

전철 변전소 전력부하패턴 점검 프로그램 개발

Developing electric railway load pattern inspection program

전용주* 이기천**
Jeon, Yong Joo Lee, Gi Chun

ABSTRACT

At present, one of the big characteristics in electric power market in Korea is unique seller but in the near future competitions are expected in the market. So additional services for the electric power are expected. Also with development of IT technology, remote inspection for power usage is possible so as consumption pattern analysis.

KORAIL is one of the biggest consumers in electric power market so it is necessary to investigate power consumption pattern.

This paper presents electric load consumption pattern for representative substations like urban subway, high-speed train, industrial line and simulation program for electric power rate definition program based on billing system database.

Based on the substation annual power usage DB data, the characteristics of the substation power consumption are investigated and effective electrical billing systems are compared each other.

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

1. 개요

국내 단일 공급사업자 중심의 전력시장은 가까운 미래에 다수의 경쟁이 도입되는 산업으로 변화가 예상되고 있으며, 최근 IT의 급속한 발전으로 힘입어 전력소비자에 대한 원격점검 시스템 도입을 통한 부하패턴 분석이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 수요특성 기반분석은 현존하는 여러 문제점을 개선할 수 있어 전력사용의 합리적인 유도가 가능하다.

전기에너지는 저장이 요원하지 않아 생산과 동시에 공급되어 소비되는 수요동시성의 특수한 성질을 가지고 있어 전기사업자는 항상 전기공급 시설을 준비하고 있어야 한다. 또한 공급시설은 항상 수요자의 요구치보다 큰 값을 유지해야 하므로 꾸준한 손실 발생을 야기하며 전력요금을 기본요금과 사용량요금으로 나누게 하는 이유가 된다. 한편 소비자 입장에서는 사용량과 별도로 기본요금을 추가로 부담해야 하므로 비효율적 운영의 원인이다. 따라서 전력사용량의 평준화 노력은 사업자에게는 발전설비의 여유율 확보와 함께 경제적 전력에너지 운영의 기본이 되며 소비자 입장에서도 전력설비의 운영효율 증대 및 전력요금 절감을 위한 필수요소가 된다.

특히 우리공사와 같이 연간 전기요금이 1400억 원에 이르고 36개의 독립적인 요금납부 개소를 운영하는 소비자의 경우 개소별 전력소비패턴에 적합한 최적의 요금종별 선택만으로도 전력요금 부담금액의 수%(금액: 수억 원)변동이 가능하므로 이를 목적으로 우리공사 관할 전철변전소별 최적 전력요금 선정이 가능한 프로그램을 제작하여 효율적 운영의 기반을 마련하였으며 이를 소개하고자 한다.

* 전용주, 회원, 한국철도공사 연구개발센터

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

** 이기천, 회원, 한국철도공사 연구개발센터

2. 본문

2.1 전력요금체계(종별)

현재 한국전력공사(이하 한전)는 전력사용량의 집중을 회피하기 위하여 다양한 부가서비스제도를 운영 또는 계획하고 있고 요금종별의 선택 서비스도 이 중 하나이다. 요금종별은 계절별, 시간대별 전기요금에 차등을 두는 방법을 사용하며 주중 14~16시 사이에 부하량이 집중되는 일반 수용가를 대상으로 구분되어 있다. 따라서 차량을 운행하는 우리의 부하패턴과는 큰 차이가 발생할 수 있다.

우리공사가 선택 가능한 전력요금 종별은 감중(선택 I, 선택 II), 을중(선택 I, 선택 II), 병중(선택 I, 선택 II, 선택 III) 등 총 7종으로 년 1회 소비자의 요청으로 변경이 가능하다.

전력요금은 종별로 차이를 보이며 동일 항목(감, 을, 병)간에는 선형적인 비교특성을 가지나 이종 항목간에는 시간대별, 계절별로 차이가 발생하여 일반사용자에 의한 상호 비교가 다소 곤란하게 된다. 또한 기본요금의 적용으로 인하여 최소한 1년 단위의 전력요금 데이터에 대한 분석이 필요하다.

