

복합기능형 수배전시스템의 에너지 절약효과



김광순
(주)케이디파워 이사
kskim@kdpower.co.kr

1. 설비개요

“복합기능형 수배전시스템”은 2002년 9월 16일자 산업자원부 고시 제2002-86호에 의거, 고효율에너지기자재로 선정되었으며 당사에서 '98년 개발, 시판해 온 SS Package, 즉 지능형 수배전반의 지속적인 개발과 개선, 개량에 의한 지능형 고효율 수배전 시스템이다.

기존 또는 신설변전설의 설치면적을 1/4로 축소하고, 수배전반을 전력 부하 발생지의 중심에 설치하여 전력손실, 설치비용 및 관리비용 등을 줄일 수 있는 신 개념의 수배전설비라 할 수 있다.

2000년 11월 당사가 에너지관리공단에 수배전반을 고효율에너지기자재로 신청, 2002년 9월 16일 고시와 함께 10월 1일부터 시행되고 있는 고효율에너지기자재로서 수배전반도 이제는 에너지를 절약할 수 있는 고효율기자재란 것을 입증시켰다.

최근 산업사회에서 정보화사회와 지식사회로 급진전되면서 이에 따른 정보통신기기 사용증가에 의한 각종 플랜트 및 전기설비가 대형화, 자동화, 첨단화, 성력화 되어 가고 있어 전기설비에도 통신기술, 컴퓨터와 전자기술을 응용한 설비의 고기능화, 고신뢰도화, 소형화, 표준화가 활발히 진행되고 있으며, 빌딩, 공장 등의 전기설비가 인텔리전트 기능을 요구하는 시스템으로 발전하면서 수배전설비는 물론 전동기 제어반(MCC)의 각종 보호, 제어, 계측기능 등이 전자화 되어가고 있는 추세다.

당사의 지능형 고효율 수배전시스템은 대규모 전력수요를 필요로 하는 건물, 학교, 중·소공장, 인텔리전트 빌딩, 대용량 공장 등의 변전설비 뿐만 아니라 건설현장 등의 임시동력까지 다양하게 사용될 수 있도록 구성된 제품으로 100kVA~12,000kVA까지 35모델로 표준화시켜 양산, 시판하고 있다.

2 구조

□ 기존기술의 내용 및 문제점

22kV급에서 사용된 수배전 시스템의 외국 모델형과 국내의 기존시스템은 주로 단층구조의 수배전 선로 구성을 통한 별도의 독립 ASS반, MOF반, VCB반, TR반, ACB반, ATS반, 저압반의 순차 구성이 주류로서 수요자 공급자간 일대일 수공 주문제작 방식의 원시성에 머무르는 경우가 대부분으로 막대한 부대설비가 소요되며 시공절차가 복잡하다. 또한 넓은 부지 면적을 차지하므로 각각의 건축현장에서 가장 외진 지역(지하실 또는 옥상 외곽지역)에 설치되는 관행이 습관적으로 이어져왔던 관계로 2차 배선선로의 길이가 길어지고 이로 인한 건설비용이 증가되며, 완공 후에도 전기에너지의 낭비요소를 지나게 되는 등 불합리한 요소가 많았다.

또한 무인 원방 감시 또는 근거리 감시제어 시스템은 구성비용이 고가이며 시스템의 운전방식이 복잡하여 실제 이용률은 저조하고 수동운전에 의존하는 경우가 많아 다수개의 Demand Controller(최대수요전력제어기), APFC(자동역률제어장치), WHM(적산전력계) 등을 포함한 각종 계전기, PID Controller, 각종 지시계 및 감시장치 등이 복합적으로 요구되어 경제적인 타당성 관계로 중·대규모 시스템 이상의 현장에서만 사용이 고려되어졌다.

