

웹기반 전력관리 시스템

김성식, 최영준, 최대희, 홍정기
(주)효성, 중공업 연구소

Web-Based Hyosung Power Management System

Sung-Sik Kim, Young-Jun Choi, Dae-Hee Choi, Hong-Suk Kim, Jung-Ki Hong
Hyosung Corporation, Power & Industrial R&D Center

Abstract - 본 논문에서는 기존의 반복적인 점검업무 및 분석을 자동화하여 보다 효율적으로 전력사용량 및 부하사용량을 파악하고, 이를 자동으로 분석할 수 있도록 한 웹기반 전력관리 시스템을 소개한다. 당사에서 개발한 웹기반 전력관리 시스템은 디지털 장치와 컴퓨터 S/W를 통해 각 피더별 데이터를 실시간으로 수집, 가공하여 데이터베이스에 저장하고 보고서 등을 자동으로 작성하며, 피더별 부하 비교/분석 등을 통하여 전력 사용량 및 부하사용량에 대한 분석을 용이하게 할 수 있다. 또한, 웹 브라우저를 통해 인터넷이 연결된 곳이면 어디에서나 실시간 계측값, 이력트렌드 등의 필요한 정보를 제공받을 수 있도록 하였다.

그리고, (주)효성, 창원공장에 적용된 사례를 통하여 웹기반 전력 관리 시스템을 설치하였을 때 얻을 수 있는 효과를 분석하였다.

1. 서 론

(주)효성, 중공업연구소는 공장내 전체적인 부하의 사용량을 온라인으로 모니터링하며, 축적된 데이터베이스를 이용하여 효율적인 생산관리와 부하예측을 할 수 있고, 인터넷을 통해 어디에서나 필요한 정보를 제공받을 수 있는 웹기반 전력관리 시스템을 개발하여, 현재 차단기, 초고압 변압기 등을 생산하고 있는 당사 창원 공장에 설치 운전 중에 있다.

기존에는 공장내 전체 전력 사용량 및 각종 전기계량을 담당자의 주기적인 점검 업무에 의해서만 파악할 수 있었으며, 이러한 각종 지침값들은 여러 조정값들에 의하여 환산하여야지만 비로소 정보로서 의미를 갖게 되었다. 하지만 이러한 작업들은 인력에 의하여 수동적으로 처리되어 왔기 때문에 오입력 및 점검시간에 따른 오차가 발생하여 정확한 사용량을 관리하는데 어려움이 있었다. 또한 담당자는 반복적인 단순작업에 매일 업무를 할당하여야만 하였다.

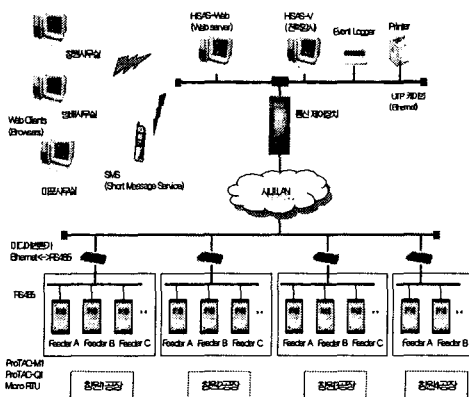


Fig. 1. Configuration of Web-Based HPMS

그림 1 웹기반 전력관리 시스템의 구성도 따라서 이러한 반복적인 점검업무 및 분석을 자동화하

여 전력 사용량 및 부하사용량을 보다 효율적으로 파악하고, 이를 자동으로 분석할 수 있는 웹기반 전력관리 시스템을 개발하게 되었다.

웹기반 전력관리시스템(HPMS : Hyosung Power Management System)은 당사에서 개발 상품화한 디지털 기기 (IED : Intelligent Electronic Device)와 컴퓨터 SW를 통해 피더별 각종 필요 데이터를 상세하게 실시간 자동으로 수집, 가공하여 데이터베이스에 저장하며 운영자가 관리 레포트등을 작성시에 필요한 기본 정보들을 자동으로 작성하여 주는 시스템이다. 또한 부하별 전력요금 및 각 피더별 부하, 날짜별 부하 비교분석 등을 통하여 전력 사용량 및 부하에 대한 분석을 용이하게 할 수 있도록 하는 기능을 포함하고 있다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

