

직교 다항 회귀모델을 이용한 수용설비의 소비전력 추정

(Power Demand Estimation of Consuming Facility using Orthogonal Polynomial Regression Model)

고희석* · 이충식** · 지봉호*** · 김일중***

(Hee-Seog Koh · Chung-Sik Lee · Bong-Ho Ji · Il-Jung Kim)

요 약

본 연구에서는 직교 다항 회귀 모델을 이용하여 수용설비의 소비전력을 추정하는 알고리즘을 제시한다. 제시하는 추정모델은 수학적인 방법인 외삽법과 상관법을 이용할 수 있고, 저차의 방정식을 고차의 방정식에 어떤 수정도 없이 그대로 저차의 계수를 사용할 수 있어 다중 회귀모델에 비해 계산시간 및 계산용량이 절약되며, 이것의 반대 상황도 성립하여 소비전력을 추정하는데 매우 유용한 방법이라 할 수 있다.

추정 모델을 2차, 3차 4차로 구성하고 추정한 결과 4차 모델이 양호한 결과를 나타내었으며, 상관법에 의해 수용설비의 소비전력을 추정한 결과 추정 오차율이 2[%] 이하로 양호하였다. 그리고 외삽법에 의해 1997년의 소비전력을 추정한 결과 4차 모델의 추정 오차율이 1[%]대를 나와 추정모델의 유효성과 타당성을 검증할 수 있었다.

Abstract

This paper presents in the method power demand estimated of consuming facility algorithm using orthogonal polynomial regression model. Estimation model presented can use mathematical method consists of extrapolation and correlation method, Computation time and capacity of presented model was more economic than multiple regression model because low-order equation can use in the high-order equation without some correction, and vice-versa. Therefore this method can be very usefulness method in the power demand estimation. Fourth-order model was very good among this model that was composed the estimation model of second, third and fourth-order.

Power demand estimated result of consuming facility using correlation method was good in the percentage error of about 2[%]. Also It was to verify efficiency and appropriation the estimated model that estimation percentage error was about 1[%] in the power demand estimated result of 1997.

1. 서 론

오늘날 급격한 경제성장과 더불어 산업활동이 활발

한 현대산업 사회에서 전력은 국민생활의 가장 필수적인 요소이며 산업의 원동력이다. 따라서 방대한 규모의 전력계통에 최적 계획 및 경제적 운용 기법을 적용하면 단정적인 산업활동과 문화생활에 얻어지는 이득 또한 막대한 것으로서 수용설비의 소비전력을 사전에 정도(精度) 좋게 예측하는 것은 중요한 일이다. 또한 소비전력의 추정은 전력회사의 운영 및 국가 경

*正 會 員 : 경남대학교 전기·전자공학부 교수
**正 會 員 : 대원과학대학 전기과 조교수
***正 會 員 : 경남대학교 전기공학과 박사과정
接受日字 : 1999년 7월 21일

직교 다항 회귀모델을 이용한 수송설비의 소비전력 추정

계에 중요한 역할을 수행한다. 전력 계통의 운용, 계획 및 제어시에 정확한 전력수요의 추정이 필요하고, 발전소의 운용, 수·화력 협조, 경제운용 등의 결정에 막중한 역할을 담당하고 있다. 그러므로 소비전력 추정의 정확성은 전력계통의 운용에 중대한 영향을 미치게 되어, 전력계통의 운용, 제어시의 경제성은 추정 정도에 대단히 민감하게 된다. 또한 수송설비 소비전력의 정확한 추정은 적정 예비력의 확보, 배전계통의 건설계획 및 보수작업의 결정등의 계획 설정에 중요한 역할을 담당하고 있다고 할 수 있다.

지금까지 소비전력을 추정하는 기법으로는 시계열법, 지수평활법, 확률과정론, 상태변수법, 전문가 시스템 및 회귀분석법등으로 분류할 수 있지만, 아직 정확하고 확실한 추정 기법은 개발되지 않고 있는 실정이다[1~8]. G.T.Heinemann²⁾ 등이 회귀분석법을 제시한 이래, 본 기법의 동적 관계를 고려하지 못하는 단점을 보완하고자 꾸준한 연구가 되어왔다.

