

장터널 수용가의 전력사용 특성 비교 분석

(A Study on Comparative Analysis of Power Consumption Characteristics in long Tunnel Customers)

김세동* · 유상봉

(Se-Dong Kim · Sang-Bong Yoo)

Abstract

This paper shows a reasonable demand power, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated contract power and peak power for the last 7 years of each tunnel customer as to AMR. In this dissertation, it is necessary to analyze the key features and general trend from the investigated data. It made an analysis of the feature parameters, such as average, standard deviation, median, maximum, minimum and thus it was carried by the linear and nonlinear regression analysis.

Key Words : Power Consumption, Contract Power Conversion Factor, Long Tunnels, Transformer Capacity

1. 서 론

일반적으로 장터널 전기설비에서는 기본설계 단계 시 부하용도별 부하밀도 및 환기설비 특성을 고려하여 총부하설비용량을 산정하게 된다. 이를 토대로 전기공급사와 전기사용에 관한 계약전력을 결정하게 된다.

장터널은 축류팬, 제트팬 등의 대용량 부하설비 및 히팅부하, 터널 내의 조명부하와 동력설비 등으로 구성되어 있으며, 합리적인 예상 계약전력의 산정은 매

우 중요하다. 예상되는 최대사용부하보다 계약전력이 높게 되면 전력용변압기에서 발생하는 전력손실, 송배전선로에서 발생하는 전력손실, 뿐만 아니라 국가 전체적으로 발전설비용량을 확대시켜야 하는 점도 고려해야 하므로 국가적, 수용가 측면에서도 불리하다.

따라서, 전기공급약관에서 정하는 기준을 토대로 전기사용 고객의 특성, 부하 용도의 특성 등을 고려하여 합리적인 방법으로 계약전력을 결정하여야 한다[1].

본 연구에서는 장터널 고객 수용가 5개소를 선정하였고, AMR(Automatic Meter Reading : 자동검침시스템) 시스템에 의해 각 수용가의 계약전력과 최근 7년 동안의 최대수요전력을 조사하였다. 조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 특징과파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통해서 그 경향을 분석하였다.

* 주저자 : 두원공과대학교 전기과 교수
* Main author : Professor of Electrical Engineering
at Doowon Technical University College
Tel : 031-8056-7167, Fax : 031-8056-7161
E-mail : kimse@doowon.ac.kr
접수일자 : 2013년 10월 16일
1차심사 : 2013년 10월 18일
심사완료 : 2013년 11월 7일

2. 변압기최대이용률과 계약전력환산율 고찰

2.1 변압기최대이용률

변압기최대이용률이란 고객이 보유하고 있는 변압기 시설용량에 대한 최대수요전력과의 비를 말하며, 변압기최대이용률이 낮다는 것은 최대 부하가 변압기 용량에 크게 못 미치는 것으로 변전설비 이용 면에서 매우 비효율적이며, 설치한 전력용 변압기의 과다 용량이 지적된다.

본 연구에서는 수용률/부등률에 대한 실태를 분석하고자 하였으나, 고객이 보유하고 있는 총부하설비용량의 추정에 대한 신뢰도가 매우 낮아 수용률/부등률에 대한 실태를 분석할 수 없었다. 반면에 변압기최대이용률은 고객의 전력소비특성에 대한 정보를 정확하게 취득할 수 있고, 변압기최대이용률의 파라미터는 적절한 전력용변압기 용량 산정에 매우 중요하며, 계약전력환산율의 특성 이해에도 매우 중요한 변수이다[2].

2.2 계약전력환산율

계약전력은 계약상 사용할 수 있는 최대전력을 말하며, 전기공급약관상의 계약전력은 전력수급에 있어서 고객측에서는 전기를 사용할 권리와 전기사업자의 전기공급 의무의 상한을 정하는 것으로 전력수급 양자에게 있어서 중요한 의의와 지표를 제시하는 기준으로서 전기공급시 공급진압, 전기요금 및 고객공사비를 결정하는 기본 요소이다.

이와 같은 계약전력의 산정에 관한 기준은 약관 제19조(계약전력 결정기준) 및 제20조(계약전력 산정)에서 제시되어 있다[1].

- (1) 사용설비에 의한 계약전력은 사용설비 개별 입력의 합계에 표 1의 계약전력 환산율을 곱한 것으로 한다. 이 때 사용설비 용량이 입력과 출력으로 함께 표시된 경우에는 표시된 입력을 적용하고, 출력만 표시된 경우에는 세칙에서 정하는

바에 따라 입력으로 환산하여 적용하도록 정하고 있다.