당사 창원공장에 설치 운영 중인 웹기반 전력관리 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 웹기반 전력관리 시스템은 4개로 나뉘어 있는 창원공장에 당사에서 개발한 디지털 기기(IED) 중 ProTAC-M1, ProTAC-Q1와 ProNET-μRTU를 설치하여 각 피더로부터 정보를 계측하고 있으며, 통신제어기기(Station Controller)는 이러한 IED 계측 정보를 사내 LAN을 통하여 수집하고 표준화하여 상위 HMI에 전달한다. 상위 HMI에서는 수집된 정보를 데이터베이스에 저장하고, 자동으로 분석하여 운영자가 필요로 하는 다양한 정보를 제공함으로써 업무 효율을 향상시킨다. 그리고 인제 어디서나 웹 브라우저를 이용하여 Web Server에 접속하여 실시간 정보, 과거 이력 정보 및 각종 분석 정보를 얻을 수 있다.

2.2 디지털 기기(IED)

창원공장에 적용한 웹기반 전력관리 시스템에서 사용한 IED는 당사 제품인 ProTAC-M1, ProTAC-Q1, ProNET-μRTU이다. ProTAC-M1은 전력 시스템의 각종 데이터 취득을 위한 디지털 계측기로서 전압과 전류의 2"15차 고조파 측정이 가능하며 영상과 역상 성분의 측정이 가능하여 계통의 불평형과 사고 여부를 파악할 수 있다. ProTAC-Q1는 전력 품질의 감시를 위한 제품으로 ProTAC-M1의 기능 외에 순간전압 강하/상승(Sag/Swell) 및 과형왜곡 현상에 대한 Alarm을 제공하며 중선선 과전류, 변압기 과부하 등에 대한 Alarm을 제공한다. ProNET-μRTU는 디지털 입력 16점, 디지털 출력 8점, 아날로그 입력 8채널을 제공하여 배전반의 다양한 정보를 취합할 수 있다.

Table 1 The number of IEDs of each Factory

표 1 공장별 설치된 IED 갯수

IED 종류	1공장	2공장	3공장	4공장	전체(40개)
ProTAC-M1	12개	5개	11개	2개	30개
ProTAC-Q1	4개	0개	2개	0개	6개
ProNET-μRTU	1개	1개	1개	1개	4개

2.3 통신 구성

당사에서 개발한 웹기반 전력관리 시스템의 전체 통신 구성은 그림1과 같이, 디지털 기기(IED)에서 취득된 데이터는 RS-485 프로토콜(protocol)을 사용하여 멀티 드롭(multi-drop) 방식으로 묶여, 각 공장에 설치된 통신 변환기(media converter)를 통해 TCP/IP 기반의 이더넷(ethernet) 프로토콜로 변환되어 전송된다. 각 공장에 설치된 통신 변환기는 사내 랜(LAN : Local Area Network)망을 통해 스테이션 컨트롤러(station controller)에 접속되어 각 공장의 디지털 기기로부터 취득된 데이터가 모두 모아진다. 이렇게 수집된 데이터는 사용자 화면이 설치된 PC내의 I/O 서버(server)로 전송되고, I/O 서버로 수집된 데이터는 HMI 프로그램으로 전송된다.

한편, 사용자는 웹 브라우저(Web Browser)를 통해 디지털 기기로부터 취득된 데이터를 실시간으로 모니터링할 수 있는데, 이는 웹 서버(Web Server)의 I/O 프로그램으로부터 클라이언트(Client)의 I/O 프로그램으로 데이터가 실시간 전송되기 때문이다.

2.4 Local HMI(Human-Machine Interface)

① 단선도 화면

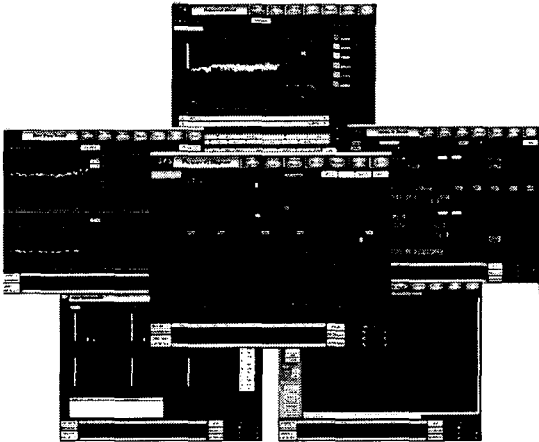


Fig. 2. Local HMI of Web-Based HPMS
그림 2 웹기반 전력관리 시스템의 Local HMI

단선도 화면에서는 각 피더의 활선상태와 CB (Circuit Braker)의 On/Off/Trip 상태, 각 판넬(Pannel)의 Annunciator 상태를 운전자의 눈에 가장 띄기 쉬운 형태로 표시한다. 그리고 디지털 기기(IED: Intelligent Electronic Device)가 설치된 피더에는 측정된 전압, 전류, 전력량 등을 표시한다.