우리나라의 소비전력 특성은 80년대 이후 매년 7~15[%]비율로, 90년대 이후는 매년 10~15[%]의 비율로 증가하고 있으므로 성장 경향선을 이용한 추정 모델의 구성이 필요하게 된다. 따라서 소비전력의 성장 경향을 모델로 하는 직교 다항 회귀모델을 구성한다. 구성한 직교 다항 회귀모델은 저차식의 방정식이 그대로 고차식에도 사용될 수 있어 일반적인 다중 회귀 모델에 비해 처리시간 및 용량이 절약되고, 모델의 수속성 및 신뢰성이 양호하였다. 추정 모델을 과거(1976년~1996년) 20년 간의 한국전력공사 전력 경제처에서 발표한 월 소비전력 자료를 토대로 3년(1997년~1999년)후까지의 소비 전력량을 월별로 추정한다[8~12]. 20년간의 자료를 내삽시킨 추정 결과 4차식의 모델에서 추정 오차율이 2[%]대로 양호한 결과를 얻었다. 그리고 1997년의 실적치와 추정치를 비교한 결과 4차 모델의 추정 오차율이 1[%]대로 아주 양호한 추정 결과가 나와 제시한 추정 모델의 유효성과 타당성을 검증 할 수 있었다.

2. 소비전력량의 경향

그림 1에 1976년부터 1996년까지의 20년 간의 소비 전력량의 경향을 그래프로 나타낸 것이다.

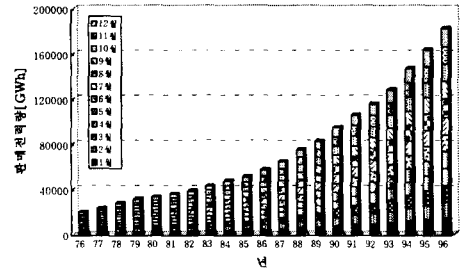


그림 1. 소비전력량의 경향 그림
Fig. 1. Trend Graph of Power Demand

그래프에서 알 수 있듯이 매년 성장 경향을 보이고 있으므로, 년간의 소비 전력량을 추정하기 위해서는 성장 경향 회귀선을 이용한 추정 모델이 필요하게 된다. 따라서 본 연구에서 사용한 다항식 경향선은 최대(S-1)개의 극대점, 극소점 및 변곡점을 갖는 곡선으로 표현할 수 있고, 이외에도 한 방향으로 만의 증가 경향선으로도 나타낼 수 있는 특징을 가지고 있다.

3. 직교 다항 회귀모델

다항식 경향선을 식(1)에 나타낸다.10)~12)

$$y_t = A + BP_{1t} + CP_{2t} + DP_{3t} \quad (1)$$

여기서, A, B, C, D : 정수

P_{1t}, P_{2t}, P_{3t} : 각각 t 의 1차, 2차,

3차 다항식

을 나타내고, 최고차의 계수는 1 식(1)에서 P_{1t}, P_{2t}, P_{3t} 는

$$\begin{aligned} P_{1t} &= a_1 + t \\ P_{2t} &= a_2 + b_2t + t^2 \\ P_{3t} &= a_3 + b_3t + c_3t^2 + t^3 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, a, b, c : 정수

식(2)를 식(1)에 대입하여 t 의 다항식으로 정리하고, 다음 식(3)과 같은 조건이 성립하는 것으로 한다.

$$\begin{aligned} \sum P_{1t} &= 0 \\ \sum P_{2t} &= 0 \\ \sum P_{3t} &= 0 \\ \sum P_{1t} P_{2t} &= 0 \\ \sum P_{1t} P_{3t} &= 0 \\ \sum P_{2t} P_{3t} &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

계수 A, B, C, D를 구하기 위해 최소이승법을 적용하여 풀면

$$\begin{aligned} \sum Y_t &= nA \rightarrow A = \frac{\sum Y_t}{n} \\ \sum P_{1t} Y_t &= B \sum P_{1t}^2 \rightarrow B = \frac{\sum P_{1t} Y_t}{\sum P_{1t}^2} \\ \sum P_{2t} Y_t &= C \sum P_{2t}^2 \rightarrow C = \frac{\sum P_{2t} Y_t}{\sum P_{2t}^2} \\ \sum P_{3t} Y_t &= D \sum P_{3t}^2 \rightarrow D = \frac{\sum P_{3t} Y_t}{\sum P_{3t}^2} \end{aligned} \quad (4)$$

를 구할 수 있고, Y_t 는 관찰치를 나타낸다. 식(4)에서 A는 P_{1t} , P_{2t} , P_{3t} 와는 관계없고, B는 P_{1t} , C는 P_{2t} , D는 P_{3t} 만으로서 각각 단독으로 계산할 수 있다는 것을 나타내고 있다. 이것은 직교다항식 모델에서 그 차수에 관계없이 계수가 동일하다는 것을 의미하며, 4차 5차 6차 ...의 차수를 구할 때는 처음부터 계수를 추정할 필요 없이 추가된 항에 대한 계수만 추정하면 된다. 4차, 5차, 6차의 계수 값은 식(5)와 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} E &= \frac{\sum P_{4t} Y_t}{\sum P_{4t}^2}, \\ F &= \frac{\sum P_{5t} Y_t}{\sum P_{5t}^2}, \quad G = \frac{\sum P_{6t} Y_t}{\sum P_{6t}^2} \end{aligned} \quad (5)$$

