

LabVIEW를 이용한 열병합 발전의 열·전기 제어 시스템

(Heat · Power Control System of Cogeneration using LabVIEW)

이승근* · 김일주 · 이규화

(Song-Keun Lee · Il-Ju Kim · Kyu-Hwa Lee)

요 약

열병합발전은 전기와 열을 동시에 발생시켜 에너지 이용률을 높이는 고효율에너지 발전 체계를 말하며, 시스템에 전기에너지를 공급하는 과정에서 배출되는 에너지를 회수하여 산업용 공정, 지역난방, 온수 공급 등에 이용함으로써 종합효율 향상에 많은 영향을 끼친다.

본 논문에서는 LabVIEW를 이용하여 열병합 발전의 흐름을 화면으로 보이고, TCP/IP 통신을 이용하여 지역에 너지 시스템을 원거리에서도 제어가 가능한 열·전기 제어 시스템을 보이고자 한다. 열·전기 제어 시스템이 원거리에서 제어가 가능함을 보이기 위해 4대의 컴퓨터로 시뮬레이션을 보였다.

Abstract

Cogeneration means the highly energy-efficient generation system that improves energy ratio by generating electricity and heat, and it really affects the improvement of overall efficiency by using industrial process, district heating, and hot-water supply etc. after the energy produced through supplying power to system collects.

This thesis indicates the screen of cogeneration flow in LabVIEW and the heat · power control system that can be in long-distance control of a district energy system using TCP/IP. We simulated on four computers so that the heat · power control system proves long-distance control possible.

Key Words : LabVIEW, Cogeneration, TCP/IP, Heat, Power

1. 서 론

열병합 발전은 동일한 연료를 사용하여 두 가지 유형이 다른 에너지(열, 전기)를 동시에 생산하는 종합 에너지 시스템이다.

자원의 효율적 이용으로 화석연료를 절감하고 대체에너지 사용으로 인한 종합효율 향상 및 공해 감소효과를 볼 수 있다. 또한 수요지 근방전원입지 확

* 주저자 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부 부교수
Tel : 063-220-2723, Fax : 063-220-2056
E-mail : songklee@gmail.com
접수일자 : 2009년 5월 15일
1차심사 : 2009년 5월 19일
심사완료 : 2009년 6월 1일

LabVIEW를 이용한 열병합 발전의 열·전기 제어 시스템

보로 입지문제를 해결하고 계통손실저감을 향상 시킨다. 이러한 열병합 발전 시스템을 최대의 효율로 동작시키기 위해 본 논문에서는 TCP/IP 통신을 이용하여 지역에너지 시스템을 원거리에서도 제어가 가능하도록 열·전기 제어 시스템을 제시하고자 한다.

열·전기 제어 시스템은 프로그램 개발시간의 단축뿐 아니라, 그래픽 유저인터페이스(GUI: Graphic User Interface)의 처리 부분까지 쉽게 구성할 수 있으며, 특히 제어와 계측에 최적화 되어 있고, 그래픽 환경을 이용하고 있기 때문에 직관적인 이해와 개발이 가능한 프로그램인 LabVIEW를 이용하여 작성하고자 한다.

2. 본 론

지역에너지 시스템이 TCP/IP통신을 통해 원거리에서도 제어가 가능하도록 도와주는 열·전기 제어 시스템을 제시하고자 지역에너지시스템인 REX10의 소개와 열·전기 제어 시스템의 데이터흐름, 스팀의 흐름, 순서도 및 프로그램에 관련된 프로그램 함수 및 GUI 패널 등을 제시한다.

2.1 REX10

도서, 산간지역과 대도시 밀집 아파트단지가 많이 위치한 곳에서 친환경적이고 안전성을 갖춘 소형 원자료를 동력으로 하는 발전/송배전/부하 등의 지역 에너지시스템이 대두되고 있다.

REX10(Regional Energy Reactor with 10MWth)은 열병합 발전과 같이 전기와 열을 함께 생산하는 지역에너지시스템으로서, 인구 밀집지역 또는 도서벽지 등에 위치하므로 강력한 보안 시설 없이 운영되어야 하기 때문에 고도의 안전성과 기밀성이 유지되도록 설계되었다. 타 에너지원보다 환경 친화적이며 소형 일체형 원자로인 SMART원자로를 기초로 두고 있기 때문에 개발에 필요한 비용을 크게 절약할 수 있다는 점으로 볼 때 경제성에서도 우월하다.