② 실시간 경향 화면

실시간 경향(Real-Time Trend)화면에서는 각 피더에 설치된 디지털 기기(IED)로부터 취득된 각 상의 전압과 전류, 유/무효 전력, 유/무효 전력량, 주파수, 역률을 그래프로 표시한다. 각 데이터의 한 시간 동안의 변화 그래프는 사용자의 명령 없이도 주기적으로 업데이트된다.

③ 이력 경향 화면

이력 경향(Historical Trend)화면에서 사용자는 각 피더별로 원하는 시간 동안의 데이터 변화를 검색할 수 있고, 전압이나 전류와 같이 성격이 같은 각 피더별 전기량을 한번에 비교할 수 있다. 이러한 피더별 전기량의 비교는 피더 별 부하 사용의 특성을 파악하고, 전체 전력 사용량에 비해 각 피더의 부하량이 미치는 영향을 파악할 수 있도록 한다. 또한 전체 역률에 대해 각 피더가 미치는 영향을 파악할 수 있고, 전기 품질에 영향을 미치는 피더를 예측하는데 도움을 준다.

④ 알람 및 이벤트 화면

알람 및 이벤트 화면(Alarms & Events) 화면에서는 전기량이 경고치보다 크거나 혹은 작아지는 경우, CB의 동작 여부, 전기 품질에 이상이 발생한 경우, 전력감시 시스템에 이상이 발생한 경우 등을 리스트로 출력한다. 이러한 리스트는 중요도별, 알람/이벤트 유형별, 측정 장소별, 사용자 인지 상태별로 필터링하여 볼 수 있다. 또한 알람/이벤트 발생 시에는 음성 또는 경고음을 출력하여 사용자가 항상 화면을 주시하지 않더라도 알람/이벤트 발생 상황을 인지할 수 있도록 하며, 알람/이벤트가 발생한 화면으로 자동으로 변경되도록 하여 사용자가 알람/이벤트의 상세 내역을 쉽고 빠르게 인지할 수 있도록 한다.

⑤ 전기 품질 이벤트

전압 및 전류의 고조파 성분을 분석하는 화면을 통해 사용자는 수전되는 전기의 품질을 확인하고, 전기 품질 문제를 야기하는 피더를 확인할 수 있다. 또한 전압 및 전류의 고조파 성분을 분석하는 화면을 통해 15차까지의 전압 및 전류 고조파를 확인하는 것은 물론, 순간전압의 강하/상승(Sag/Swell) 또는 전류와 전압 파형의 왜곡이 발생한 경우 그 내역을 리스트로 확인해 볼 수 있다. 전기 품질과 관련된 이벤트가 발생한 경우 그 세부 파형은 IED에 저장되고 사용자 화면에서도 확인해 볼 수 있다. 그림3은 실제 발생된 새그 파형을 사용자 화면을 통해 확인한 예이다. 실시간 파형의 크기는 물론 실효치 값의 변화를 확인할 수 있으며, 벡터도를 통해 새그 발생시 전류에 심한 불균형이 생긴 것을 확인할 수 있다.

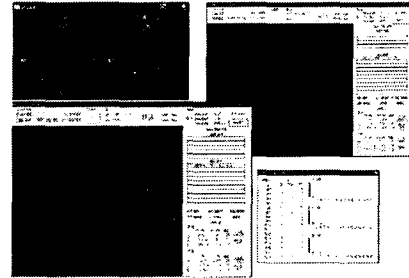


Fig. 3. Example of Voltage Sag
그림 3 순간전압 강하의 예

⑥ 보고서 관리

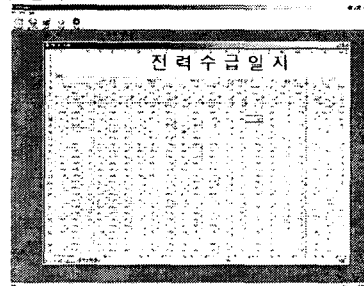


Fig. 4. Report Manager
그림 4 보고서 관리 화면

당사에서 개발한 디지털 전력감시 시스템은 데이터 베이스에 축적된 데이터를 이용하여 자동으로 일별, 주별, 월별 또는 년별 보고서를 작성할 수 있다. 사용자는 보고서의 형식을 지정하여 템플릿(Template)을 작성하고 보고서가 작성될 시간을 지정하면, 보고서 관리 모듈은 사용자가 작성한 형식에 따라 지정된 시간에 보고서를 자동으로 작성하고 프린터로 출력한다. 또한, 필요할 경우 사용자는 보고서 관리 모듈을 통해 작성된 보고서를 수정 및 편집할 수 있다.

