2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

소형 열병합 발전설비의 감시제어 시스템 개발

조창희*, 손천돈*, 김슬기*, 전진홍*, 안종보*, 김성신**
*한국전기연구원, **부산대학교

Development of Monitoring and Control System for Small CHP Cogeneration Units

Chang Hee Cho*, Cheon Don Son*, Seul Ki Kim*, Jin Hong Jeon*, Jong Bo Ahn*, Sung Shin Kim**
*Korea Electrotechnology Research Institute, **Pusan National University

Abstract - 정부의 소형 열병합 보급정책의 확대에 따른 가스엔진 소형 열병합 시스템이 아파트 단지를 중심으로 보급되고 있으나 시스템 전체가 해외기술에 의존하고 있는 실정이며 기기의 국산화가 시급한 과제로 대두되고 있다. 본고는 에너지관리공단이 지원하는 소형 열병합 발전시스템 실용화 기술개발의 한 분야로 개발된 소형 열병합 발전시스템과 전체 설비를 감시 및 제어하기 위해 개발된 감시제어 시스템의 개발에 대해서 간략히 소개 하고자 한다.

1. 서 론

소형 열병합 발전이란 가스를 이용해 열과 전기를 동시에 생산함으로써 열손실을 최소화하고 에너지이용효율을 극대화할 수 있는 고효율 에너지 시스템으로, 건물 등에 필요한 전기 에너지를 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 생산한 후 배출되는 열을 회수하여 냉·난방에 이용함으로써 기존 발전방식보다 30~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 분산 발전방식의 하나이다. 열병합 시스템은 투입연료의 70%가량을 열 및 송배전 손실로 낭비하는 기존 발전시스템과 달리, 수요지 근처에 설치되고 배열회수를 통해 전체 에너지 효율을 90%에 근접하게 유지할 수 있는 에너지 절약형 발전 시스템이다. 그림1에서 최근 국산화 개발에 성공한 소형 열병합 시스템 패키지를 볼 수 있다. 열병합 시스템은 365일 연속운전을 하는 것이 보통으로 시스템의 견실한 제어와 더불어 시스템 상태와 운전상황을 쉽게 인식할 수 있는 감시제어 시스템의 구축이 필수적이다.

<그림 1> 개발된 소형 열병합 시스템 패키지

2. 감시제어 시스템

소형 열병합 시스템의 감시 제어 시스템은 크게 감시제어를 위한 네트워크 구성과 사용자 인터페이스를 담당하는 감시제어 프로그램으로 구분된다. 개발된 소형 열병합의 제어시스템은 모듈화 계층화를 통해서 제어시스템의 다기능화 및 견실한 제어를 꾀하고 있다. 시스템의 메인 제어를 담당하는 통합 제어장치(ICU)와 발전기 제어를 담당하는 DAVR, 그리고 엔진 제어를 담당하는 ECU로 구성된 제어시스템과 감시제어 시스템은 네트워크와 하드와이어로 이중화 연결되어 있다.

2.1 통신 네트워크

열병합 시스템이 여러 대 병렬운전 되는 경우 각각의 통합 제어장치들은 서로 상대의 운전 상태와 출력 제공 상황들에 대한 정보를 필요로 한다. 또한 전체 시스템을 관리하고 각 제어장치로의 정보를 입수하고 상황에 적절한 제어명령 등을 전달하기 위하여 원격지 PC와 통합 제어장치들은 멀티드롭 직렬통신으로 연결된다. 본 과제에서는 중앙 관리 제어를 위하여 다수의 장치가 동시에 연결될 수 있도록 Multi-drop 모드로 동작하는 RS485 방식을 채용하였다. 멀티 드롭 방식은 하나의 긴 버스(단일선 또는 2중선) 형식의 네트워크에 여러 장치가 동시에 연결되는 방식으로 한 번에 하나의 장치만이 버스를 구동할 수 있다. 일반적인 멀티버스 구조의 특징은 다음과 같다.