2.2 기본요금과 사용량요금

채택된 전력요금은 사용하는 양에 따라 결정되는 사용량요금과 검침당월을 포함한 직전 12개월 중 7월, 8월, 9월 및 검침당월중의 최대수요전력(15분 평균)을 가지고 결정되는 기본요금으로 나뉜다. 다만 각 수급지점 전원측의 사유로 정전이 발생하거나 수용가의 요구로(15분 이상) 정전이 발생하는 경우는

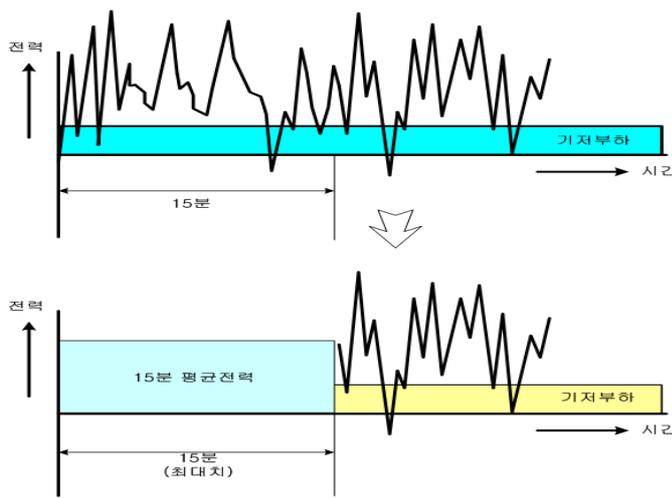


그림 1 기본전기요금 개념

정전 전철변전소는 전월 최대수요전력으로 하고 인근 전철변전소는 정전시간대를 제외한 당월 중 최대수요전력으로 적용을 한다

사용량 요금은 사용전력량에 의해 부과되므로 이견이 없으나 기본요금의 경우 부하변동이 심하여 피크전력의 편차가 클수록 수용가의 입장에서는 과다하게 부과되는 결과가 초래되므로 관리가 필요하다. 특히 우리공사는 전기차를 운행하는 특성으로 인하여 타 수용가에 비하여 편차가 큰 전력소비 패턴을 가진다. 그림 1은 운영시간을 15분 단위의 Block으로 나누어 이 중 최대 기록값을 기본요금으로 적용하는 기본요금의 개념도 이다.

2.3 급전용변전소의 부하패턴 분석

우리공사는 수도권 전동차운영에서부터 시작하여 고속선 까지 전국에 걸쳐 운행노선을 가지고 있으며 최근 전철화 구간의 확장과 더불어 전철운행구간이 증가추세이며 각 지역 노선만의 고유한 부하소비 특성을 가진다.

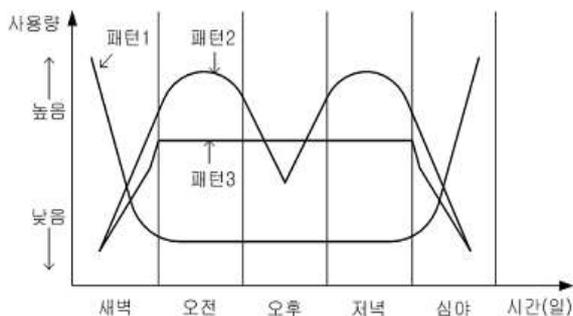


그림 2 전철변전소의 부하패턴 예

수도권 전동차 구간의 경우 아래 그림의 패턴 2와 같이 출퇴근 시간대를 중심으로 전력소모량이 집중되고 산업선, 차량기지의 경우는 패턴 1과같이 심야, 새벽 시간대를 중심으로 전력소모량이 분포되고 고속선 구간은 열차의 운행 Diagram에 영향을 크게 받는다.