표 1. 계약전력환산율 기준

Table 1. Criteria of contract power conversion factor

구 분	계약전력 환산율	비 고
처음 75kW에 대하여	100%	계산의 합계치 단수가 1kW 미만일 경우에는 소숫점 이하 첫째 자리에서 반올림한다.
다음 75kW에 대하여	85%	
다음 75kW에 대하여	75%	
다음 75kW에 대하여	65%	
300kW 초과분에 대하여	60%	

다만, 사용설비 1개의 입력이 75kW를 초과하는 것이 있을 경우에는 초과 사용설비의 개별 입력이 제일 큰 것부터 하나씩 계약전력환산율을 100%부터 60%까지 차례로 적용하고, 나머지 사용설비의 입력 합계에는 하나씩 적용한 계약전력 환산율이 끝나는 다음 환산율부터 차례로 적용한다.

- (2) 변압기 설비에 의한 계약전력은 일반전기사업자로부터 전기를 공급받는 1차 변압기 표시 용량의 합계(1kVA를 1kW로 본다)로 하는 것을 원칙으로 정하고 있다.

3. 조사 수용가의 전기설비 현황

국내 터널 중에서 장터널에 해당되는 5개소의 터널 연장과 환기 및 전기설비 현황, 계약방법, 계약전력, 최대수요전력 등을 조사하였다. 표 2는 조사 내용을 정리한 것이며, 최대수요전력은 계약전력에 비교하여 낮게 발생하고 있음을 확인할 수가 있다 [3-5].

조사 터널의 전력회사와의 공급계약은 전기공급약관에 준용하여 사용설비에 의한 계약으로 전기설비를 관리하고 있다.

표 2. 장터널 조사 수용가의 계약방법과 전기설비 현황
Table 2. The present states of electrical installations and contract method in long tunnel customers

터널명	연장 m	계약방법	변압기 용량 kVA	사용설비 용량 kW	계약 전력 kW	최대 수요전력 kW
1	4,600	사용설비에 의한 계약	7,800	5,900	5,900	1,674 (2010.9)
2	3,300	사용설비에 의한 계약	7,750	5,178	5,178	2,826 (2008.10)
3	3,171	사용설비에 의한 계약	3,700	2,982	2,982	1,339 (2010.5)
4	2,075	사용설비에 의한 계약	2,500	2,044	2,044	940 (2005.5)
5	1,830	사용설비에 의한 계약	1,800	1,351	1,351	816 (2008.3)

4. 회귀분석을 통한 전력사용 특성 분석

4.1 변압기최대이용률의 분석

표 3은 조사 수용가의 변압기용량과 7년 동안에 발생한 최대수요전력의 최대값 발생현황을 나타낸 것이며, 1번 터널의 변압기최대이용률이 가장 낮은 21.5%를 나타내었고, 5번 터널의 변압기최대이용률은 45.3%를 나타내었다. 5개소 장터널의 평균값은 35.4%로 분석되며, 고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.

그림 1은 조사 수용가의 변압기최대이용률에 대한 산점도와 회귀 모형을 나타낸 것이며, 부하 특성(환기설비의 구성 및 운전방법 등)이 다양한 고객으로부터의 특징적인 경향을 찾을 수가 없었다. 터널 연장에 따라서 변압기 용량은 선형적으로 커진 것으로 설계되어 있는 반면에, 그림 1에서 보는 바와 같이 변압기 최대이용률에 대해서는 특징적인 경향을 확인할 수가 없었다.

따라서, 터널 교통량 및 환기설비의 운전 특성과 방법 등에 대한 합리적인 특성을 찾아내어 보다 적절한

전력용변압기의 용량 계산 및 전력회사와의 전기공급을 위한 계약전력의 적정성을 확보하여야 변압기에서 생기는 전력손실을 최소화할 수가 있고, 또한 송배전 손실, 발전설비 확충의 최소화 등이 이루어질 수가 있다.

