

제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기의 실시간 모니터링 시스템 개발

김춘경, 김석주, 이종무, 권순만
한국전기연구원

Development of Real Time Monitoring System for Power Controller in CRCS

C.K.Kim, S.J.Kim, J.M.Lee, S.M.Kwon
Korea Electrotechnology Research Institute(K.E.R.I.)

Abstract - In this paper we proposed the real time monitoring system for power controller in CRCS. The proposed real time monitoring system can be utilized to adapt CRCS to real plant at initial step for commercial use. Through the this system, we are assured that CRCS is more easily fitted to real plant.

DSP-B는 주로 DSP-A에 정보를 요구하고 수집된 정보를 제어함으로 올려 보내는 Client 역할을 수행한다. 이러한 두 프로세서 사이의 데이터 수수와 정보 교환은 DPRAM을 이용한다. 그림 1은 전력제어기용 디지털 프로세서 카드의 구성도를 나타낸 것이다.

1. 서 론

원자로 제어봉 구동장치는 원자로 출력을 조절하는 제어봉의 삽입, 인출 동작을 발생시키는 장치이며 이러한 구동장치를 제어하는 시스템이 제어봉 구동장치 제어시스템이다. 본 논문에서 설명하는 제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기 개발 환경은 개발된 전력제어기의 최초 현장 설치시 현장 플랜트에 최적인 각종 제어 파라미터의 튜닝이나 그 튜닝 결과에 따른 운전시 플랜트의 동작특성을 실시간으로 모니터링 하고자 할 때 사용하고 자 한다. 개발된 DSP-based 전력제어기를 적용하여 현장 맞춤을 실시할 때 개발 환경인 상용 Code Composer를 사용하는 경우 Code Composer의 특성상 주기적으로 운전되고 있는 프로세서에 interrupt를 걸어 프로세서와 데이터 수수를 행하기 때문에 제어용 프로세서의 정상적인 운전이 지장을 초래하게 되는 문제점이 있다. 따라서 이러한 제어봉 구동장치 제어시스템용 개발 환경의 구축을 통하여 전력제어기의 현장 적용시 개발환경으로 인하여 발생할 수 있는 Trouble을 사전에 방지하고자 한다. 본 논문에서 제시하는 이와 같은 제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기 개발 환경을 사용함으로써 전력제어기의 현장 적용상의 애로를 경감시킬 수 있다.

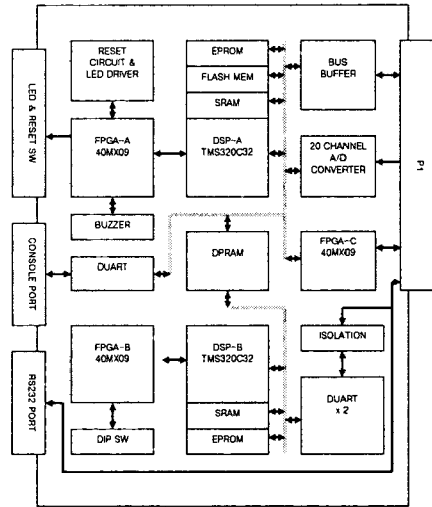


그림 1. Digital Processor Card의 구성도

제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기 개발 환경 구축을 위한 전체 시스템 구성은 그림2와 같다.

2. 본 론

2.1 전력제어기 개발 환경

2.1.1 전력제어기 개발 환경 구축 필요성

Code Composer를 이용하여 DSP-based 전력제어기를 개발하는 경우 Code Composer의 특성상, On-Line 제어 파라미터 변경시 전력제어기의 제어 동작에 영향을 주는 문제가 있어 현장 작업(제어기 튜닝)시 많은 어려움이 예상되었고, 필요에 따라서는 이중화된 개별 전력제어기의 실시간 모니터링 시스템을 구축하여 현장 작업시 활용하고자 한다.

2.1.2 전력제어기 개발 환경 구성

제어기 카드부에 사용된 두개의 DSP 중에서 Server로 설정된 DSP-A는 제어용으로 동작을 한다. 이는 고장검출(감시/전단), 경보발생(긴급/비긴급), 보호기능, Double Hold 기능 등 전체적인 제어기능을 담당한다.