변전소별 부하특성 패턴을 파악하기 위해 특징 있는 변전소를 각각 선정하여 2년간의 데이터를 대상으로 분석을 수행하였다. 고객을 대상으로 운행이 이루어짐을 감안하여 피크전력 사용량 파악을 통하여 전력사용량과 시간대를 알아보았다

첫 번째 데이터는 운행구간이 대부분 지상으로 구성된 의정부 변전소의 15분 피크 전력 데이터이다. 연간 전력피크치와 일별 피크 발생시간을 조사하면 계절의 특성이 뚜렷하게 반영되어 있음을 확인할 수 있었으며 상대적으로 하절기 보다는 동절기에 전력피크치가 크게 발생되었고 출, 퇴근시간대에 피크전력사용이 발생되었으며 최대, 최소치의 비는 대략 1.33배의 차이가 발생하였다.

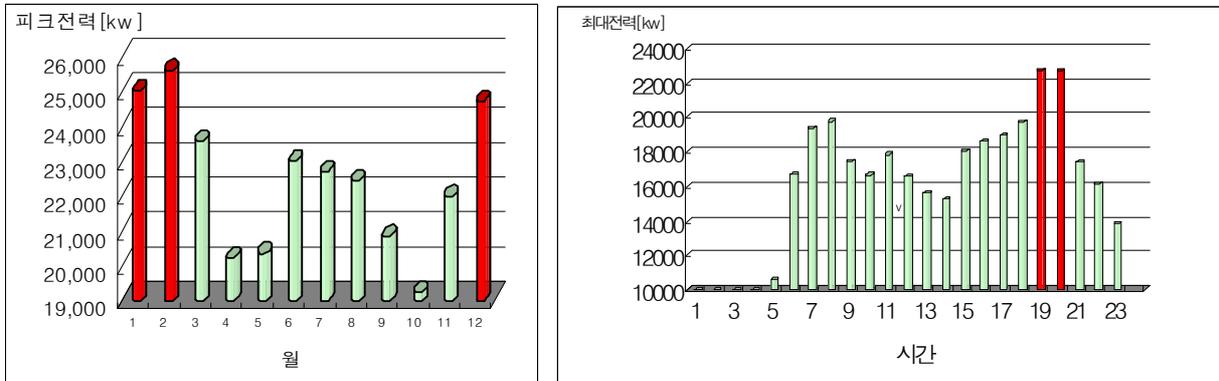


그림 3 수도권 변전소(의정부) 연간 및 일 피크전력(2005년) 데이터

그림 4는 전체가 지하구간으로 구성된 분당선 변전소의 15분 피크 전력 데이터이다. 역시계절별 특징이 뚜렷하며 출퇴근 시간 중 하절기에 전력사용량이 집중되었다. 최대최소의 비는 대략 1.34배 발생하였다.

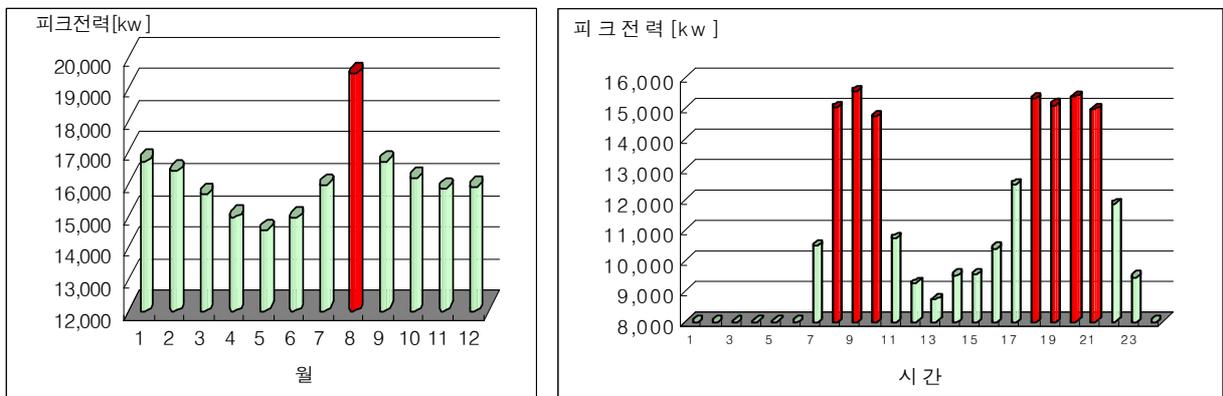


그림 4 수도권 변전소(모란) 연간 및 일 피크전력(2005년) 데이터

그림 5는 승객보다는 화물수송이 많은 영동선 구간으로 수도권 전동차에 비해 주로 새벽시간대에 전력피크치가 발생됨을 알 수 있었다.