2.5 Web Server

변전실, 사무실 등 다양한 곳에서 웹기반 전력관리 시스템의 실시간 정보와 분석 정보를 필요로 한다. 따라서 웹기반 전력관리 시스템은 Web Server를 구현하여 외부에서 웹 브라우저를 이용하여 시스템에 접속하면 ASP (Active Server Page)와 Java script, ActiveX Control 등을 이용해 사용자와 상호작용을 통하여 웹 페이지를 생성하고 클라이언트에 전송하여 필요한 정보를 얻을 수 있도록 한다.

① 단선도 화면

각 공장별 단선도를 보여주며 IED가 설치되어 있는 각 피더에 대해서는 전압, 전류, Power Factor, 유효전력, 무효전력, 주파수, 전력량, 무효전력량 등의 실시간 계측값을 보여 준다. 또한 이러한 피더의 CB 심벌을 클릭하면 게이지를 이용한 계측값의 상세화면을 볼 수 있다.

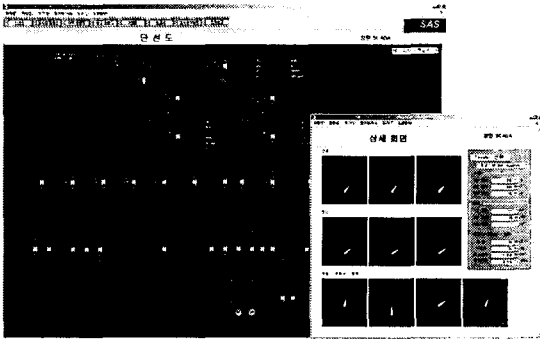


Fig. 5. Single Line Diagram of Web HMI
그림 5 Web HMI의 단선도 화면

② 실시간 경향 화면

각 피더별로 각 상의 전압, 전류와 Power Factor, 유효전력, 무효전력, 주파수 등의 계측값의 변화를 실시간 그래프로 나타내어 변화의 현재 추이를 확인할 수 있다.

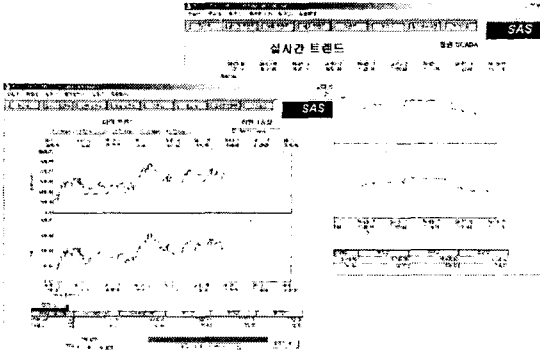


Fig. 6. Historical/Real-Time Trend of Web HMI
그림 6 Web HMI의 이력/실시간 경향 화면

③ 이력 경향 화면

각 피더별로 계측값의 과거 이력 데이터를 데이터베이스로부터 읽어 들여 과거의 변화 추이를 확인할 수 있도록 그래프로 나타낸다.

④ 비교 경향 화면

각 피더의 전력과 전류 이력 데이터를 10분 간격으로 데이터베이스에 저장한다. 비교 Trend는 한 피더에 대해서 서로 다른 날짜의 전력과 전류의 이력을 동시에 표시함으로써 날짜에 따른 부하의 변화를 비교 분석할 수 있도록 한다.

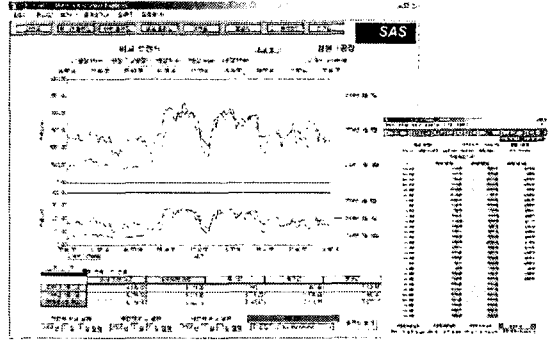


Fig. 7. Comparison Trend of Web HMI
그림 7 Web HMI의 비교 경향 화면

⑤ 알람 이벤트 화면

월별 알람/이벤트 발생현황의 상세 정보를 보여준다.