대부분 자가용 수전 설비의 정전원인은 순간 과부하나 오동작에 의한 것이 약 70~80% 정도 차지하고 있으며, 현재에는 수동조작으로 복구되어 복구에 소요되는 시간이 많이 줄었으나 사고 원인분석 및 해석에 따른 자동복구 시스템이 절실히 요구되는 상황이므로 기존 시스템은 설계에서 시공 및 사후운전 관리까지 이어지는 중요한 요소들을 하나로 완전하게 통합하지 못하게 되어 자가용 수배전시스템 자동화를 완벽하게 이루어내기 곤란한 폐단이 있는 데다 전체의 제작비용, 소요공간, 시공비용, 사후운전관리 비용이 현저히 늘어나는 문제점을 지니고 있다.

□ 고효율에너지기자재 “복합가능형 수배전시스템”의 기술 기준

▶ 배전반에 따른 구분

- 1) 단독형 구조 : 1,250kVA이하 변압기 1대 사용
- 2) 열반형 구조 : 1,250kVA이하 변압기 1대 이상 사용되며, 변압기 정격용량의 합계가 10,000kVA 이하인 것

▶ 구비조건

고효율 전력용 변압기, 최대수요전력제어기 및 자동역률 제어장치 또는 기능이 있어야 함.

▶ 고효율 전력용 변압기

고효율에너지기자재 인증받은 제품

▶ 최대수요전력제어기

최소 8개 이상의 개별부하 제어 가능

▶ 자동역률제어장치

0.8~1.0 역률정정 가능, 콘덴서뱅크 제어용 출력접점 3개 이상

▶ 기타사항은 한국전기공업협동조합 표준 KEMC-2101, 2102 형식시험에 따름

▶ 시험은 한국전기연구원에서 실시함.

□ 시스템의 구성내용

구미, 일본 등 선진외국에서도 실현하고자 노력하고 있는 “수배전 시스템 관리모듈” 형식의 적용과, 6종의 아날로그 계측기기를 하나로 모으고 여기에 각종 부가기능까지 가능토록 한 “지능형 디지털 계측 제어 기기”의 내장을 통해 피크 전력량 관리, 역률 개선용 콘덴서 제어기능, 결상 경보 및 차단 기능, 상간 불평형 경보 및 차단 기능, 고조파 왜형을 표현기능 등의 계전기 관리요소와 각상의 전압, 전류, 유효 전력, 무효전력, 피상전력 등 일상관리에 필요한 모든 계측

요소를 통합관리하며, 변압기의 온도 및 판별의 문개폐 상향을 한눈에 파악할 수 있도록 구성되어 있다.

또한 저가적으로 웹기반 및 네트워크상에서 감시 제어 시스템의 구축이 가능하도록 구성한 차이점이 있다. 따라서 확장성 및 유지보수 효율성이 높은 본 시스템은 수배전반 구성 및 관리 전반에 걸친 부가이익을 실현시킬 수 있는 차별성과 기술적 경제적 타당성 기반을 지니고 있다.

① 통전순서에 의한 복층구조 설계에 의한 특고압 기기 배치 및 저압 분기회로 일체 폐쇄형 시스템으로 바닥 소요면적 대비 1/4에서까지 대폭적인 공간 축소를 건축비용 절감

② 23kV EPDM 케이블, 폴리마타입 애자, 고밀도 흡음재 사용으로 소음 대폭감소, 내부 열 대책 및 절연 등 절대안전 시스템

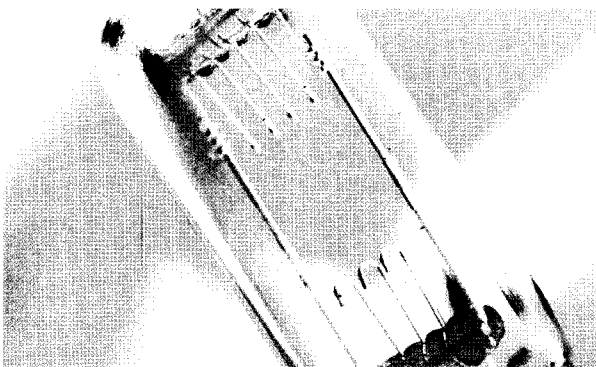
③ 100kVA~12,000kVA까지 35모델양산으로 안정된 품질확보 및 패키지 시스템 구성으로, 설치에서 송전까지 3시간 소요