또한, 토륨을 연료로 하여 일반 원자로와 같이 핵분열 반응에 의해 열에너지를 얻는 방식이며 우라늄

사용을 배제하고 나아가 핵연료가 핵무기로 전환할 수 없는 이점을 가진다[1].

2.2 계층적 데이터 흐름

열·전기 제어 시스템의 두 가지 가장 큰 역할은 열 부하, 전기 부하에 필요한 스팀의 양을 계산하여 REX10으로 보내주며, REX10에서 열 부하 및 전기 부하로 보내주는 스팀의 양을 제어하는 기능이다.

그림 1은 열·전기 제어 시스템의 데이터 흐름도이다. 최초 열·전기 제어 시스템은 열부하와 전기 부하에 필요한 발전 에너지의 데이터를 REX10으로 보내주는 역할을 한다.

열 부하에서 필요한 에너지는 열과 스팀의 에너지이며, 전기부하에서 필요한 에너지는 전력량이다. 열 부하와 전기부하에서 각각 필요한 양의 에너지 데이터를 TCP/IP통신을 통해 보내주면 열·전기 제어 시스템은 이 데이터를 스팀량의 데이터로 변환 후 저장탱크에 남아있는 스팀량의 데이터를 이용하여 공급가능 스팀량을 계산하고 REX10으로 데이터를 보내주게 된다.

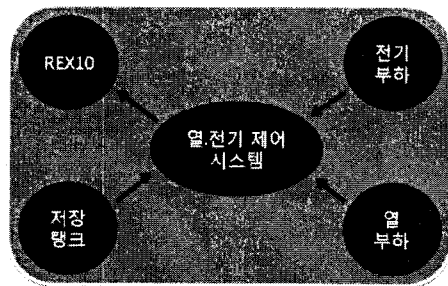


그림 1. 데이터 흐름도
Fig. 1. Data flow

그림 2는 스팀의 흐름도를 나타낸다. REX10에서 열·전기 제어 시스템의 제어로 열 부하 및 전기부하로 스팀을 보내주면 발전기 터빈을 스팀으로 동작시켜 전기를 생산하여 전기부하에 보내고 나머지 스팀은 열 부하로 보내주게 된다.

열 부하 측에서 많은 양의 스팀이 필요하면 필요한 데이터 값을 TCP/IP통신을 이용하여 열·전기

제어 시스템에 필요한 데이터 값을 보내주고 그 값을 계산하여 발전기를 거치지 않고 열 부하로 Bypass시키는 스팀관을 열어 스팀을 보내주게 된다.

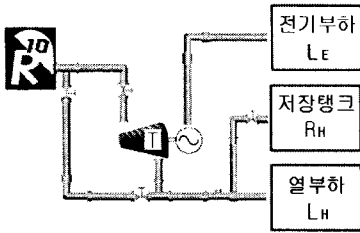


그림 2. 스팀 흐름도
Fig. 2. Steam flow

열 부하량이 필요한 스팀량을 오버했을 경우 남아 있는 잔류 스팀은 저장탱크에 저장하도록 되어 있다. 열부하측에서 더 많은 스팀이 필요하면 저장탱크에 저장된 스팀이 있을 경우 저장탱크에 저장된 스팀을 최우선적으로 열 부하로 보내 준다.

2.3 열 · 전기 제어 시스템의 순서도

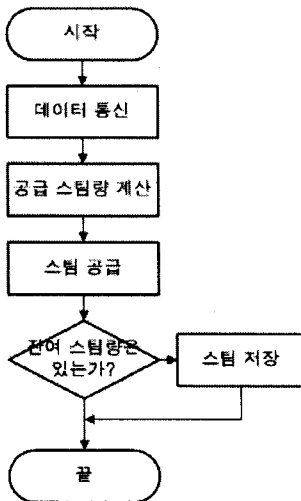


그림 3. 순서도
Fig. 3. Flow chart

그림 3은 열 · 전기 제어 시스템의 순서도이다. 순서도는 데이터 통신, 스팀량 계산, 스팀공급 등

열 · 전기 에너지 시스템의 흐름에 있어서 가장 필요한 부분으로 간략하게 나타내었다.

2.5 열 · 전기 제어 시스템의 조건

열 · 전기 제어 시스템은 매 순간마다 에너지의 밸런스가 맞아야 한다. 본 논문에서는 열 · 전기 제어 시스템의 에너지 밸런스를 위해 수식을 제시한다.