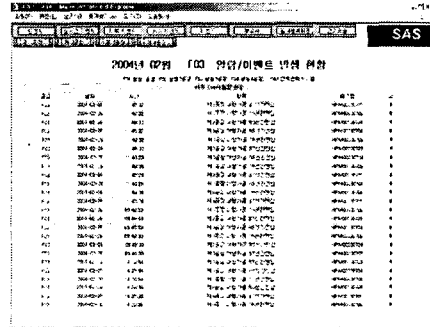


Fig. 8. Alarm and Event of Web HMI
그림 8 Web HMI의 알람 이벤트 화면

⑥ 일/월별 보고서 화면

각 피더에 대하여 매시간 간격으로 계측값의 평균값과 누적된 유효전력량, 무효전력량을 일/월보 형식으로 나타냄으로써 매일/매월의 부하 사용을 정리할 수 있도록 한다.

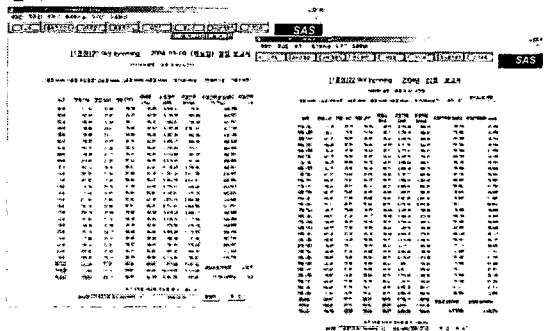


Fig. 9. Daily/Monthly Report of Web HMI
그림 9 Web HMI의 일/월별 보고서 화면

⑦ 임시 분석 화면

현재 각 공장별로 시간에 따른 최대부하 및 부하사용률을 분석할 수 있는 자료로 사용할 수 있으며 향후 1년 이상의 데이터가 수집되면 1년 부하 분석을 통한 부하 예측과 수요 관리를 위한 분석화면을 제공할 예정이다.

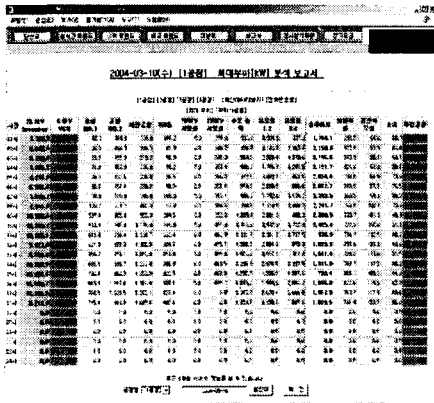


Fig. 10. Load Analysis of Web HMI
그림 10 Web HMI의 임시 분석 화면

⑧ 전기요금 화면

각 공장별로 매달 사용한 부하를 경부하 중부하 대부하로 나누어 전력요금을 계산하고 여기에 수용요금, 역률보상금, 전력기금을 합하여 전기요금을 산출한다. 또한 각 피더별로도 전기요금이 산출되므로 피더별 분석이 가능하다.

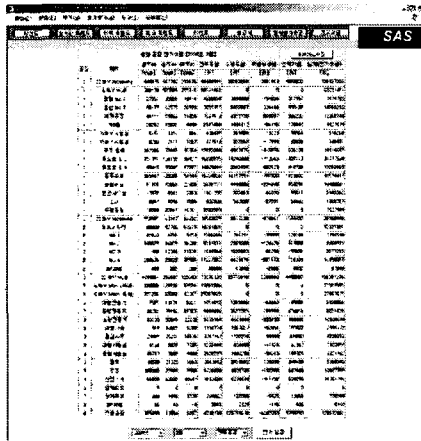


Fig. 11. Electric Rates of Web HMI
그림 11 Web HMI의 전기요금 화면

2.6 적용 효과

기존에는 (주)효성, 창원공장내 전체 전력 사용량과 각종 전기계량을 담당자의 주기적인 검침 업무에 의해서만 파악할 수 있었으며, 이러한 값들을 의미있는 정보로 만들면 작업자가 일일이 일정한 형식으로 가공을 하여야 했다. 하지만 이러한 작업들은 인력에 의하여 수동적으로 처리되어 왔기 때문에 많은 시간을 필요로 하였고 오입력 및 검침시간에 따른 오차가 필연적으로 발생 하였다.