④ 지능형 전력계측제어기(KEN DIGITAL UNIT) 탑재로 피크전력, 역률제어로 최대 전기요금 20% 절감, 무인운전 및 전력 DATA 자동 작성, 출력/긴급 통보(SMS) 기능

⑤ 주요 후레임 구조물 천연 아연도금 채용 및 접지단차함 7회로 내장으로 완벽한 접지

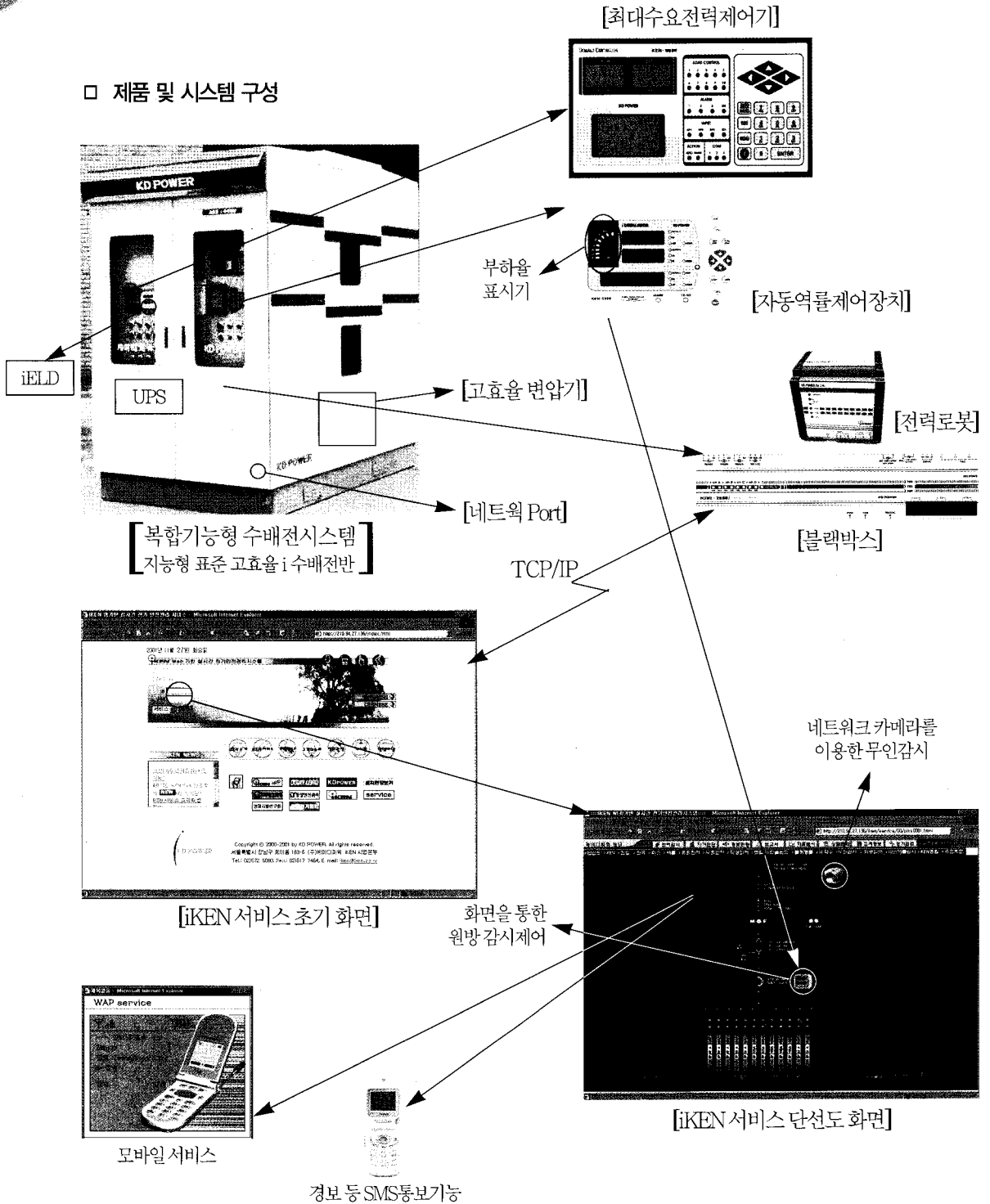
⑥ 1,2차 케이블 연결과 외부 접지 시공으로 변전실 공사가 완료되는 초간편 시스템