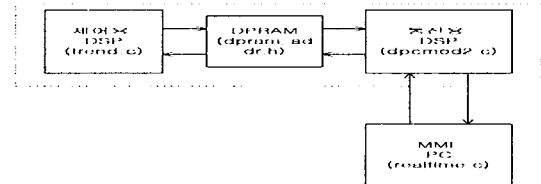


그림 2. 전력제어기 개발 환경 개략도

제어용 DSP와 통신용 DSP 사이의 Data 수수는 DP RAM을 사용하여 실행되어지며, 두개의 DSP가 동시에 DPRAM의 같은 메모리 번지에 Data를 Write하지 못하도록 DPRAM의 일정 영역을 Mail Box로 할당하여 semaphore 기능을 수행하고 있다.

2.1.3 MMI 시스템의 기능

그림 3은 MMI 시스템의 주화면을 나타낸 것으로 여러 가지 메뉴를 선택할 수 있게 구성되어 있다.

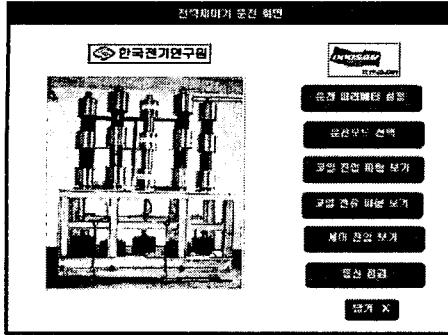


그림 3. 전력제어기 운전용 주화면

MMI PC로부터 받아 들인 각종 운전 관련 정보는 통신용 DSP를 거쳐 제어용 DSP로 전달되며 제어용 DSP에서 사용 중인 각종 정보를 MMI PC에서 참고하고자 하는 경우에는 역순으로 데이터의 이동이 일어난다. MMI 시스템에서 다루고 있는 통신 정보에는 운전용 파라미터 수치, 운전모드 선택 및 실시간 동작 파형 등이 있다. 그림 4는 운전용 파라미터 화면을, 그림 5는 전류 지령 인가용 화면을 나타내고 있다.

1) 운전용 파라미터 수치

가) 제어 게인

- 정지 집게 코일용 비례/적분 게인
- 이동 집게 코일용 비례/적분 게인
- 올림 코일용 비례/적분 게인

나) 전류 인가 지령치

- 정지/이동 집게 코일용 최대/감소/최소 전류 지령치
- 올림 코일용 최대/감소/최소 전류 지령치

2) 운전 모드 선택

가) 정상 운전 모드

제어함으로부터 정상적인 방향 및 동작 개시 신호를 받아 들어 제어봉을 운전하는 경우에 해당한다.

나) 단독 운전 모드

제어함으로부터 방향 및 동작 개시 신호를 받지 않고 전력함 단독으로 제어봉을 동작시킬 수 있도록 하는 운전모드로 전력제어기에서 제어봉의 인출/삽입과 동작 개시는 물론 제어봉의 동작 속도도 조절이 가능하도록 한다.

- 자동 운전 모드(운전모드/방향/동작 개시/제어봉 동작 속도/제어봉 이동수)

다) 구분 동작 모드

제어봉의 연속 동작이 원활하게 이루어지지 않는 경우 전력제어기에서는 제어봉의 삽입/인출을 위한 전류 지령치를 개별 단계(삽입:8, 인출:9)로 나누어 각 코일에 인가할 수 있도록 한다.

- 개별 전류 지령치 단계별 인가(운전모드/정지집게 코일, 이동집게 코일 및 올림 코일용 전류 지령치 인가)

라) 점호각 인가 모드

제어봉 구동장치용 개별 코일에 인가하기 위한 전류의 최대치에 해당하는 점호각과 maximum negative forcing을 일으키는 점호각에 대한 정보를 획득하기 위하여 전력 증폭기(3상 반파 정류기)에 점호각을 직접 인가할 수 있도록 한다.