한편, 시간 변수 t 는 함수 n 을 홀수로 취하면 $2m+1$ 로서 $t = -m, -(m-1), \dots, 0, \dots, (m-1), m$ 과 같이 정할 수 있다. 다음으로 P_{1t} , P_{2t} , P_{3t} 계수를 구해 보면 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{1t} &= t \\ P_{2t} &= t^2 - \frac{1}{n} \times \frac{n}{12} (n^2 - 1) \\ &= t^2 - \frac{n^2 - 1}{12} \\ P_{3t} &= t^3 - \frac{1}{20} (3n^2 - 7)t \end{aligned} \quad (6)$$

또한, 4차, 5차 등의 P_{4t} , P_{5t} , ...의 값도 식(7)과 같이 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{4t} &= t^4 - \frac{1}{14} (3n^2 - 13)t^2 \\ &\quad + \frac{3}{560} (n^2 - 1)(n^2 - 9) \\ P_{5t} &= t^5 - \frac{1}{18} (n^2 - 7)t^3 \\ &\quad + \frac{3}{1008} (15n^4 - 230n^2 + 407)t \end{aligned} \quad (7)$$

식(4)의 실제 계산에서는 위에서 구한 P_{1t} , P_{2t} , P_{3t} , P_{4t} , ...의 값을 이들의 식에 대입해 정리하면 식(8)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} A &= \frac{\sum Y_t}{n} \\ B &= \frac{12 \sum t Y_t}{n(n^2 - 1)} \\ C &= \frac{180}{n(n^2 - 1)(n^2 - 4)} \\ &\quad \times \left(\sum t^2 Y_t - \frac{n^2 - 1}{12} \sum t Y_t \right) \\ D &= \frac{2800}{n(n^2 - 1)(n^2 - 4)(n^2 - 9)} \\ &\quad \times \left(\sum t^3 Y_t - \frac{3n^2 - 7}{20} \sum t Y_t \right) \\ E &= \frac{44100}{n(n^2 - 1)(n^2 - 4)(n^2 - 9)(n^2 - 16)} \\ &\quad \times \left(\sum t^4 Y_t - \frac{1}{14} (3n^2 - 13) \sum t^2 Y_t \right) \\ &\quad + \frac{3}{560} (n^2 - 1)(n^2 - 9) \sum Y_t \end{aligned} \quad (8)$$

4. 소비전력량 추정

4.1 소비 전력량 추정 결과

본 연구에서 제시한 추정 알고리즘의 유효성을 입증하기 위해 우리 나라의 월 소비 전력량 추정에 적용하였다. 사용한 자료는 한국전력공사 전력경제처에서 제공된 1976년부터 1996년까지의 20년간의 월 소비전력량을 이용한다. 직교 다항 회귀모델에 이용한 차수는 2차, 3차, 4차의 모델을 구성하고, 월별 소비전력량을 추정한 결과를 표 1에 나타낸다.

표 1의 추정 오차율을 보면 2차 모델보다는 3차 모델의 추정 오차율이 양호하고, 3차 모델보다는 4차 모델의 추정 오차율이 보다 더 양호한 결과를 나타내고 있다. 그리고 그림 3에 각 모델별 추정 오차율을 그래

직교 다항 회귀모델을 이용한 수용설비의 소비전력 추정

프로 나타낸 것이다. 그림에서 4차의 직교 다항 회귀 모델의 유효성을 바로 알 수 가 있다.

표 1. 추정 오차율
Table 1. Estimated Percentage Error (단위: %)

월	추정 모델		
	2 차	3 차	4 차
1	7.37	3.97	2.72
2	7.09	2.81	2.95
3	6.98	3.29	2.24
4	6.48	2.46	1.85
5	6.21	1.57	1.57
6	5.44	1.83	1.57
7	5.38	2.20	1.88
8	6.87	3.03	3.27
9	6.11	1.84	1.87
10	5.81	2.26	2.25
11	5.74	2.38	1.74
12	5.47	2.23	2.12

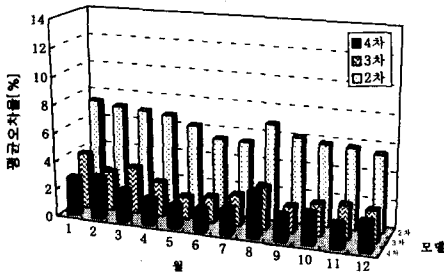


그림 2. 추정 오차율의 그래프
Fig. 2. Graph of Estimated Percentage Error

표 2에는 1997년~1999년의 추정 소비전력량을 나타내고 있으며, 표 3에는 1997년 소비전력의 실적치와 추정치를 비교한 추정 오차율을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 4차 모델의 추정 오차율이 1[%]대 이하로 양호하게 추정되었다. 표 2의 결과에서와 같이 4차 모델의 추정 결과가 가장 양호하게 나와 구성된 모델 중 4차 모델이 가장 우수함을 알았다.