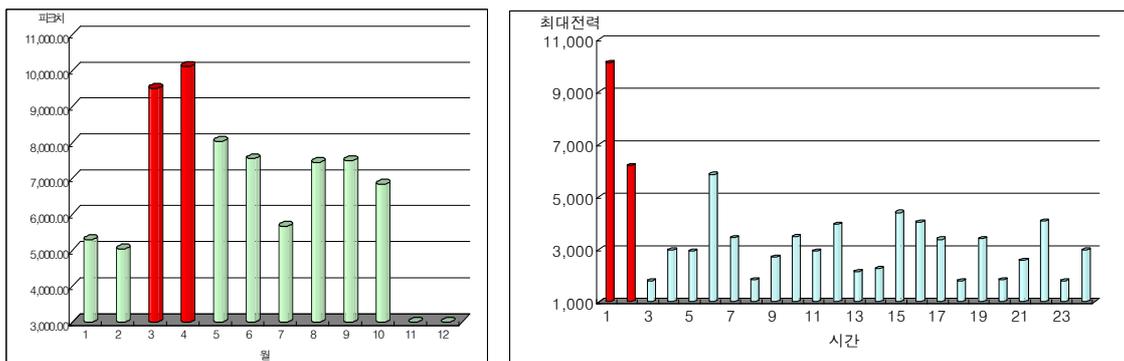


그림 5 영동선(백산) 연간 피크전력(2006년) 데이터

고속철도 급전변전소의 경우 배차간격이 수도권 전동차에 비하여 길고 차량 한편성당(13,600kw) 전력사용량이 크므로 계절별, 시간대별 특징보다는 운행 다이어그램에 의해 좌우되는 것으로 분석되었으며 지속적인 데이터 분석이 요구된다.

2.4 해석용 프로그램 작성

운영노선별 특성을 반영하여 최적의 전력요금 종별을 선택하기 위하여 우리공사 관할 전철변전소(36개소)를 모두 대상으로 프로그램을 작성하였다. 해석의 기초가 되는 전력요금, 사용량 관련 데이터는 한전 관할 AMR상의 data를 취득하여 활용하였고 향후 데이터 추가 업로드를 대비하여 한전의 출력형식을 따랐다. 또한 효율적인 DB 관리와 update를 위하여 변전소별로 독립적으로 구분하여 작성하였다.

DB는 특성상 기본적으로 취급되어야 하는 데이터가 수백만 개에 이르러 보관과 활용시 Data Base 관련 프로그램의 사용이 불가피 하여 가장 보편적이며 우리공사에 라이선스가 확보된 MS Access를 사용하였고 기본적인 프로그램의 작성은 Visual C++를 활용하여 제작하였다. 또한 사용자가 쉽게 접근하고 해석이 가능한 MMI 환경을 강화하기 위하여 Chart FX을 사용하였다.

DB는 각각의 변전소 명칭을 그대로 사용하여 접근이 쉽도록 하였으며 전력분석을 할 수 있도록 최대수요, 사용량, 유효/무효 전력과 역률 등 전반적인 분석 자료를 그래프와 함께 수치로 제공하도록 구성하였다. 또한 효율제 등의 변경에 대비하여 독립적인 테이블에 효율정보를 수록하였으며 도움말의 효율정보와 연동시켜 변화에 신속히 대응할 수 있도록 작성하였다. 표1은 제작한 프로그램의 기능목록을 나열하였다.