- 점호각 인가 모드(운전모드/정지집게 코일, 이동집게 코일 및 올림 코일용 점호각 인가)

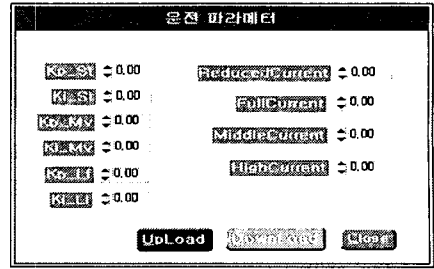


그림 4. 운전 파라미터 표시 화면

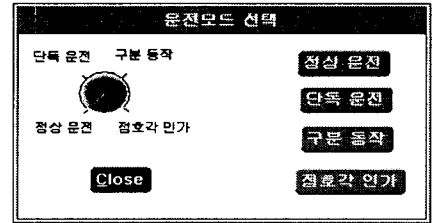


그림 5. 운전모드 표시화면

3) 실시간 모니터링 신호

실시간 모니터링 신호에는 개별 코일의 전압, 전류, 제어 신호 및 제어봉 위치 정보 신호가 있다. 그림 6은 코일 전류에 대한 실시간 모니터링 화면을 나타낸 것으로 여기에는 전류 신호 뿐만 아니라 제어봉의 현재 위치 정보와 통신의 이상 유무를 함께 보여 주고 있다.

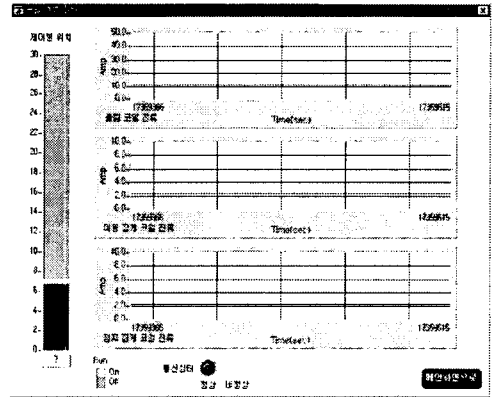


그림 6. 실시간 감시 화면(전류)

2.1.4 MMI PC에서 통신용 DSP에게 요구하는 Data

1) 운전 파라미터 요구(Upload)

- 제어용 DSP에서 사용 중인 PI Gain이나, 전류 지령치(Full Current, Middle Current, Low Current, High Current 등)를 MMI PC로 올려 보낸다.
- 제어용 DSP는 주기적으로 운전 파라미터를 DPRAM에 write한다.(단, MMI PC에서 운전 파라미터를 통신용 DSP로 전송하여 통신용 DSP가 수신한 Data를 DPRAM에 write하고 제어용 DSP가 write된 값을 읽어 들이기 전까지는 제어용 DSP는 운전 파라미터를 DPRAM에 write하지 못한다.)
- 통신용 DSP는 제어용 DSP가 운전 파라미터를 DPRAM에 write하고 있지 않은 경우에만 DPRAM으로부터 운전 파라미터를 읽어 들인다.
- MMI PC로부터 운전 파라미터 정보에 대한 요구가

있으면 통신용 DSP는 이미 가지고 있는 운전 파라미터 정보를 즉시 MMI PC로 전송한다.

2) 제어봉 위치 정보 요구(Up Count)

- 제어용 DSP가 가지고 있는 제어봉 위치 정보를 MMI PC로 올려 보낸다.
- 제어용 DSP는 주기적으로 제어봉 위치 정보를 DPRAM에 write한다.(단, MMI PC에서 제어봉 위치 정보를 통신용 DSP로 전송하여 통신용 DSP가 수신한 Data를 DPRAM에 write하고 제어용 DSP가 write된 값을 읽어 들이기 전까지는 제어용 DSP는 제어봉 위치 정보를 DPRAM에 write하지 못한다.)
- 통신용 DSP는 제어용 DSP가 제어봉 위치 정보를 DPRAM에 write하고 있지 않은 경우에만 DPRAM으로부터 제어봉 위치 정보를 읽어 들인다.