우선 각 식의 용어를 살펴보면,

E_T : 탱크로 들어가는 에너지

E_C : 압력다운 에너지

E_G : 발전기에 생성되는 에너지

L_H : 열 부하

$R_H(t)$: 시간에 따른 탱크에 저장된 스팀량

η_G : 발전기의 효율

η_T : 터빈의 효율

η_R : 저장탱크의 효율

η_P : 열 압력 다운의 효율

이다.

아래의 수식 (1)은 터빈으로 들어가는 에너지(E_T)이며, 발전기에 생성되는 에너지, 압력다운 에너지, 터빈 손실과 탱크로 들어가는 에너지에 영향을 받는다. 수식 (2)는 발전기에 생성되는 에너지(E_G)이며 전기부하 와 발전기 손실에 영향을 받는다. 수식 (3)은 열 부하(L_H)로서 터빈의 열 압력 손실과 저장탱크에 영향을 받는다. 수식 (4)는 시간에 따른 탱크에 저장된 스팀량($R_H(t)$)을 나타낸다.

$$E_T = E_G + E_C + (1 - \eta_T)E_T \quad (1)$$

$$E_G = L_E + (1 - \eta_G)E_G \quad (2)$$

$$L_H = (1 - \eta_P)(E - E_T) + R_H \quad (3)$$

$$R_H(t) = R_H(t-1)(1 - \eta_R) + R_H \quad (4)$$

2.6 열 · 전기제어 시스템의 통신

열 · 전기 제어 시스템에서는 REX10, 전기부하, 열 부하 등 많은 부분에서 데이터 통신을 사용하게 된다.

LabVIEW를 이용한 열병합 발전의 열·전기 제어 시스템

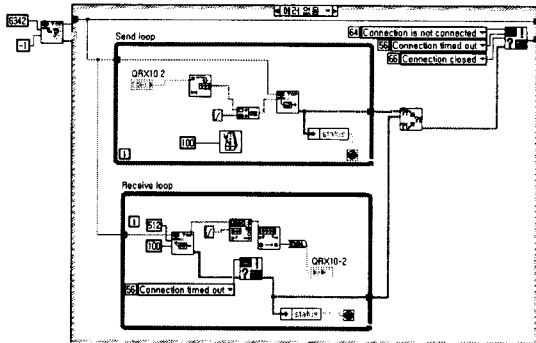


그림 4. REX10의 통신함수
Fig. 4. Communication function of REX10

그림 4는 REX10의 통신부분이다. 통신 설정 방법은 RCP Listen의 포트에 포트의 이름을 설정하고 타 임아웃에 연결이 지정될 시간을 설정하였다.

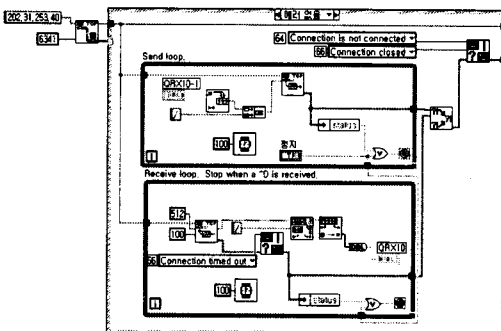


그림 5. 열·전기 제어 시스템의 통신함수
Fig. 5. Communication function of Heat·Power Control system

그림 5는 열·전기 제어 시스템의 통신부분이다. 여기에서 통신설정 방법은 TCP Open Connection에서 IP주소에 발전 시스템의 컴퓨터 IP를 작성하고 REX10에서 지정해준 원격포트나 서비스 이름을 설정한다.

2.7 REX10 프로그램 함수

그림 6은 REX10 실행 프로그램을 나타낸다. 열·전기 제어 시스템의 흐름을 보여주기 위하여 작성된 프로그램이며 열 병합 시스템을 초기화 해주기 위한 초기화 다이어그램, 전기 부하값을 그래프로 나타내

기 위한 전기부하 다이어그램, 열 부하값을 그래프로 나타내기 위한 열 부하 다이어그램이 속해 있다.