표 3. 변압기최대이용률 적용실태 분석
Table 3. The present states of a maximum utilization factor of transformer in general customers

터널명	변압기용량 kVA	최대수요전력 kW	변압기최대 이용률 %
1	7800	1674	21.5
2	7750	2826	36.5
3	3700	1339	36.2
4	2500	940	37.6
5	1800	816	45.3
평균			35.4%

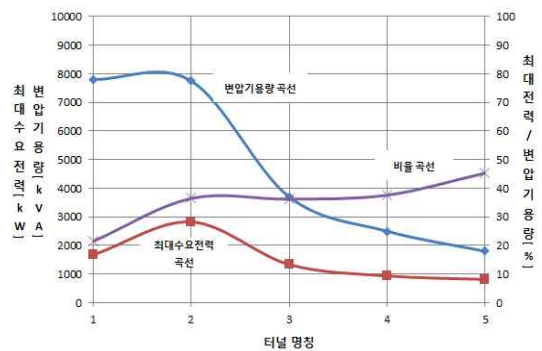


그림 1. 변압기최대이용률의 산점도와 회귀모형
Fig. 1. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer and linear regression model

4.2 최대전력/계약전력의 비율 분석

표 4는 조사 수용가의 계약전력(사용설비용량)과 7년 동안에 발생한 최대수요전력의 최대값 발생현황을 나타낸 것이며, 1번 터널의 최대전력/계약전력에 대한 비율이 가장 낮은 28.4%를 나타내었고, 5번 터널의 최대전력/계약전력에 대한 비율이 60.4%를 나타내었다. 5개소 장터널의 평균값은 46.8%로 분석되며,

장터널 수용가의 전력사용 특성 비교 분석

고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.

그림 2는 조사 수용가의 최대전력/계약전력에 대한 비율에 대한 산점도와 회귀 모형을 나타낸 것이며, 부하 특성(환기설비의 구성 및 운전방법 등)이 다양한 수용가로부터의 특징적인 경향을 찾을 수가 없었다.

터널연장에 따라서 계약전력(사용설비용량)은 선형적으로 커진 것으로 설계되어 있는 반면에, 그림 2에서 보는 바와 같이 최대전력/계약전력에 대한 비율에 대해서는 특징적인 경향을 확인할 수가 없었다.

표 4. 계약전력과 최대전력의 사용실태 분석
Table 4. The present states of demand power and contract power in tunnel customers

터널명	사용설비용량 (계약전력) kW	최대수요전력 kW	최대전력 /계약전력 %
1	5900	1674	28.4
2	5178	2826	54.6
3	2982	1339	44.9
4	2044	940	46.0
5	1351	816	60.4
평균			46.8%

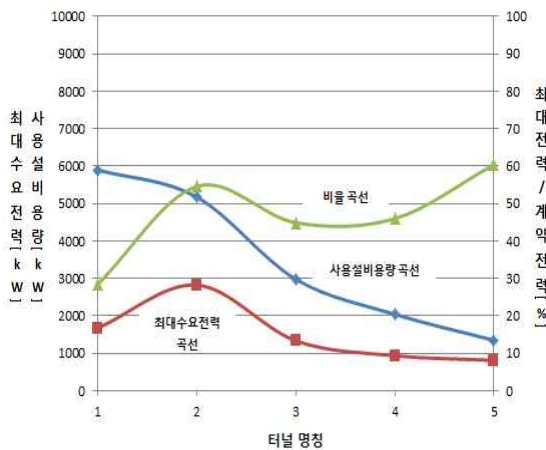


그림 2. 계약전력/최대전력 사용실태의 산점도와 회귀모형
Fig. 2. Scatter plot of demand power/contract power and linear regression model

4.3 최대전력 발생년도의 월별 분석

그림 3은 1번 터널의 2010년도 최대전력 발생현황을 나타낸 것이며, 2월, 5월 및 8월에 전력소비가 높은 것으로 검토된다.

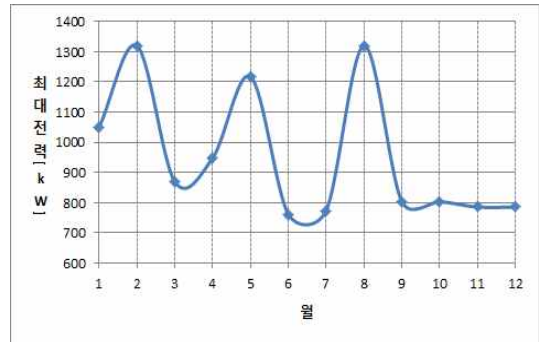


그림 3. 2010년도 월별 최대전력 발생실적
Fig. 3. Power consumption curve by month in 2010

그리고, 그림 4는 2번 터널의 2005년도 최대전력 발생현황을 나타낸 것이며, 중간기 계절에 전력소비가 높은 것으로 나타났다.