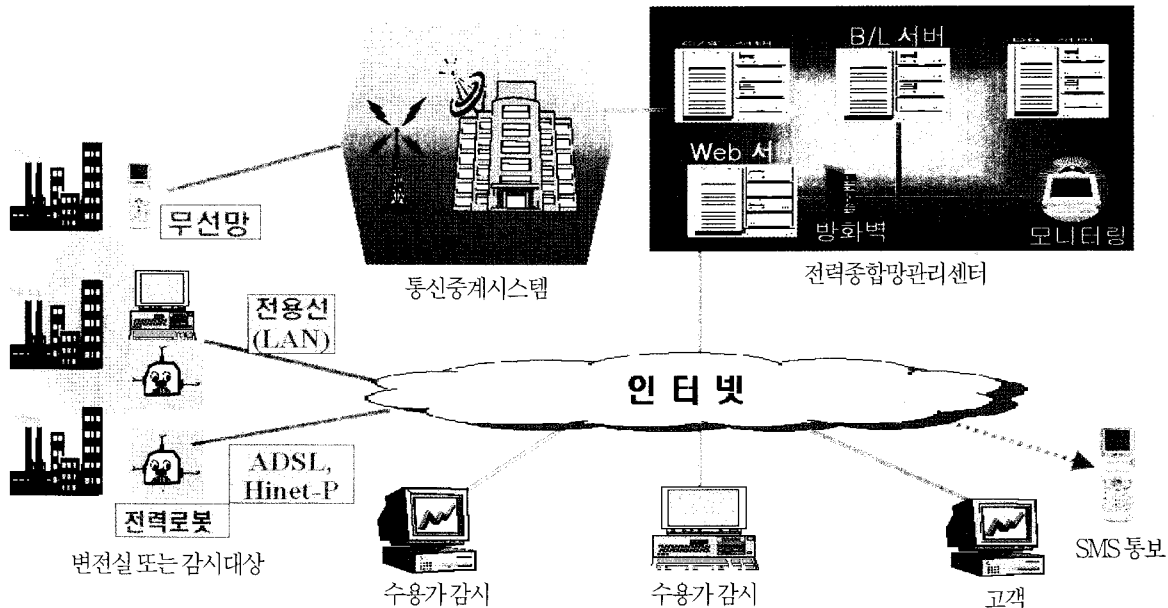
⑦ 특고압, 저압측 외부 투시창 설치로 눈으로 보이는 관리 실현



복합기능형 수배전시스템의 에너지 절약효과

□ 제품 및 시스템 구성





[iKEN 서비스 시스템 구성도]

3. 수배전시스템에서의 에너지 절약 방법

산업현장에서 수배전시스템에서의 에너지 절약방법으로는 최대수요전력 제어 및 역률제어방식이 주로 사용되고 있는데, 당사에서는 그간 iKEN서비스를 통하여 데이터를 분석해 본 결과 국내 대부분의 공장 및 빌딩에서 부하율이 설비용량에 훨씬 못 미치는 30% 이내에서 사용되고 있다는 사실을 발견, 수배전반에 터보기능을 부착(수배전반에는 Cooling system, 변압기에는 Heat Pipe채용)하여 필요시 변압기의 주위온도를 낮추어 변압기를 단시간 과부하 운전하는 것에 의하여 30%까지 사용용량을 증대(1시간 운전의 경우, ANSI 기준)시킬 수 있도록 하여 필요이상의 과대용량의 수배전반 설비용량을 갖추는 것을 줄일 수 있게 되었으며, 수배전반에 부하율 표시기능을 부가, 부하율을 연산하여 변압기를 최적운전하는 방법을 적용하는 등 에너지 절약에 크게 기여하고 있다.