<표 1> 기본기능 목록

구분	기능 항목	내용	구분	기능 항목	내용	
파일	DB 선택	-변전소별 데이터베이스 파일을 연다. -데이터 조회, 관리, 분석, 시뮬레이션은 변전소 별로 이루어진다.	데이터 분석	최대 수요	-시간별, 일별, 월별 최대수요전력을 조회하고 그래프로 표시한다.	
	환경 설정	-데이터베이스 파일 위치, 기타 설정항목을 변경 관리한다.		사용량	-시간별, 일별, 월별 사용전력량을 조회하고 그래프로 표시한다.	
	종료	-프로그램을 종료한다.		유효/무효 전력량	-시간별, 일별, 월별 유효전력량, 무효전력량을 조회하고 그래프로 표시한다.	
기본 정보	일반 정보	-변전소에 대한 일반정보를 조회한다.		요금 시뮬레이션	역률	-시간별, 일별, 월별 역률을 조회하고 그래프로 표시한다.
	데이터 요약	-확보된 DB 일수 선택기간별 특징데이터 표시	현재 요금 정보		-현재 효율제의 월별 요금정보를 조회한다.	
도움말	요금표	-적용되고 있는 전기요금 효율제 정보를 표시 한다.	시뮬레이션			-복수의 효율제에 대하여 시뮬레이션을 실행 하고 비교 결과를 표시한다. -시뮬레이션 결과의 데이터 출력이 가능하며 비교 자료값 간의 차이를 표시한다.
	프로그램 정보	-본 프로그램에 대한 버전 정보를 표시한다.				

그림 6은 GUI 메인화면이며 각각의 서브기능을 그림 7에 포함하였다.

또한 그림 8에는 제작한 시뮬레이션 프로그램의 결과화면으로 유효/무효전력에 대한 예시를 나타내었으며 그림 9에는 시뮬레이션 수행이후 선택 가능한 요금종별에 대한 비교와 이의 출력 Text 양식을 나타내었다.

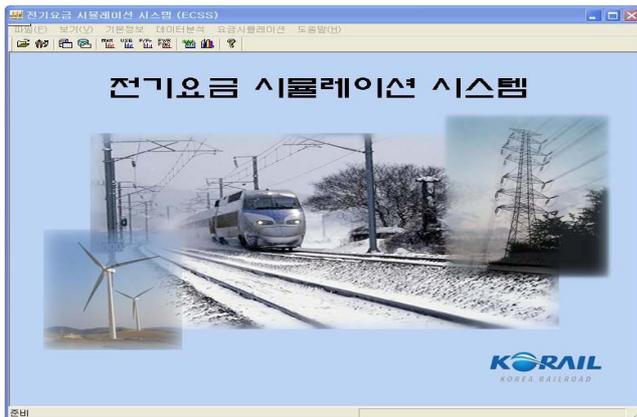


그림 6 GUI 메인화면

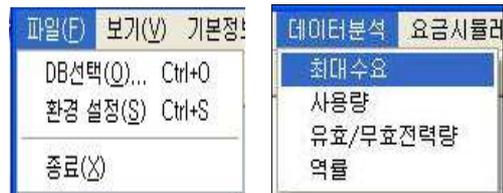


그림 7 서브메뉴기능

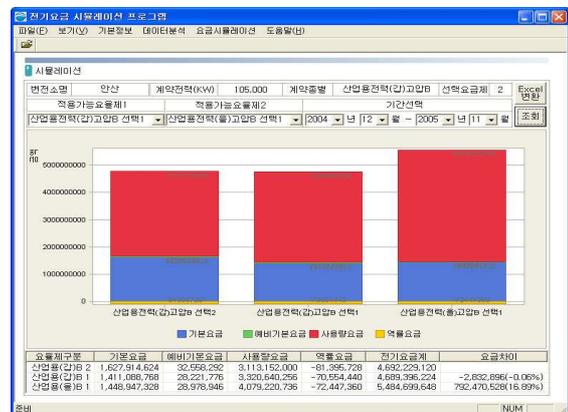
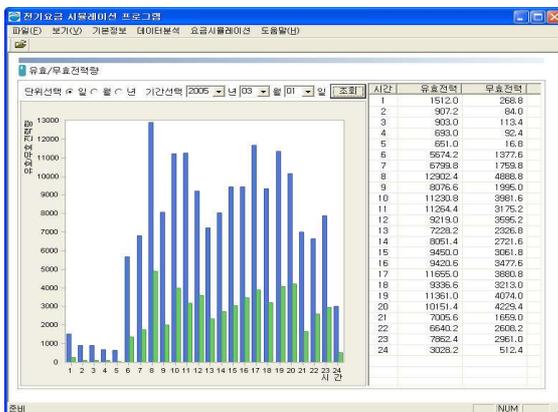