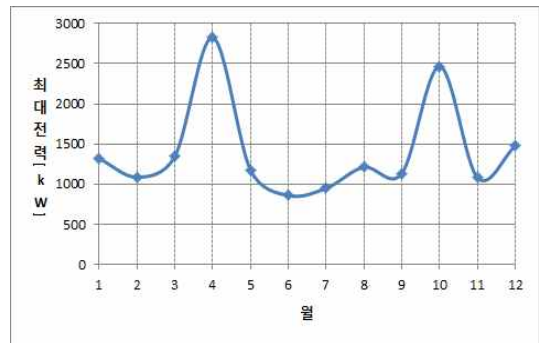


그림 4. 2005년도 월별 최대전력 발생실적
Fig. 4. Power consumption curve by month in 2005

그림 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 장터널의 위치 및 구성된 부하기기의 사용 특성이 달라서 최대전력의 발생에 대한 특징적인 경향을 확인할 수가 없었으며, 에너지절약을 도모하기 위해서 설계된 변압기시설 보다 낮게 운영되고 있음을 확인할 수가 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 장터널 수용가 5개소를 대상으로 전력사용 특성을 고려하여 회귀분석을 통하여 특징파라미터를 분석하였고, 그 경향을 확인하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실태조사 결과, 장터널의 변압기최대이용률이 21.5%~45.3% 분포되어 있었고, 전체적으로 전력용변압기의 여유가 높은 것으로 분석된다.
- 2) 최대전력/계약전력에 대한 비율이 28.4%~60.4%를 나타내었고, 5개소 장터널의 평균값은 46.8%로 분석되었다.
- 3) 장터널의 위치 및 구성된 부하기기의 사용 특성이 달라서 최대전력의 발생에 대한 특징적인 경향을 확인할 수가 없었으며, 에너지절약을 도모하기 위해서 설계된 변압기시설보다 낮게 운영되고 있음을 확인할 수가 있다.

전력회사와의 계약전력 산정에는 전기공급약관 제19조(계약전력 결정기준)에 의해서 결정하게 되며, 계약전력은 변압기설비에 의한 계약전력 산정방식과 사용설비에 의한 계약전력 산정 방식이 있다. 따라서, 계약전력 산정을 위해서는 적절한 변압기설비의 설계가 중요하며, 또한 장터널 구성 부하설비의 운영실태를 통한 사용설비에 의한 계약전력 산정에 본 연구결과에서 제시된 통계 분석된 자료가 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 국내의 경우 상기에서 살펴본 바와 같이 장터널의 변압기설비 및 사용설비의 현황에 대해서 제시되는 자료가 미흡하여 설계하는 전기기술자는 적절한 설계를 도모하지 못하는 실정이다.

본 연구에서는 AMR 자료만을 간략하게 조사 분석된 적용실태이며, 보다 구체적인 전기설비 설계자료가 제시되어야 정확한 통계가 제시될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] A Provision of Electric supply, KOPEC, 2013.
- [2] Se-Dong Kim, Yong-Peel Wang, A Study on Characteristics for a Contract Power Conversion Factor and Analysis of a Maximum Utilization Factor of Transformer in General Customers, KIIEE, Vol.22, No.5, pp.80-85, 2008.
- [3] Se-Dong Kim, Byung-Wan Lee, A Study on Load Characteristic for the Electrical Installations in long Tunnels, KIIEE Annual Spring Conference, 2013.
- [4] The actual data of power utilization for 5 customer of long tunnel(AMR datas).
- [5] Se-Dong Kim, Byung-Wan Lee, A Study of Peak Power for Estimation of KEPCO Contract Power in Tunnel Customers, 2012.

◇ 저자소개 ◇



김세동 (金世東)

1956년 3월 3일생. 1981년 2월 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 8월 동대학원 졸업(석사). 2000년 2월 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 한국전력공사(1979~1984) 근무. 한국건설기술연구원(1984~1997.2) 수석연구원 역임.

현재 두원공과대학교 전기과 교수. 건축전기설비기술사회장 역임. 본 학회 부회장.

관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 전기설비기술계산 해석



유상봉 (庾相鳳)

1954년 10월 26일생. 1980년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1999년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1997년 쌍용양회공업(주) 및 쌍용엔지니어링(주) 근무. 1993~1996년 기술사(건축전기설비, 발송배전, 전기응용, 전기안전, 소방). 1998년~현재 용인송담대학교 조명인테리어과 교수(조명·전기설비 전공). 현재 한국전력기술인협회 회장. 본 학회 최고자문위원.

관심분야 : 조명·전기설비 설계, 전력설비 진단