1) 최대수요전력 제어(Demand Control)

근래에 들어 설비의 고급화, 대형화 등으로 전력소비가 급격히 증가하면서 전력예비율의 절대 부족현상이 발생하고 있어 최대수요전력의 효율적인 관리의 필요성이 증가하고 있다. 또한 전기사용 수용가 측에서는 생산활동과, 사업활동 등을 원활하게 추진하면서 합리적인 전력사용을 통해 전력요금을 절감하기 위한 방법으로 전력사용량의 절감, 피크전력의 억제, 부하 평준화 등을 도모하고 있어 최대전력을 절감할 수 있는 방법으로는 디맨드 콘트롤러(Demand Controller)에 의해 최대수요전력을 억제하는 방법과 작업방식/공정의 변경, 전력소비가 적은 생산시스템으로의 이행 등이 활용되고 있다.

현재 한국전력공사의 전력요금은 시간대별, 계절별 차등요금을 적용하고 있으며 요금수준의 차등폭을 확대하여 최대수요의 절감효과를 제고하기 위하여 기본요금 산정시 최대수요전력을 기준으로 부과하므로 전력요금의 절감을 위해서는 최대수요전력제어 방식의 도입이 고려되고 있다.

1-1) 최대수요전력 제어방식

- 피크컷트(Peak - Cut) 제어방식

어느 시간대에 집중하는 부하가동을 다른 시간대로 옮기는 것이 생산공정상 곤란한 경우, 목표전력을 초과하지 않도록 일시적으로 차단할 수 있는 일부 부하를 차단하는 방식

- 피크 쉬프트(Peak - Shift) 제어방식

최대수요전력을 구성하고 있는 부하 중 피크시간대에서 다른 시간대로 옮길 수 있는 부하를 검토하여 피크부하를 다른 시간대로 이행시키는 방법이며, 심야전력을 이용하는 빙축열 냉방 시스템 적용

- 설비부하의 프로그램 제어방식

이 방식에서는 디맨드 콘트롤러가 이용되고 있으며, 디맨드 제어에 의한 피크 전력을 억제하기 위하여 마이크로 프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어 기능을 가진 최대수요전력 감시제어 장치

- 자가용 발전설비의 가동에 의한 피크제어방식

목표전력을 초과하는 최대수요전력에 해당하는 부하를 자가용 발전설비로 분담하게 하는 방식

1-2) 디맨드 콘트롤러의 적용 시 고려사항

- 제어대상

최대수요전력 제어를 목적으로 하는 제어대상기는 일반적으로 수용가의 업종에 따라 달라지나 주로 냉방설비, 콤프레셔, 조명, 기타 단시간 정지가 가능한 부하설비가 고려되고 있다.

- 제어부하의 선택

일반 업무용 시설의 경우 냉방설비 및 관련기와 조명설비, 공조설비를 주 대상으로 하고 있으나, 공장 경우에는 생산활동에 영향을 주지 않아야 제어대상기 선정시 신중한 주의가 요망된다.

- 부하제어 방법

제어대상 부하설비, 조업의 형태에 따라 자동 부하제어 방식과 수동 부하제어 방식으로 나눌 수 있다.

- 수동 부하제어

공장 등의 생산설비 등과 같이 자동 부하제어가 곤

란한 설치환경인 경우 디맨드 콘트롤러의 예비 정보 기능 및 차단 경보 신호 발생시 부하설비의 가동 상태에 따라 선별적으로 부하를 선별적으로 차단하는 방식으로 이러한 수동부하제어 방법은 부하제어를 위한 연락방법, 부하를 제어하는 데 소요되는 예상 시간, 대상부하를 제어하는 담당자 등을 결정하여야 한다.