그림 8 시뮬레이션 프로그램 화면예시(1)

년월	사용량수	계약전력	요금종류전력	역률	사용전력	요금요금
200412	31	105000	94608	97	6157217	521,136,170
200501	31	105000	94608	95	5408044	480,358,140
200502	28	105000	94608	95	4945387	449,309,200
200503	31	105000	94608	95	5295351	473,579,870
200504	30	105000	94608	95	5103316	442,589,070
200505	31	105000	94608	95	5302130	452,730,420
200506	30	105000	22344	95	5120640	0
200507	31	105000	21504	95	5365920	176,763,760
200508	31	105000	23184	95	5303880	469,497,480
200509	30	105000	23184	95	5146468	393,945,520
200510	31	105000	23152	95	5342500	415,222,350
200511	30	105000	23152	95	5324020	414,216,470
200512	31	105000	24664	94	5911220	450,221,910
200601	31	105000	24496	95	5777620	446,402,380
200602	28	105000	23992	95	5122420	408,007,860
200603	31	105000	23152	95	5114620	403,032,970
200604	30	105000	23152	95	5290420	390,965,370
200605	31	105000	23152	94	5411380	398,323,140
200606	30	105000	23152	94	5291380	391,745,630
200607	31	105000	23152	95	5683260	502,997,960

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	변전소명	구분						
2	계약전력	125,000						
3	계약종별	산업용전력(2)인민 선역						
4	선역기간	2005년08월 - 2006년07월						
5								
6	요금제구분	기본요금	해비기본요금	사용량요금	역률요금	전기요금계	요금총계	
7	산업용(합) 2	3,089,266,944	61,795,340	12,909,539,328	-154,463,360	15,906,127,872		
8	산업용(합) 1	2,677,300,192	53,956,004	13,767,766,016	-133,890,008	16,365,232,126	459,104,256(2.89%)	
9	산업용(합) 1	2,749,643,520	54,992,872	16,050,934,784	-137,492,176	18,718,089,216	2,811,961,344(17.89%)	
10								

그림 9 시뮬레이션 프로그램 화면예시(2)

2.4 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 프로그램의 정확성 검증을 위하여 Low data는 한전 AMR 서버 데이터를 활용하였다. 이와 함께 요금계산 로직의 정확성 검증을 위하여 타 프로그램에서 제공하는 값과 비교 검증을 수행하였다.

현재 한전은 부가서비스 항목의 하나로 인터넷 사이버 지점을 운영하고 있으며 동종간의 요금정보는 이곳에서 확인이 가능하여 우리공사 변전소의 샘플개소를 결정하여 동일기간, 동일종별을 선택하여 본 연구 결과와 비교를 수행하였다. 그림 10은 예시자료로서 본 프로그램의 시뮬레이션 결과와 한전 사이버 지점 결과가 동일하게 나타남을 확인하였다.

