

전철변전소 전력요금 계산 프로그램 및 피크전력 저감방안

Electric railway power rates inspection program and method to decrease peak energy consumption

전용주* 류영태** 박기범** 이태훈** 이기천***
Jeon, Yong Joo Ryu, Young Tae Park, Ki bum Lee Tea Hoon Lee Gi Chun

ABSTRACT

KORAIL is one of the biggest consumer in electric power market so it is necessary to investigate power consumption pattern and optimize power rates.

This paper presents simulation program for electric power rates define program based on billing system database.

Base on the substation annual power usage DB data, the characteristic of the substation power consumption are investigated and effective electrical billing system are compared each other.

Through this program it is verified that we can save more then several hundred million won for a year.

Also electric train air condition power consumption was measured to figure the method how to reduce peak energy consumption.

1. 개요

우리공사는 연간 전기요금이 1400억 원에 이르고 36개의 독립적인 요금납부 개소를 운영하는 대규모 다구좌의 소비자로서 개소별 전력소비패턴에 적합한 최적의 요금종별 선택만으로도 전력요금 부담금액의 수%(금액: 수억 원)변동이 가능하게 된다.

따라서 이를 목적으로 유리공사 관할 변전소별 최적 전력요금 선정이 가능한 프로그램을 제작하여 적용하였으며 사용자의 의견을 수렴하고 이를 바탕으로 보완을 수정하여 효율적 운영의 기반을 마련하였다.

구축된 DB 자료를 활용하여 변전소별 피크에너지 발생시점을 포함하는 전력소모량 경향을 분석하였다.

분석된 자료를 통하여 피크에너지 저감을 위한 시간대의 분석을 수행하고, 이의 감소를 위하여 전동열차 운행시 냉방기의 운전 실측데이터를 계측하고 이를 통하여 피크전력 감소 가능성을 타진해 보았다.

2. 본문

2.1 전력요금종별 선정 프로그램

해석의 기초가 되는 전력요금, 사용량 관련 데이터는 한전관할 AMR상의 data를 취득하여 누적하여 기존 데이터에 적산하였고, 사용도중 발생된 불편사항을 수렴하여 사용자의 편의강화를 강화하였다.

최근 빈번히 변경되는 요금제도에 신속한 대처를 위하여 종별변경적용 효율표 항목을 작성하여 기능을 추가 하였다. 기존자료에 대한 연간적용과 더불어 최근 변경된 종별의 1년 연속적용 기능을 제공하여 과거 요금종별 변경에 따른 차익계산과, 현재 종별로 향후 운영시 예측이 가능하도록 환경을 구성하였다. 개발된 프로그램의 해석결과를 이용하여 금년 3월 종별변경을 수행하였고 금년 12월 1차성과 검증이

* 전용주, 회원, 한국철도공사 철도연구원

E-mail : elecbank@korail.com TEL : (042)609-3886 FAX : (042)609-3720

** 류영태, 회원, 한국철도공사 철도연구원

** 박기범, 회원, 한국철도공사 철도연구원

** 이태훈, 회원, 한국철도공사 철도연구원

** 이기천, 회원, 한국철도공사 충북지사

수행될 것이다.

그림2는 GUI 메인화면이며 그림3은 변전소 선택가능 요금종별 비교표이다.



그림 1 GUI 메인화면

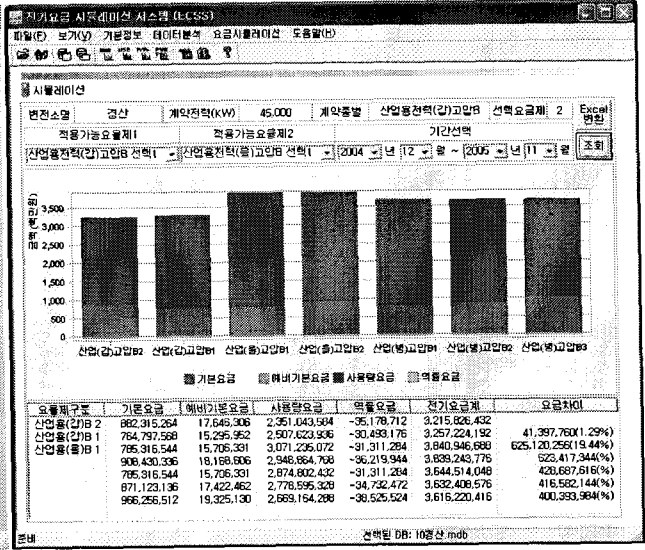


그림 2 해석결과

그림 3에는 프로그램 서브메뉴 기능을 표시하였다. 구축된 DB 자료를 활용하여 별전소별 전력사용패턴이나 기타 요금 내역등의 확인을 통하여 요금을 효율적으로 관리, 운영, 예측이 가능할 것이다.