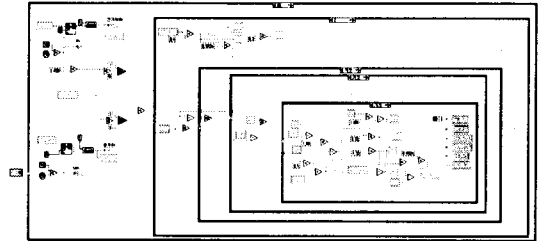


그림 6. REX10 프로그램 함수
Fig. 6. REX10 Program function

2.8 열·전기 제어 시스템의 GUI

그림 7은 열·전기 제어 시스템의 GUI(graphical user interface)이다. 열·전기 제어 시스템의 과정을 화면으로 보기위해 열 병합 발전 시스템을 LabVIEW를 이용하여 그래픽화한 화면이다.

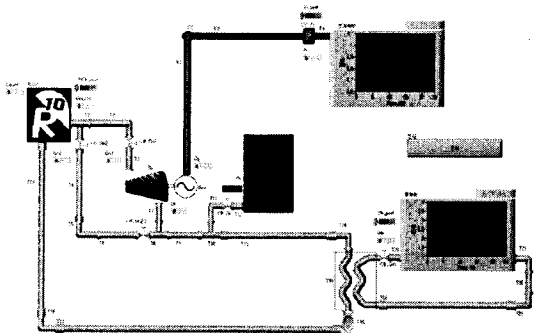


그림 7. 열·전기 제어 시스템의 GUI
Fig. 7. Gaphical user interface of heat·power control system

3. 실험 및 결과

열·전기 제어 시스템의 실험은 4대의 컴퓨터로 이루어지며, 1대의 메인 컴퓨터(열·전기 제어 시스템)와 3대의 하위 컴퓨터(열 부하, 전기부하, REX10)로 이루어진다.

메인 컴퓨터의 기능은 다른 3대의 컴퓨터의 상태를 확인하며 요청 데이터를 처리, 제어하는 기능을

하며, 3대의 하위 컴퓨터의 기능은 각각의 시스템(열 부하, 전기부하, REX10)의 상태를 모니터링 해주고 필요한 데이터의 양을 메인 컴퓨터로 TCP/IP통신을 이용하여 데이터를 전송하는 역할을 한다.

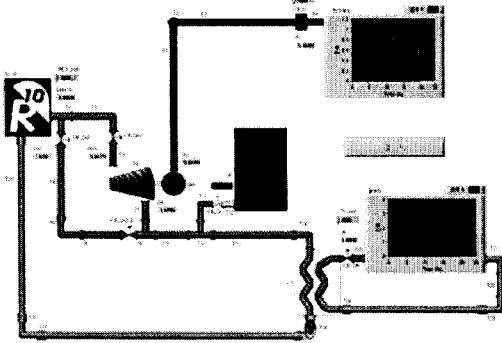


그림 8. 열·전기 제어 시스템 실험
Fig. 8. Heat · Power Control system Simulation

본 논문에서는 전기부하 및 열 부하에서 필요한 데이터의 양을 직접적으로 보내줄 수 없기 때문에 초기에 필요한 전기부하와 열 부하 데이터의 값을 우리나라에 있는 병원의 1년 데이터를 기초로 하여 데이터 값을 입력하여 열·전기제어 시스템이 올바르게 동작하는지 보았다.

그림 8은 열 병합 발전 시스템에서 열·전기제어 시스템의 동작 화면을 Capture한 사진이며, 그림 9와 그림 10은 실험에서 보여준 열 부하 및 전기부하 데이터 그래프이다.

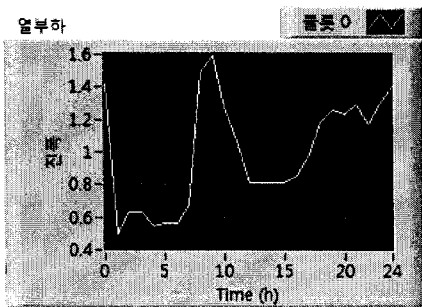


그림 9. 순서도
Fig. 9. Flow chart

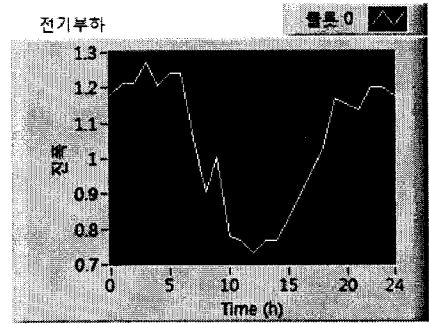


그림 10. 순서도
Fig. 10. Flow chart

실험 결과 열 부하 및 전기부하의 데이터 요구 값과 동일하게 열 병합 발전 시스템이 동작하면서 열 부하와 전기부하의 사용량이 그래프를 통해 나타나는 것을 볼 수 있었다.