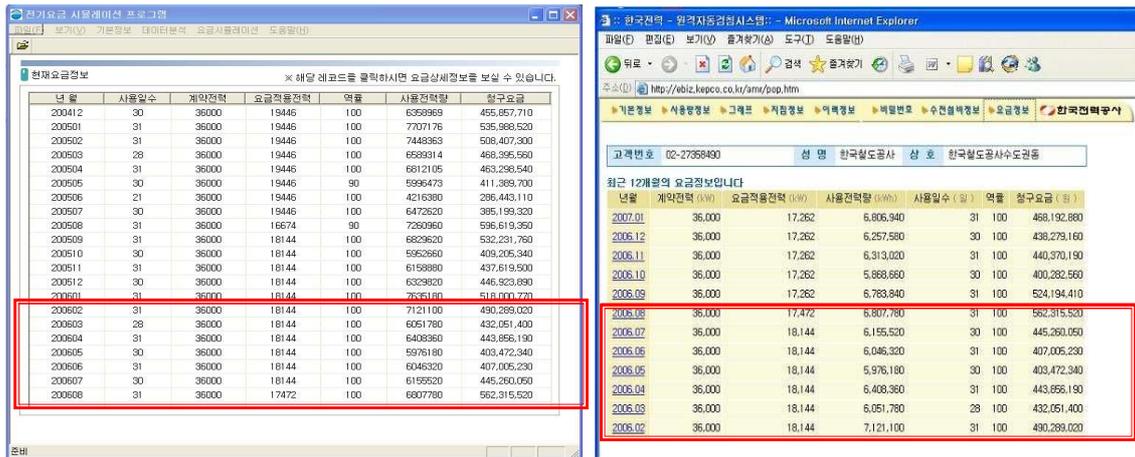


그림 10 결과 데이터의 비교검증

전철변전소별 최적요금체계를 분석해 본 결과 최근 전철화 구간 증대로 인한 전력소비패턴 변화와 최근 전력요금 효율제 상승 등으로 기인하여 수 개소에서 변경 검토가 필요함으로 분석되었으며, 금액으로 환산할 경우 분석데이터를 기준(2005.08 ~2006.07)으로 연간 수익 원의 전력요금 절감 효과가 있음을 입증하였다.

2.5 향후 운영 고려사항

본 연구를 통해 구축된 DB와 작성된 프로그램은 향후 노선별 운행패턴 변경 또는 전철화 구간의 증대와 같은 전력사용량 변경으로 요금종별 변경시 검토에 투입되는 시간, 비용의 절감 및 신뢰성 향상을 가능하게 할 것이다. 또한 구축된 자료를 바탕으로 피크전력 관리나 사용패턴 분석등과 같은 전반적인 전력요금 관리를 위한 도구로 활용이 가능할 것으로 판단되어 향후에도 유용하게 활용이 가능할 것이다. 다만 데이터베이스는 지속적인 관리를 통한 최신의 데이터로 update가 매우 중요하므로 향후 DB의 자동 update 방안을 포함한 data의 관리가 요구된다.

2.6 결론

본 연구에서는 우리공사 관할 36개의 전철변전소를 대상으로 전력사용량, 요금데이터를 활용하여 최적의 요금종별 제시가 가능한 소프트웨어 프로그램을 제작 하였으며 수익 원의 전력절감 효과를 입증하였다.

변전소별 최적 요금종별 선택을 위하여 계절의 특징을 고루 반영한 최근 1년간(2005.8~2006.7) 전력사용량 데이터를 활용하였으며, 제작한 프로그램 해석결과의 정확성 검증을 위하여 한전원격검침 시스템의 부가서비스 자료와 상호 비교분석을 수행하였다. 또한 일부 누락된 전력 데이터의 영향을 최소화 하기위해 요금 종별간 차이가 2%미만일 경우에는 변경검토 대신 참고할 것을 제안하였다.

상기의 정량적인 결과 외에 성과로 첫 번째로 우리공사의 실정에 맞는 요금 종별간의 비교 분석을 수행하여 이종(異種) 및 동종(同種)간의 특징을 파악하여 노선별 향후 사용량에 따른 최적 종별을 제시하였고,

두 번째로 구축한 DB의 자료 활용을 통하여 급변하는 전력시장에 신속한 대응과 함께 경제적인 전기 에너지 사용에 초석을 마련하였다.

3. 참고문헌

- [1] 전용주 외, 2006.11, “전기철도의 부하특성 분석 및 데이터베이스 구축”, 한국철도학회 추계학술대회,
- [2] 한국철도공사 전기기술단 2006전기업무자료 (제13호),
- [3] 한국전력공사 기본공급약관