- 네트워크 버스의 데이터 송수신은 마스터/슬레이브 방식으로 수행
- 마스터 장치는 통신 Transaction의 시작
- 슬레이브는 마스터 장치의 요청이 있을 경우에만 통신
- 모든 통신은 패킷(Packet) 프레임 단위로 구성
- 마스터 장치의 패킷은 통신의 요청(Request)이며 슬레이브 장치의 패킷은 통신 응답(Response)
- 마스터/슬레이브 통신에서는 마스터의 Request에 대해서 단 하나의 슬레이브만 응답(Response) 할 수 있음

멀티 드롭 다중 통신은 4선 연결에 의한 전 이중 통신(Full Duplex) 송수신과 2선 연결에 의한 반 이중 통신(Half-duplex) 전송 방식이 존재한다. 본 과제에서는 시스템의 안정성을 높이기 위해서 마스터 장치가 고장 날 경우를 대비하여 백업용 마스터 장치를 지정할 수 있는 멀티 마스터 개념의 네트워크를 목표로 개발하였다. 그러므로 마스터 장치가 고정된 4 선식 전이중 통신을 배제하고 2 선식 반 이중 통신 방식의 멀티드롭 네트워크를 구성하였다.

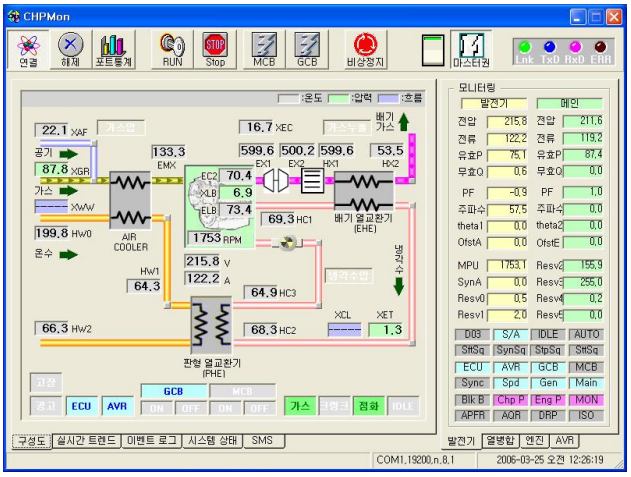
2.2 통신 프로토콜

소형 열병합 감시 제어 프로그램은 RS485 버스의 버스 마스터로서 작동하며, 나머지 통합 제어장치들 또는 AVR 제어 장치는 네트워크 슬레이브로 동작한다. 통신의 모든 Transaction(상위 마스터로부터 하위 슬레이브 장치로의 제어명령 전송 또는 반대 방향으로의 모니터링 데이터 전송 등)은 전적으로 RS485 마스터에 의해서 시작되며 마스터의 요청(Request)에 따른 슬레이브 장치들의 응답(Replay)으로서 각각의 통신 Transaction은 완료된다. 통신프레임은 마스터 장치가 전송하는 마스터 프레임과 슬레이브 장치가 전송하는 슬레이브 프레임으로 구분된다. 각각의 프레임은 Header(HDR) 바이트와 Trail(TRL)바이트에 둘러싸여서 전송되는데 전송자 정보(SRC), 수신자 정보(DST), 프레임 종류(CID), 그리고 전송 데이터(Data) 바이트들로 구성된다. 마스터 제어장치는 정해진 폴링 시퀀스에 따라서 순차적인 InqData 프레임을 전송하고 각각의 슬레이브 제어장치는 이에 응답하는 RepData프레임을 전송하여 하위 제어장치의 모니터링을 수행한다. 하위 장치의 RepData프레임은 2바이트의 디지털 상태정보와 8종류의 아날로그 데이터를 포함한다. 슬레이브 장치들 중 더 많은 모니터링 데이터를 가지고 있는 경우에는 마스터 제어기는 InqData프레임 전송 시, 받고자하는 데이터 페이지를 프레임 데이터에 명시함으로서 다수 데이터의 모니터링을 수행할 수 있다.

2.3 감시제어 프로그램

기존에 수작업 또는 JTAG 에뮬레이터, 또는 아날로그 방식의 스위치 입력 등을 이용하여 진행되던 제어 파라미터의 변경이나 제어 명령 전송 등의 작업을 본 프로그램을 이용하여 직렬 통신 방식으로 사용자가 원하는 대로 각각의 통합 제어장치들에 전송하여 제어 명령의 전달할 수 있다. 또한 이와 동시에 실시간 트