| | | | | |
|---|---------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| DB선택(O)... Ctrl+O 환경 설정(S) Ctrl+S 종료(X) | 일반정보 데이터요약 | 최대수용 사용량 유효/무효전력량 역률 | 현재요금정보 추출요금정보 시뮬레이션 | 요금표 요금표수정 ECSS 정보(A)... |
|---|---------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|

그림 3 프로그램 서브메뉴

2.2 피크전력 저감방안

열차운행에 지장을 주지 않으며 전력소모량의 대부분을 차지하는 부하인 전동차량의 냉, 난방기를 분석의 대상으로 선정하였다. 피크전력은 15분을 주기로 갱신됨을 고려할 때 수도권 전철의 경우 대략 5번 이상의 기동과 정차를 반복하게 되고 Rush Hour의 배차간격이 대략 3분 정도 되므로 피크전력 주기내에 차량의 기동 및 정차 횟수는 15회 이상이 될 것이다. 냉방기를 제어할 경우 1car 당 대략 22kw의 전력소모가 이루어짐을 가만할 때 10량 편성 15대가 동시에 운전된다면 제어대상 설비용량은 3,300kw가 되어 충분히 제어 효과가 있을 것이다. 현재의 냉방기는 제작사별로 다소 차이가 있을 수 있으나 2단동작(Half, Full)으로 나뉘어져 있으며 외기의 온도와 내부의 온도차에 의해 자동으로 동작된다. 난방기의 경우는 16개의 코일이 각각 2단으로 구성되어 동작된다. 최근 제작되는 차량 냉방기의 경우 설비용량은 20,000 kcal/h × 2 이며 이를 업소용으로 환산해 보면 대략 110평형 냉방기와 동일한 냉방능력이 된다. 따라서 충분한 냉방능력을 유지하고 있을 것으로 판단되나 승차감 저하를 유발시키는 요인이 되어서는 안 되므로 이에 대한 실측을 수행하였다.

2.3 냉방전력 실측장비 제작

냉방전력의 실측을 위하여 중앙선 70량을 대상으로 8/16~9/2까지 2주간 운행패턴과 소비전력을 실측하였다. 결과의 정확성 향상을 위해 M-car, T-car에 각각의 측정장비를 설치하였으며 직사광선의 영향이 적절히 적용됨을 확인하기 위하여 지상구간에서 시험을 수행하였다. 측정장비는 1ms 단위로 샘플링을 수행하여 데이터를 저장하였고 전용 뷰어를 통해 디스플레이 하였다. 아래는 측정장비의 제원과 제작한 측정장비의 제작도이다. 실시간으로 계측된 데이터는 전용램에 저장하고 정기적으로 백업을 수행하였다.

| 주요제원 | 용도 |
|---------------|--------------|
| DSP | 연산처리 |
| 데이터 기록메모리 | 수집된 데이터 기록 |
| LCD | 현재상태 표시 |
| 데이터 저장메모리 | 실시간 데이터 저장 |
| A/D Converter | 아날로그 신호변환기 |
| Photo Coupler | 디지털 입력신호절연용 |
| Isolation Amp | 아날로그 신호 절연입력 |
| Timer IC | 시계 IC |
| Power Source | 제어전원공급 |
| ACPT | 전압센서 |
| ACCT | 전류센서 |

표 1 계측장비 주요제원

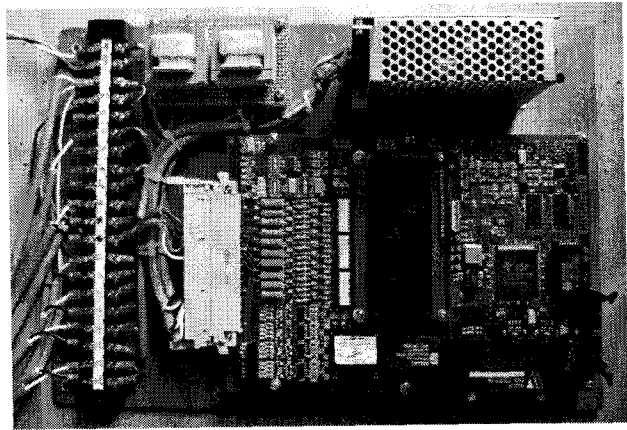


그림 4 제작한 계측장비

냉방소비전력의 분석을 위하여 GpProEx program을 사용하였다. 이는 CF Card에 기록된 Data를 사용자가 Graphic을 통하여 확인할 수 있도록 User Interface를 제공하며 이동하는 Cursor에 의해 기록된 시간과 Cursor가 위치한 데이터의 실제 값을 확인할 수 있다. 또한 역간에 누적된 소비전력, 회생전력 및 SIV 소비전력등도 누적되어 표시할 수 있다.