- 자동 부하제어

피크 전력을 억제하기 위하여 마이크로 프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어 기능을 가진 디맨드 콘트롤러에서 항시 전력 부하의 상태를 감시하고 있다가 미리 설정된 목표전력의 초과가 예상되면 경보 신호를 발생시킨다. 동시에 일시적으로 차단 가능한 부하를 프로그램된 순서에 의해 최대 8회로까지 차단시켜 최대수요전력의 상승을 억제하고, 부하가 감소하면 다시 미리 입력된 프로그램에 의하여 순차적으로 부하를 투입시키는 방식이다.

2) 역률제어

전력부하는 일반적으로 유도성 부하로 인하여 무효전력이 발생하게 되며, 전기설비 중 비교적 역률이 나쁜 부하는 동력부하로서 전체 부하의 약 2/3 정도에 해당한다. 이로 인하여 선로손실과 변압기 부하손이 증가하고 전압강하 및 수전용량이 커지게 되므로 무효전력 발생분을 줄이기 위하여 진상용 콘덴서를 설치하여 역률을 개선하여야 한다. 그러나 콘덴서의 용량이 지나치게 크게 되면 진상역률이 되어 전압파형의 일그러짐 및 계기의 오동작, 페란티 현상에 의한 수전단 전압상승으로 전기기기의 손상을 초래하게 된다. 따라서 진상용 콘덴서를 설치하여 항상 높은 역률을 유지하고 전기설비를 효율적으로 이용하려면 부하의 운용조건에 맞춰 필요한 용량의 진상용량을 공급하도록 제어하는 것이 필요하게 되며, 에너지 절약면에서도 부하변동에 대응한 역률제어가 효과적인 방식이 된다.

2-1) 역률 개선용 콘덴서의 설치효과
 부하설비에 콘덴서 설치에 따른 효과를 일반적으로 한국 전력공사의 공급규정에 의한 기준역률 90% 이하가 될 경우 별도의 추가요금을 지불하는 것으로 되어 있으나 그 외에도 다음과 같은 몇 가지 효과가 있다.

- ① 변압기의 손실경감
- ② 배전선의 손실 경감
- ③ 설비용량의 여유도 증가
- ④ 전력요금의 경감

2-2) 역률 개선용 콘덴서 설치 위치선정
 진상용 콘덴서의 설치위치선정은 수용가의 구내계통, 부하조건에 따른 검토가 요구되며 효과, 보수, 점검 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

- 수전단 모선 중앙 집중식 설치
 수전단의 모선 중앙에 설치할 경우 관리가 용이하고 무효 전력에 신속히 대처할 수 있어 전력요금의 절감효과가 크나 선로의 역률개선 효과는 미흡하므로 부하측 분산설치와 병행하여 설치하는 것이 바람직하다.
- 수전단 및 부하측 분산설치 방식
 수전단 모선 중앙과 부하와 병행하여 설치하는 방식으로 중앙집중 설치방식보다 역률개선 효과가 크다.
- 부하측 분산설치 방식
 콘덴서 설치효과가 배전선을 포함한 전원측의 경로를 통해 나타나므로 역률개선효과가 가장 크고 제어가 간단하나 경제적인 부담이 될 수 있다.

3) 부하율 연산에 의한 변압기 최적운전

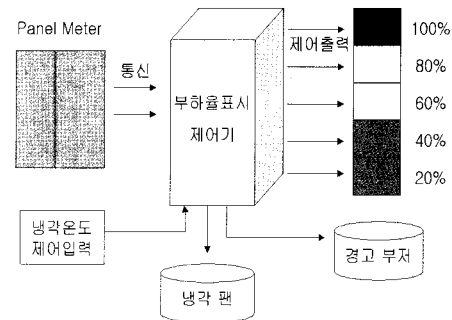
3-1) 부하율 표시기 부착

- 수배전반 판넬로부터 부하량 등의 정보를 수신하여 사용자가 수배 전반 판넬에서 현재의 부하율을 쉽게 판별할 수 있도록 대형LED를 사용한 표시 장치 설치
- 실부하 연산에 따른 터보 냉각구동기술을 이용하여 변압기의 최적 운전율 도모