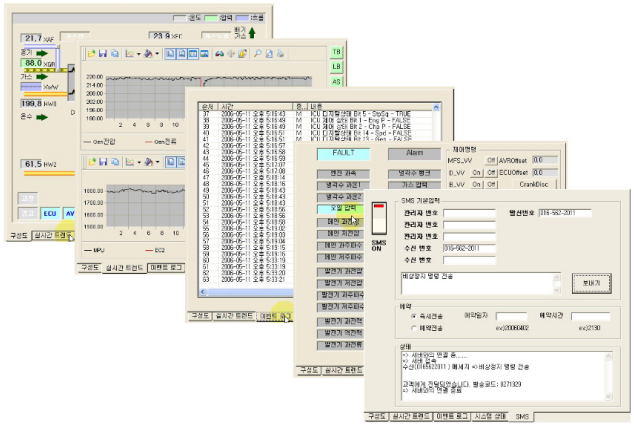
렌드 또는 숫자 표시등의 인터페이스로 시스템의 현상 감시를 수행함으로서 개발의 편이성을 제공한다. 또한 시스템의 각종 이벤트 로깅 기능과 실시간 데이터의 저장 기능으로 오프라인 데이터 해석을 손쉽게 할 수 있도록 보조하여 전체 시스템의 개발 시간의 단축할 수 있다.



<그림 2> 감시제어 프로그램 메인화면

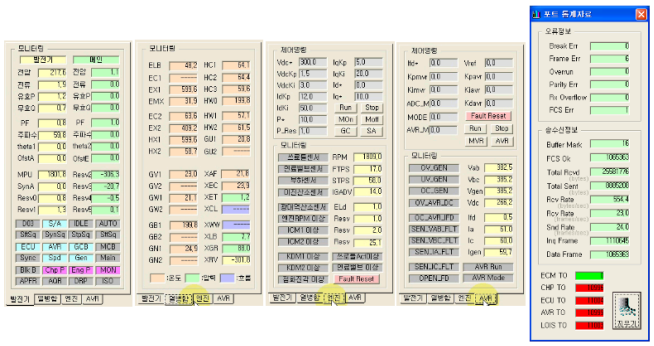
열병합 발전 중앙 제어 프로그램(CHPMon, CHP Monitor)으로 명명된 사용자 인터페이스 프로그램은 Microsoft사의 Windows OS 들(98, NT, 2000, XP)의 환경에서 작동되는 응용 소프트웨어이다. 기본 형식은 단일 Form의 윈도우로서 작은 화면의 노트북 컴퓨터에서 쉽게 사용될 수 있도록 800×600의 크기를 갖는다. 사용자 인터페이스를 위하여 이벤트 구동방식(Event Driven)의 프로그래밍 구조를 취했고, 대형 그래픽 툴바 (Toolbar), 대화상자 (Dialog box), 상태바 (Status bar) 표시 등을 이용하여 사용자와의 손쉬운 인터페이스를 구현하였다.

프로그램의 중앙에는 하단에 있는 탭(Tab)을 사용하여 중첩된 윈도우를 선택할 수 있게 하여 작은 화면에서 다양한 화면을 볼 수 있도록 구성하였다. 첫 번째 윈도우는 열병합 시스템 블록 구성도로서 시스템 P&ID (Piping & Instrumentation Diagram)에 기초한 시스템의 구성도를 간단한 블록도 형태로 표현하고, 블록도의 각 계측 위치에 측정된 값을 표시함으로서 직관적으로 시스템의 상태 파악할 수 있도록 하였다. 그림 1에서 프로그램의 전체 화면과 소형 열병합 시스템의 블록도를 볼 수 있다. 각 배관 내 냉각수나 온수 배기가스의 온도상태를 실제 위치의 상태값을 표시하였다. 그리고 엔진의 상태와 발전기 출력상황에 대한 상태 값도 해당 블록도의 위치에 표시하였다. 고장, 경고, ECU, AVR 상태, GCB, MCB 상태 및 제어 출력, 가스밸브 상태, 크랭크 동작상태, IDLE 명령 상태 등 디지털 상태에 대한 정보를 사각 Block LED로 배치 전체 시스템의 주요 상태를 한 눈에 알 수 있도록 하였다. 특히 혼합 가스 연료, 배기가스, 냉각수 그리고 외부 온수 등 배관의 흐름에 따라서 블록이 움직이는 (Animation) 효과를 표시하여 한눈에 유체의 흐름 상태를 파악할 수 있도록 하였다.



