voltage) Alarms	제어프로세서	유지(holding) 시	전류센서	
Cycle Time	제어프로세서	삽입/인출시	자체	
Time delay for speed control	제어프로세서	삽입/인출시	자체	
CEA Position	은전 및 감시프로세서	낙하/삽입/인출시	HSPPT/제어프로세서	
Accumulated Steps	은전 및 감시프로세서	삽입/인출시	제어프로세서	
Accumulated Drops	은전 및 감시프로세서	낙하시	HSPPT	
Over Current Protection	전력제어유닛	항시	자체	
Over Voltage Protection	전력제어유닛	항시	자체	
Power Fail	전력제어유닛	항시	자체	
CEDMCS Abnormal	은전 및 감시프로세서	항시	모든 기기	

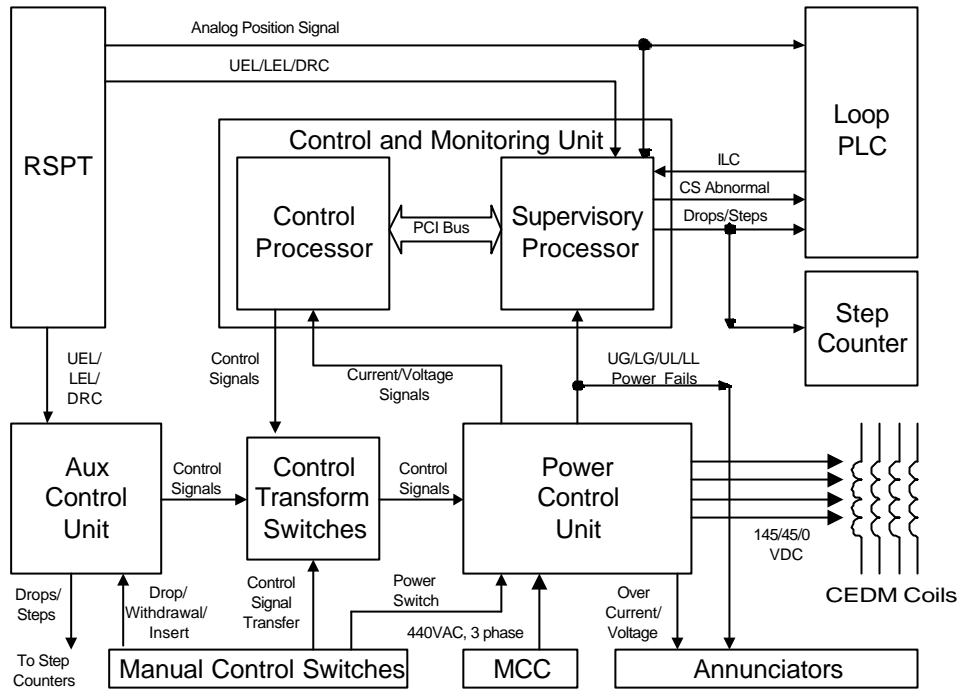


그림 1. 성능시험설비 CEDMCS 전체 구성도

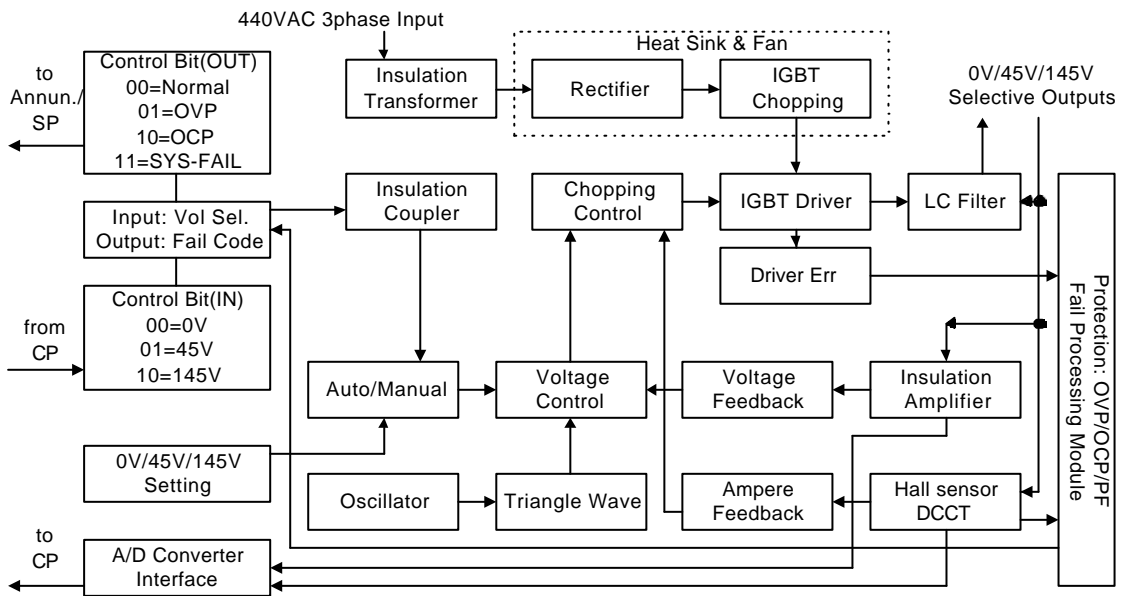


그림 2. 전력제어유닛 구성도

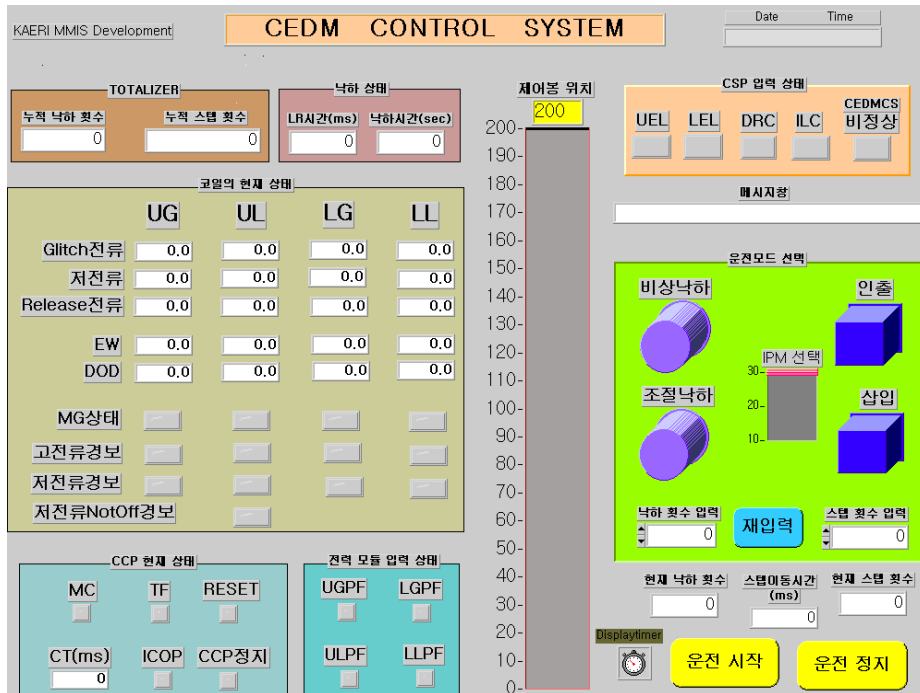


그림 3. 운전원 연계화면

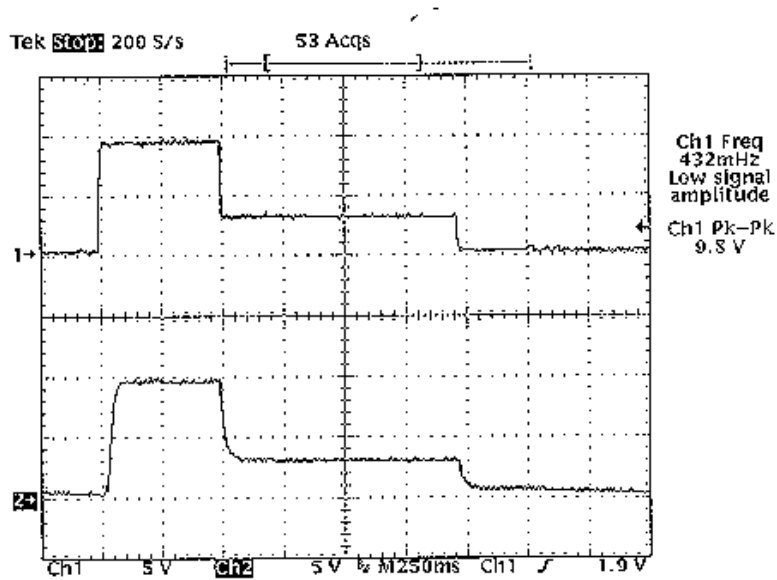


그림 4. 제어신호에 따른 부하전압 및 전류파형