먼저, 바탕화면에 등록되어 있는 GpProEx icon 을 클릭한 후 다음과 같은 Directory Tree 를 통해서 Mempack을 Load한다. Mempack은 기록된 데이터를 어떻게 읽어야 하는지에 대한 Format을 기록한 파일로 기록된 데이터의 메모리 헤더(Header)와 바디(Body), Power를 포함하며 사용자에게 의해서 편집될 수 있다. 헤더(Header)에는 기록된 시간과 저장된 메모리의 위치를 기록한다.

열차운행에 영향이 발생하지 않도록 제어함내에 측정장비를 설치하여 운영하였으며 그림 5와 6과 같다.

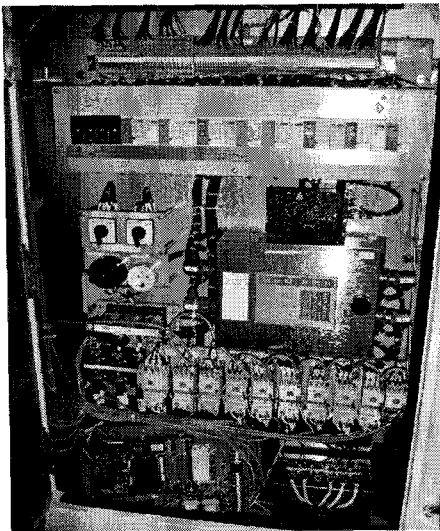


그림 5 계측장비 주요제원

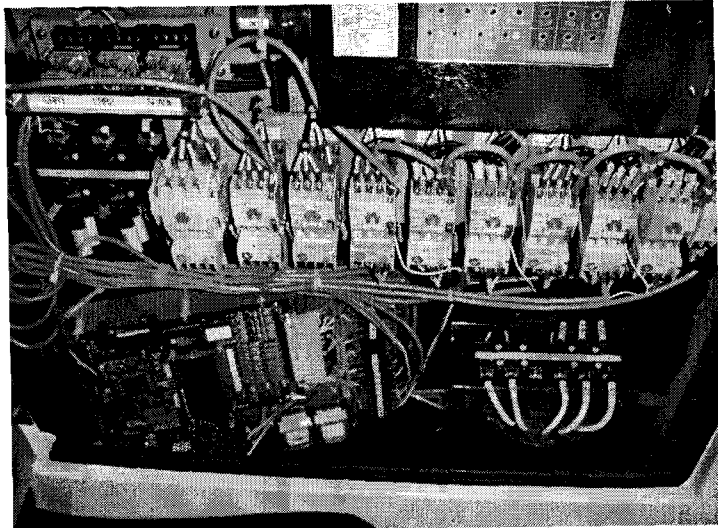


그림 6 제작한 계측장비

2.4 측정데이터 분석

차량운용 행로표를 기준으로 열차의 출발시간, 운행시간, FAN 동작시간, 반냉시간, 전냉시간을 확인하였다. 또한 차량의 냉방기는 자동운전으로 온도 21℃를 기준으로 21℃이하이면 냉방기의 가동이 정지된다. 또한 외부온도에 따른 냉방기의 동작과 그에 따른 소비전력을 확인하였다.

데이터는 열차의 출발시간과 도착시간을 기준으로 동작이 되지 않는 시간, FAN 동작시간, 반냉시간, 전냉 시간을 표현하였고, 차량 외부의 온도를 운행시간별로 표시 하였다. 또한 차량은 21℃를 기준으로 동작되도록 설정되어 있어 차량 내부의 온도는 20℃~23℃이고, 대부분의 경우 21℃~22℃를 유지하였다. 또한 차량의 냉방기는 출퇴근시간의 동작이 낮보다 많은 것으로 나타났고, 외부의 최고온도가 3

0℃~31℃인 경우(8월17일~8월28일) 6105(Tc)의 1시간 평균 소비전력량은 14.4kWh이고, 6605(M')의 1시간 평균 소비전력량은 12.8kWh 정도인 것으로 나타났고, 외부의 최고온도가 25℃~29℃인 경우(8월29일~8월30일) 6105(T)의 1시간 평균 소비전력량은 6.18kWh이고, 6605(M)의 1시간 평균 소비전력량은 5.35kWh 정도인 것으로 나타났다.