3-2) 사용환경

- 정격전압 220V
- 사용온도: -20도 ~ 40도
- 보존온도: -25도 ~ 55도
- 사용습도: 85% 이하

3-3) 구조



- 부하율표시 제어기: 전원부, 제어부, 통신부
- 부하율표시 LED: 적색 1, 노랑색 2, 녹색 2
- 제어입력 접점: 냉각온도 1
- 제어출력 접점: 부하율표시 LED 5, 경고 부저 1, 냉각 팬 1

3-4) 기능

- 판넬메타(KEN-1000x)로부터 부하율, 냉각 팬의 On Time 설정치, 연속 과부하 정보, 연속 불평형부하 정보 및 결상 정보를 통신으로 수신한다.
- 부하율에 따라 부하율 표시부의 LED Lamp를 ON/OFF 하여 사용자가 부하율을 보기 쉽도록 표시한다.
 - 1% ~ 20% : LED 1개 ON
 - 21% ~ 40% : LED 2개 ON
 - 41% ~ 60% : LED 3개 ON
 - 61% ~ 80% : LED 4개 ON
 - 81% ~ 100% : LED 5개 ON
- 부하율이 100% 이상일 경우, 배전반의 경고 부저 또는 자체 부저를 연속으로 울려주어 사용자가 과부하를 신속하게 인식할 수 있도록 해주며, 부하율이 80%를 초과할 경우

복합기능형 수배전시스템의 에너지 절약효과

에도 주기적으로 부저를 울려준다.

- 결상시 부하율 표시부의 LED Lamp 전체를 일정시간 간격으로 점멸하여 사용자가 결상을 인식할 수 있도록 표시한다.

- 불평형부하가 일정시간 유지되면 LEC Lamp를 순차적으로 점멸하여 사용자가 불평형 부하를 인식할 수 있도록 표시한다.

- 과부하 설정치 이상의 연속 과부하 정보를 받아 사용자가 설정한 냉각팬의 On Time 설정치 동안 자동으로 냉각 팬을 작동한다.

- 수배전반 내부 온도상승에 의한 제어입력 신호를 받아 사용자가 설정한 냉각 팬의 On Time 설정치 동안 자동으로 냉각 팬을 작동한다.

4. 실제 적용 성공사례 (에너지 절감효과)

[공장]

1) 한국 동경시리콘(주) 마산공장(수전용량 5,400kVA)

- 시공일 : 1999년 9월 23일 ~ 10월 30일

- 공사명 : 지능형 수배전시스템 교체 및 원방제어 공사

- 총투자비 : ₩385,000,000 (VAT별도)

- 생산성 45.3%증가

- 전기요금 약 26% 감소, 월 전기요금

₩120,000,000중 약 26% (₩32,000,000/월) 절감

- 투자대비 회수기간 : 12개월

[빌딩]

1) 설치장소 및 용량

- 시공일 : 1998년 10월, 서울 강남구 논현동 C사 본사 사옥 수배전설비

- 총투자비 : ₩21,500,000 (VAT별도)

- 수전전압 : 22,900V 수전용량 : 250kW

2) 도입사유

정부의 에너지 절감 대책에 따라 효율적인 부하관리와 에너지 사용의 합리화를 통한 전기요금의 절감이 필요하게 되었고, 기존 전기설비의 저 효율, 부하증설에 따른 수전용량 부족으로 수배전설비의 증설 또는 설비의 교체가 필요하게 되었다.

당사의 지능형 수배전시스템이 설치공간의 절약, 역률제어와 최대수요전력제어가 가능하고 저가로서 전력감시 시스템을 구성할 수 있는 장점을 고려하여 도입하기로 결정하였다.

3) 부하의 형태 및 제어기기 선정

완구 및 장난감등 오락용품을 제조 및 도매업을 하는 업체로서 PEAK 전력의 제절에 의한 영향은 거의 없지만 동계의 난방과 하계의 냉방기기 부하의 증가로 전력 사용량이 증가하므로 지하창고내의 에어컨 설비를 제어 대상으로 선정하였고, 부하사용 환경에 따른 역률제어가 가능토록 설비를 구축하였다.