3) 코일 전압 정보 요구

- MMI PC로부터 코일 전압 정보 송신 요구가 있으면 통신용 DSP는 MMI PC로 요구 신호를 올려 보낸다. 통신용 DSP는 주기적으로 코일 전압 신호를 DPRAM으로부터 읽어 놓았다가 MMI PC로부터의 요구가 있으면 즉시 요구 신호를 전송하게 된다.

4) 코일 전류 정보 요구

- MMI PC로부터 코일 전류 정보 송신 요구가 있으면 통신용 DSP는 MMI PC로 요구 신호를 올려 보낸다. 통신용 DSP는 주기적으로 코일 전류 신호를 DPRAM으로부터 읽어 놓았다가 MMI PC로부터의 요구가 있으면 즉시 요구 신호를 전송하게 된다.

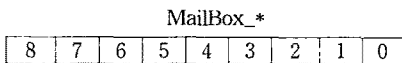
5) 제어 신호 정보 요구

- MMI PC로부터 제어 신호 정보 송신 요구가 있으면 통신용 DSP는 MMI PC로 요구 신호를 올려 보낸다. 통신용 DSP는 주기적으로 제어 신호 정보를 DPRAM으로부터 읽어 놓았다가 MMI PC로부터의 요구가 있으면 즉시 요구 신호를 전송하게 된다.

2.1.5 MMI PC에서 통신용 DSP로 내려 보내는 Data(Download)

- 1) 운전 파라미터 송신
- 2) 운전 모드 송신
 - 가) 정상 운전 모드
 - 나) 단독 운전 모드
 - 다) 구분 동작 모드
 - 라) 점호각 인가 모드

2.2 MailBox 운용 방법



0: MMI PC에서 변경시킨 운전용 파라미터를 제어용 DSP로 전송하고자 하는 경우, 먼저 MMI PC에서는 운전용 파라미터를 통신용 DSP로 전송하고, 통신용 DSP는 전송 받은 운전용 파라미터를 DPRAM에 write하게 되고(MailBox_*의 '0' bit를 set) write가 끝나면 MailBox_*의 '0' bit는 set한 채로 두고 MailBox_*의 '1' bit도 set하게 된다.

1: 통신용 DSP가 MMI PC로부터 전송되어 온 운전용 파라미터를 DPRAM에 write를 끝나치고 나면 MailBox_*의 '1' bit를 set하게 된다. 제어용 DSP는 주기적으로 MailBox_*의 '1' bit를 검사하고 있다가 '1' bit가 set 되어지면 운전용 파라미터를 읽어 들이고, 읽기를 끝나치고 나면 MailBox_*의 '0'과 '1' bit를 reset

하게 된다.

2: 제어용 DSP가 운전용 파라미터를 DPRAM에 write하는 경우 MailBox_*의 '2'bit를 set하고 write를 끝나치고 나면 이 bit를 reset한다. 이 때 통신용 DSP는 제어용 DSP가 운전용 파라미터의 write를 끝나칠 때까지는 운전용 파라미터를 읽어 들이지 못하도록 한다. MMI PC에서 운전용 파라미터를 올려 보내라는 명령과는 상관없이 통신용 DSP는 계속적으로 운전용 파라미터를 DPRAM으로부터 읽어 들일 수 있도록 제어용 DSP는 주기적으로 운전용 파라미터를 DPRAM에 write한다.

3&5: 통신용 DSP가 MMI PC로부터 전송되어 온 단독운전 모드 파라미터를 DPRAM에 write하기 전 제어용 DSP에 단독 운전 모드라는 사실을 알려 주기위하여 MailBox_*의 '5'bit를 set한 후 운전용 파라미터를 DPRAM에 write한다. 단독운전용 파라미터의 write를 끝나치고 나면 통신용 DSP는 MailBox_*의 '5'bit는 set한 채로 남겨두고 '3'bit를 set하여 단독운전을 위한 파라미터의 DPRAM으로의 write가 끝났음을 제어용 DSP에 알린다. 이 때 통신용 DSP는 제어봉의 위치 정보를 읽어 들이지 못하도록 한다. 제어용 DSP는 주기적으로 MailBox_*의 '3' bit를 검사하고 있다가 이 bit가 set 되어지면 단독운전용 파라미터를 읽어 들이고, 읽기를 끝나치고 나면 MailBox_*의 '3'과 '5' bit를 reset하게 된다. MMI PC에서 제어봉 위치 정보를 올려 보내라는 명령과는 상관없이 통신용 DSP는 계속적으로 제어봉 위치 정보를 DPRAM으로부터 읽어 들일 수 있도록 제어용 DSP는 조건이 되면(통신용 DSP가 제어봉 위치 정보를 DPRAM에 write하고 있지 않는 경우), 주기적으로 제어봉 위치 정보를 DPRAM에 write한다.