<그림 3> 선택 가능 페이지

그림 3은 선택 가능한 화면들을 보여준다. 두 번째 화면은 실시간 데이터 트렌드 윈도우로서 이는 계측된 데이터들의 실시간 파형을 표시해주는 역할을 담당한다. 실시간 트렌드는 계측 데이터의 형태에 따라서 선형(Linear) 또는 로그(Log) 스케일로서 표시되며 횡축으로 스크롤(Scroll)하면서 파형을 표시한다. 트렌드의 총 시간 스팬(Span)은 30초, 1분, 5분, 10분, 30분, 1시간으로 조절 가능하다. 트렌드에 표시되는 중간에 트렌드화면을 더블클릭하여 스크롤을 멈출 수 있으며, 정지된 실시간 트렌드 그래프는 사용자의 의지에 따라서 확대/축소, 시간 축 빠르기 조절, 종축 자동 스케일링(Scaling), 3차원 표시 등의 기능으로 편리하게 운용될 수 있다. 또한 표시 데이터의 하드디스크 저장, 클립보드 저장, 프린트 및 프린트 프리뷰(Preview) 등의 부가 기능도 제공한다. 다음 페이지는 시스템에서 발생하는 알람, 트립 상태, 일반 메시지, 제어기 상태 및 제어 모드 변경, 통신 오류 메시지 등의 모든 이벤트 메시지 표시 화면으로 하드디스크에 시간 태그 이름이 붙은 로그 파일로 저장된다. 그 밖에 시스템 고장 발생 시 고장의 원인에 대한 정보 표시와 통합 제어장치의 전면에 부착된 키패드와 동일한 형태의 가상 키패드역할을 하는 시스템 상태 페이지와 시스템의 비상 상태나 시스템 트립에 해당하는 고장상황을 문자 메시지를 통해서 시스템 관리자에게 전달해주기 위한 휴대폰 문자메시지(SMS) 설정 화면이다.



<그림 4> 감시 변수 페이지 및 상태 통계 대화상자

그림 4는 통신을 통해서 업로딩 된 데이터의 표시와 각 제어장치별 제어 파라미터와 제어명령 등의 전송을 위한 감시변수 페이지를 표시한다. 그림 최 우측의 대화상자는 통신 포트 상태 및 통신 상태에 대한 사용 통계를 표시하는 통계자료 윈도우로서 통신 포트의 오류 정보와 송수신 정보를 포함한다. 사용자는 이 윈도우에서 송/수신된 프레임의 개수, 송/수신 데이터 전송률 (Bytes/sec, Frames/sec) 등의 정보를 참조하여 통신 포트 및 데이터 전송상태의 이상 유무를 판단할 수 있다.

그 밖의 열병합 시스템의 자주 사용되는 주요 기능 중 하나인 전력계통과의 동기제어와 연계운전의 기능을 확인하기 위하여 계통 연계제어 전용 화면이 있다. 연계 제어화면은 전력 계통의 연계점과 발전기 사이의 동기 확인을 위한 가상 동기스코프 (Synchro Scope)로 자동 동기기능을 확인할 수 있다. 화면의 하단에 동기투입 후의 유효전력, 무효전력, 역률의 계측치의 표시와 제어 지령치를 변경할 수 있는 슬라이드 바를 구성하였다.

3. 결 론

시스템의 계측과 제어를 위한 제어 장치들과 이들 간의 인터페이스는 열병합 시스템의 운전에 가장 중요한 요소이다. 이와 아울러 시스템 관리자 또는 운용자와의 인터페이스는 시스템의 효율적인 운전, 상시 및 비상시의 대응, 전체 시스템의 최적화 등에 있어서 필수적인 요건이 아닐 수 없다. 소형 열병합 시스템을 위해서 개발된 전용의 감시제어 프로그램은 이러한 필수 요건을 만족시키기 위해 다양한 기능을 포함하고 있다. 본고에서는 소형열병합 발전 시스템의 감시제어를 위한 최상위 사용자 인터페이스인 감시제어 프로그램의 개발에 관하여 간단한 소개를 하였다.

[참 고 문 헌]

[1] Guzzella, L.,Amstutz, A."Control of Diesel Engines", Control Systems Magazine, IEEE ,Vol. 18 ,5 ,1998, pp:53 - 71

[2] C. H. Cho, M. K. Park, J. B. Ahn, S. M. Kwon, S. S. Kim, "Development of the Power Control System for the Parallel Operation of Multiple Diesel Engine Generator" Proceeding of IEEE IECON 2004, 2-4 Nov. 2004

[3] 조창희 외 4인, "소형 열병합 가스엔진 발전시스템의 통합 제어 시스템 개발"" 대한전기학회 하계학술대회, 2006 pp:539-540.