이러한 시스템 환경에 있던 창원공장에 당사에서 개발한 웹기반 전력관리 시스템을 적용하여 상기한 문제를 해결할 수 있었으며 이로부터 유·무형의 효과를 얻을 수 있었다. 작업자의 공장내 변전실 및 현장 순회검침 시간과 보고서 작성 시간을 50% 이상 감소시킬 수 있으며 실시간 전력사용현황을 집계 분석할 수 있었다. 또한 ProTAC-Q1을 설치한 피더에서는 고조파, 순간전압 강하/상승(Sag/Swell)을 감시할 수 있으며, Web을 이용한 원격 감시를 통하여 서울 연구소, 본사 사무실, 창원 사무실에서도 지속적인 감시와 분석이 가능하게 되었다. 표 2는 당사의 창원공장에 설치된 웹기반 전력관리 시

템에 의해 취득된 데이터를 이용하여 전력요금을 자동으로 계산한 결과와 변전실 운영자에 의해 수동으로 검침된 전력요금을 비교한 결과이다.

Table 2. Power rates Comparison of Hyosung Factory in Changwon

표 2 (주)효성 창원공장 전력요금 비교

	검침 [kWh]	HPMS [kWh]	오차율 [%]
1공장	3,783,552	3,755,456	0.7
2공장	480,024	479,987	0.0
3공장	1,327,968	1,299,787	2.1
4공장	93,294	92,615	0.7

3. 결 론

당사에서 개발한 웹기반 전력관리 시스템은 기존의 반복적이고 비효율적인 업무를 자동화하여 부하를 포함한 제반 전기량을 효과적으로 분석, 관리할 수 있도록 한다.

웹기반 전력관리 시스템은 피더로부터 데이터를 취득하는 디지털 기기(IED), 하위 기기의 데이터를 취합하여 사용자 화면(HMI)으로 전송하는 통신 제어 기기(Station Controller), 사용자에게 취득된 데이터를 실시간으로 보여주고 데이터를 관리하는 HMI 프로그램, 그리고 웹을 통해 전력관리 현황을 파악할 수 있게 하는 웹서버 등으로 구성된다.

웹기반 전력관리 시스템을 통해 사용자는 각 피더의 부하 사용량 및 제반 전기적 상태를 실시간으로 감시할 수 있고, 이력 검색을 통해 피더별 부하 사용을 비교, 분석함으로써 각 피더별 전력사용량의 특성과 부하 예측을 가능하도록 한다. 또한 수전 시스템에 이상 발생 시 현황을 즉각 파악하여 대처 시간을 줄이고, 일별 보고서 등을 자동으로 출력함으로써 업무 시간을 대폭 줄일 수 있다. 전기 품질에 이상이 발생할 경우에도 사용자는 즉각 발생 사실을 인지할 수 있으며, 이상 시의 파형을 직접 확인할 수 있다. 또한 현장과 멀리 떨어진 사무실에서 웹 브라우저를 통해 수전 상황을 파악하여, 현장 상황의 관리 및 분석이 가능하다.

앞으로 웹기반 전력감시 시스템은 더 높은 신뢰성과 함께, 취득된 데이터를 바탕으로 통계적 부하 분석을 자동으로 수행하도록 할 예정이다. 또한 부하 모델링 및 작업 스케줄링 기능을 구현하여, 부하 예측을 통한 부하 차단(Load Shedding) 및 부하 쉬프팅(Load Shifting) 기능을 구현할 예정이다. 이를 통해 사용자는 전력 사용을 극대화하고 전력요금을 절감할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김성식 외, "디지털 전력관리 시스템의 개발과 적용", 2004년 전력계통 보호제어연구회 학술 및 기술발표회 논문집, pp7~14, 2004
- [2] 최대회 외, "변전소 자동화 시스템의 발전 추이와 미래", 2003년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp531~533, 2003
- [3] 최영준 외, "WEB 기반 변전설비 원격 감시/진단 시스템 개발", 2002년도 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, pp183~186
- [4] 양항준 외, "초고압 변전기기의 예방진단 및 종합 자동화", 2001년도 대한전기학회 전력기술부문회 춘계학술대회 논문집, pp275~277, 2001
- [5] D.J., Kweon et al: "The Application of Preventative and Diagnostic System for 765kV Substation", KIEE annual summer conference, pp1885~1887, 2000