4: 통신용 DSP가 MMI PC로부터 전송되어 온 정상운전 모드 파라미터를 DPRAM에 write하기 전 제어용 DSP에 정상운전 모드라는 사실을 알려 주기위하여 MailBox_*의 '4'bit를 set한 후 정상운전 모드용 파라미터를 DPRAM에 write한다. 제어용 DSP는 주기적으로 MailBox_*의 '4'bit를 검사하고 있다가 이 bit가 set되어지면 정상운전 모드용 파라미터를 읽어 들인 후 '4'bit를 reset한다.

6: 통신용 DSP가 MMI PC로부터 전송되어 온 구분동작 모드 파라미터를 DPRAM에 write하기 전 제어용 DSP에 구분동작 모드라는 사실을 알려 주기위하여 MailBox_*의 '6'bit를 set한 후 구분동작 모드용 파라미터를 DPRAM에 write한다. 제어용 DSP는 주기적으로 MailBox_*의 '6'bit를 검사하고 있다가 이 bit가 set되어지면 구분동작 모드용 파라미터를 읽어 들인 후 '6'bit를 reset한다.

7: 통신용 DSP가 MMI PC로부터 전송되어 온 점호각 인가 모드 파라미터를 DPRAM에 write하기 전 제어용 DSP에 점호각 인가 모드라는 사실을 알려 주기위하여 MailBox_*의 '7'bit를 set한 후 점호각 인가 모드용 파라미터를 DPRAM에 write한다. 제어용 DSP는 주기적으로 MailBox_*의 '7'bit를 검사하고 있다가 이 bit가 set되어지면 점호각 인가 모드용 파라미터를 읽어 들인 후 '7'bit를 reset한다.

8: 제어용 DSP는 코일 전압, 코일 전류 및 제어 신호를 주기적으로 DPRAM에 write하는 경우 MailBox_*의 '8'bit를 set하고 이들 신호값을 DPRAM에 write한다. 통신용 DSP는 MailBox_*의 '8'bit를 주기적으로 검사하고 있다가 이 bit가 set되어 있지 않으면 DPRAM

M으로부터 이 신호값들을 읽어 들인다. MMI PC로부터 이 신호값에 대한 송신 요청이 있으면 즉시 MMI PC로 이 신호값들을 올려 보낸다.

3. 결 론

본 논문에서 제시한 제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기 개발 환경은 개발된 전력제어기의 최초 현장 설치시 현장 플랜트에 최적인 각종 제어 파라미터의 튜닝이나 그 튜닝 결과에 따른 운전시 플랜트의 동작특성을 실시간으로 모니터링 하고자 할 때 사용을 목적으로 구축되었다. 이러한 개발환경을 이용함으로써 전력제어기의 현장 적용상의 애로를 상당히 경감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김춘경 외5, “제어봉 구동장치 제어기 prototype 개발,” 2002 전기학회 하계학술회의 논문집, pp.2182-2184, 2002.7
- [2] 김춘경 외3, “원자로 제어봉 구동장치 제어시스템용 전력제어기 개발,” 2003 정보제어공학회 추계학술회의 논문집, 2003.11
- [3] 김춘경 외4, “제어봉 구동장치 제어시스템용 이중화 전력제어기 설계,” 2004 전기학회 하계학술회의 논문집, 2004.7
- [4] National Instruments, 'LabWindows/CVI,' Text Book, 1998.2