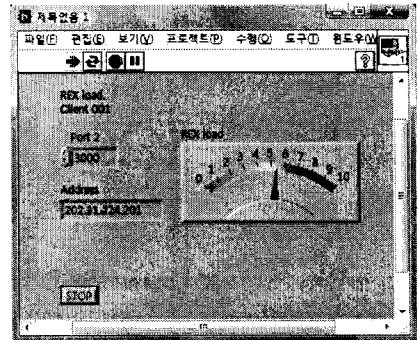


그림 11. REX10 부하
Fig. 11. REX10 load

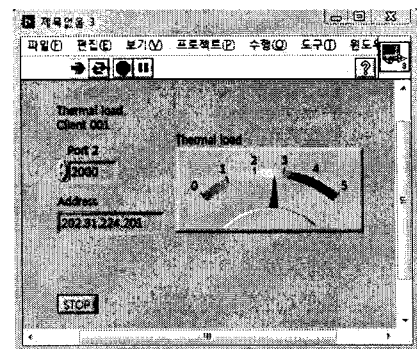


그림 12. 열 부하
Fig. 12. Thermal load

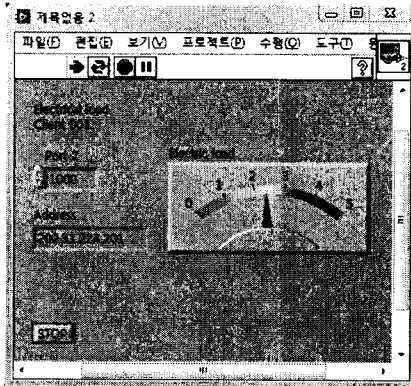


그림 13. 전기 부하
Fig. 13. Electrical load

그림 11, 12, 13은 실험에서 REX10 부하, 열 부하, 전기부하의 소비량을 나타낸 그래프이다. 각 GUI창마다 PORT와 IP주소를 입력하는 곳이 있다. 이곳에 해당 컴퓨터의 정보를 넣어주면 된다.

4. 결 론

본 논문에서는 LabVIEW를 이용하여 열 병합 발전의 열·전기 제어 시스템의 흐름을 4대의 컴퓨터로 그래픽화 하였고, 발전시스템의 전력 소비량과 열 소비량을 그래프로 표현하였으며 장거리 통신이 가능한 TCP/IP 통신을 사용하여 장거리에서도 원격으로 열·전기 제어 시스템의 사용으로 열 부하량과 전기 부하량을 표현하였으며, 데이터 값을 이용하여 열 부하 및 전기부하를 제어하여 열·전기 제어 시스템을 구현하였다.

References

- [1] www.mgengg.com.
- [2] Jong-Won Kim, "Nuclear design concepts of regional energy reactor, REX-10," International workshop on next generation regional energy system development, Jan 24~27 2007.
- [3] M.S. Donne, A.W. Pike, R. Savry. "Application of modern methods in power plant simulation and control" Computer & control engineering journal, April 2001 pp. 75-84.
- [4] R.J. Schoenhals, D.P. Dewitt. "Integrating Fundamentals and Industrial Applications in a Heat Transfer Course" Frontiers in Education Conference 1994, Session 5C2, pp. 469~472.
- [5] Giancarlo Ferrari-Trecate, Eduardo Calleste, Paolo Letizia, Matteo Spedicato, Manfred Morari, Marc Antoine. "Modeling and control of co-generation power plants: A hybrid system approach", IEEE trans. On control system technology, Vol. 12 No. 5, September 2004, pp. 694~705.

◆ 저자소개 ◆

이송근 (李松根)

1962년 8월 29일생. 1988년 Universidade de Sao Paulo 전기공학 졸업. 1991년 서울대학교 대학원 전기공학 졸업(석사). 1997년 서울대학교 대학원 전기공학 졸업(박사). 1994년 일본 북해도대학연구원. 현재 전주대학교 전기전자통신공학부 부교수.

김일주 (金日柱)

1984년 11월 18일생. 2008년 2월 전주대학교 전기전자정보통신공학부 졸업. 현재 전주대학교 대학원 전기전자공학 석사과정.

이규화 (李圭和)

1983년 12월 13일생. 2008년 2월 전주대학교 전기전자정보통신공학부 졸업. 현재 전주대학교 대학원 전기전자공학 석사과정.