4) 도입효과

① 1998년 11월 당사의 수배전설비 도입 후 전년(기존설비 사용) 대비, 월평균 20%의 전력요금절감(사용기간 8개월동안 500만원 절감효과)

② 수배전 설비공간의 축소로 공간이용률 증대

③ 부하설비의 운용형태 감시

④ 도입전후의 전기요금 절감사례

- 전기요금 약 36% 감소, 월 전기요금

₩2,400,000중 약 36% (₩860,000/월) 절감

- 투자대비 회수기간 : 25개월

[기타사례]

① (주)주진 천안공장(수전용량 5,000kVA)

② 속초 국제관광박람회(수전용량 3,150kVA) 외 다수

③ 경산 조폐공사(디지털기기 및 전력관리프로그램)

④ 일양약품 빌딩(용인 수지)

〈ESCO 투자사례〉

설치업체 : 동아전기공업

개선전 공정

1. 회사개요

소재지	부산시 사하구 신평동 38	전화	051)206-7171
설립년월일	1999년 6월 1일	종업원수	90명
생산품목	개폐기, 차단기, 배전기기		

한국전력공사로부터 수전하는 특고압 기기로 ASS(고장구간 자동개폐기), MOF(계기용 변압 변류기) 한전요금계기, VCB(진공차단기), T.R(변압기), 특고압 차단 및 22,900V에서 3상 380/220~105로 변환시키며 D.T.S(수동차단기), MCCB(배선용 차단기)를 사용했으며 사고시 보수하는데 어려움이 많고 변전실에서 육안으로 점검이 불가능하므로 사고 위험이 크며 노후 설비로 인하여 에너지 소비가 크며 유지 관리하는데 많은 보수자재비 및 인건비가 소요됨.

2. 전기 에너지사용현황 : 917MWh/년 (229.3toe/년)

3. 투자시설 주요사례(투자시설)

개선후 공정

사례명 : 변전설비 패키지 시스템

한국전력공사로부터 수전하는 특고압 기기로 LBS(기중부하 개폐기), MOF(계기용 변압 변류기) 한전요금계기, VCB(진공차단기), T.R(변압기)를 걸쳐 특고압 차단 및 22,900V에서 3상 380/220V로 변환시키며 ACB(기중차단기), MCCB(배선용 차단기)를 사용하여 사고시 차단능력을 배가시켰으며, 정전시 ATS(비상전원 자동정제 개폐기)로 정전시간을 최소화시켜 효율을 높이고 KEN Digital Unit를 사용하여 전력피크 및 자동역률제어함으로 에너지 절감효과를 누리고 원격전력감시제어로 인건비를 절감할 수 있는 지능형 고효율 수배전시스템으로 운영관리함.

(1) 사업기간 : 2002년 12월 1일 ~ 2003년 3월 31일 (4개월간)

(2) 개요 : 노후 수배전설비교체로 에너지소비 과다 사용을 제한하여 10~20% 에너지 절감효과를 얻기 위한.

○투자규모 및 자금조달계획 : 132백만원

자금별 기자재별	자금별			계
	합리화자금	자체자금	기타	
국산	132			132
외국산				
합계	132			132

(4) 기대효과

투자비	132 백만원	절감액	13.3 백만원
절감량	34.5 toe/년	회수기간	10년

(3) 개선내용

개선전	- 에너지 사용량 : 917MWh/년 × 0.25 = 229.3 ton/년
	- 에너지 사용금액 : 917 × 96.50천MWh = 88,490천원/년
개선후	- 에너지 원단위 : 917 / 6,747m ² = 135.92 KWh/년
	= 135.91 × 0.25 = 33.98 Mwh/ton
개선후	- 에너지 사용량 : 779MWh/년 × 0.25 = 194.8 ton/년
	- 에너지 사용금액 : 779 × 96.50천MWh = 75,174천원/년
개선후	- 에너지 원단위 : 779 / 6,747m ² = 115.46 KWh/년
	= 115.46 × 0.25 = 28.87 Mwh/ton