또한 외부의 최고온도가 23℃이하의 경우 냉방기가 동작하지 않는 것으로 확인되었다.

| 출발시간 | 도착시간 | M-car냉방기기 동작시간[sec] | | | | T-car냉방기기 운행시간[sec] | | | | 외부온도 |
|----------|----------|---------------------|-------|------|-----|---------------------|-------|------|-----|------|
| | | 동작무 | Fan동작 | 반냉 | 전냉 | 동작무 | Fan동작 | 반냉 | 전냉 | |
| 6:35:00 | 6:59:00 | 1205 | 0 | 287 | 0 | 1420 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 7:22:00 | 8:06:00 | 63 | 45 | 2529 | 57 | 685 | 65 | 1944 | 0 | 25 |
| 8:11:00 | 8:55:00 | 649 | 90 | 1667 | 287 | 698 | 90 | 1612 | 294 | 27 |
| 9:11:00 | 9:55:00 | 71 | 45 | 2495 | 83 | 100 | 45 | 2549 | 0 | 28 |
| 10:03:00 | 10:47:00 | 303 | 45 | 2346 | 0 | 709 | 45 | 1824 | 116 | 29 |
| 10:58:00 | 11:41:00 | 51 | 34 | 2543 | 0 | 27 | 0 | 2601 | 0 | 30 |
| 11:50:00 | 12:33:00 | 51 | 45 | 2539 | 0 | 81 | 54 | 2509 | 0 | 30 |
| 12:55:00 | 13:38:00 | 14 | 0 | 2621 | 0 | 0 | 0 | 2635 | 0 | 31 |
| 13:46:00 | 14:29:00 | 54 | 45 | 2488 | 49 | 82 | 45 | 2508 | 0 | 32 |
| 14:50:00 | 15:33:00 | 58 | 0 | 2577 | 0 | 1 | 0 | 2634 | 0 | 32.2 |
| 15:44:00 | 16:27:00 | 81 | 45 | 1549 | 903 | 110 | 45 | 1723 | 699 | 31 |
| 16:44:00 | 17:27:00 | 21 | 0 | 2614 | 0 | 0 | 0 | 2635 | 0 | 30 |
| 17:34:00 | 18:18:00 | 57 | 90 | 2032 | 515 | 116 | 90 | 2488 | 0 | 29 |
| 18:34:00 | 19:18:00 | 63 | 0 | 2630 | 0 | 7 | 0 | 2686 | 0 | 28 |
| 19:28:00 | 20:12:00 | 80 | 90 | 2524 | 0 | 331 | 90 | 2102 | 171 | 27 |
| 20:28:00 | 21:12:00 | 951 | 45 | 1691 | 0 | 944 | 45 | 1697 | 0 | 26 |
| 21:20:00 | 22:04:00 | 464 | 90 | 1409 | 732 | 696 | 90 | 1679 | 229 | 25 |
| 22:17:00 | 22:41:00 | 418 | 0 | 1075 | 0 | 329 | 0 | 1163 | 0 | 25 |

3. 결론 및 향후 과제

상기 데이터가 측정된 구간은 용산-덕소 구간으로서 주로 피크전력이 발생되는 시점은 오전과 오후 출퇴근 시간대에 집중된다. 하절기에 측정되었음에도 냉방기의 동작패턴은 전냉보다는 반냉으로 운전되고 있는 경우가 많았으며 객실내의 온도는 쾌적성을 유지하기에 충분한 23℃를 지시하였다.

1량당 전력소모량이 전냉으로 운행시 22[kw] 반냉으로 운행시 12~13[kw]정도 계속됨을 감안할 때 출퇴근 시간대 오전(08:00~10:00), 오후(18:00~20:00)에 냉방기 반냉운전 시행 또는 자동운전을 통한 운영효율화 도모시 큰 효과가 있을 것으로 판명된다. 10량일 경우 전력량은 최대 220kw 정도 발생 될 것이며 운행구간내 15분 단위로 분할할 경우 대략 3,000kw 이상의 전력이 냉방전력에 의해 증가됨을 예측할 수 있다. 계속된 자료는 지속적인 분석을 통하여 전동열차 최적화 운영을 위한 기초데이터로 활용할 것이다.

다만 차량종별과 냉방기의 관리상태에 따라 냉방기 성능차이가 크게 발생됨으로 이에 대한 지속적인 관리가 필요할 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 전용주 외, 2006.11, “전기철도의 부하특성 분석 및 데이터베이스 구축”, 한국철도학회 추계학술대회,
- [2] 한국철도공사 전기기술단 2007전기업무자료 (제14호)
- [3] 한국전력공사 기본공급약관