표 2. 1997~1999년의 추정 소비전력량
Table 2. Estimated Power Demand from 1997 to 1999 (GWh)

월	추정 년도	추정 모델		
		2 차	3 차	4 차
1	1997	15676	16513	16110
	1998	17122	18416	17647
	1999	18641	20491	19212
2	1997	14845	15727	15527
	1998	16219	17583	17200
	1999	17663	19613	18977
3	1997	15529	16277	15812
	1998	16952	18107	17219
	1999	18445	20097	18620
4	1997	15652	16581	16302
	1998	17089	18525	17992
	1999	18599	20652	19766
5	1997	15386	16221	15966
	1998	16768	18058	17573
	1999	18219	20063	19256
6	1997	15772	16566	16453
	1998	17169	18396	18179
	1999	18633	20388	20026
7	1997	16331	17048	16863
	1998	17761	18870	18518
	1999	19261	20845	20260
8	1997	17380	18469	18692
	1998	18928	20612	21036
	1999	20552	22959	23664
9	1997	16578	17579	17599
	1998	18051	19598	19635
	1999	19596	21808	21868
10	1997	16122	16979	16975
	1998	17555	18880	18871
	1999	19059	20953	20938
11	1997	16822	17609	17310
	1998	18349	19565	18994
	1999	19952	21691	20741
12	1997	17124	17909	17740
	1998	18688	19902	19570
	1999	20331	22065	21504

표 3. 1997년의 추정 오차율
Table 3. '97 Estimated Percentage Error (GWh)

월	97년 실적치	구분	추정 모델		
			2차	3차	4차
1	16225	추정치	15676	16513	16110
		오차율[%]	3.502	1.744	0.714
2	15364	추정치	14845	15727	15527
		오차율[%]	3.496	2.308	1.050
3	16094	추정치	15529	16277	15812
		오차율[%]	3.638	1.124	1.783
4	16278	추정치	15652	16581	16302
		오차율[%]	3.999	1.827	0.147
5	16028	추정치	15386	16221	15966
		오차율[%]	4.173	1.190	0.388
6	16466	추정치	15772	16566	16453
		오차율[%]	4.400	0.604	0.079
7	17202	추정치	16331	17048	16863
		오차율[%]	5.333	0.903	2.010
8	18298	추정치	17380	18469	18692
		오차율[%]	5.282	0.926	2.108
9	17597	추정치	16578	17579	17599
		오차율[%]	6.147	0.102	0.011
10	16867	추정치	16122	16979	16975
		오차율[%]	4.621	0.660	0.636
11	17218	추정치	16822	17609	17310
		오차율[%]	2.354	2.220	0.531
12	17158	추정치	17124	17909	17740
		오차율[%]	0.199	4.193	3.281

주 : 오차율 = $\frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{\hat{Y}_i} \times 100$

4.2 결과의 분석 및 검토

4.2.1 결과의 분석

표 2와 3에 나타난 추정결과를 보면 4차의 추정 모델이 가장 양호한 추정 정도(精度)를 얻었다. 일반적으로 회귀분석을 이용한 소비전력의 추정 정도는 3[%] 이하면 적절한 모델로 인정하는 경향에 비취보면, 4차의 모델은 모든 월의 예측오차율이 1~2[%]대 이하로 아주 양호한 추정 결과를 얻어 구성된 모델의 적절함을 알 수 있었다. 또한 표 3의 1997년의 추정 결과를 보면 추정 정도가 대부분의 월의 오차율이 1[%] 이하로 아주 양호한 결과를 얻어 제시한 모델의 유효성과

타당성을 입증할 수 있었다. 그리고 구성된 모델의 적합성과 타당성을 분석하기 위하여 분산분석을 실시하고, 실시한 결과를 표 4-1 과 4-2에 나타낸다.

표에서 보면 4차 직교 다항 회귀모델이 다른 추정 모델에 비해 표준편차(σ), 수결정계수(R^{*2})나 및 F 치 등을 비교해 보면, 표준편차는 4차 모델이 다른 모델보다 작았고, R^{*2} 도 1에 가장 가까웠다. 또한 각 모델별 F 기각치를 정리해 보면 모든 모델에서 F 기각치 보다 높은 값이 나와 회귀 모델의 유의성을 확인할 수 있었으며, 제시한 4차의 추정 모델이 직교 다항 회귀모델로서 가장 적합함을 알 수 있었다.

표 4-1. 모델 검정을 위한 분산분석
Table 4-1. Analysis of Variance for Model Test

월	구분	추정 모델		
		2 차	3 차	4 차
1	σ	334.80	235.88	220.72
	R^2	0.9926	0.9963	0.9968
	R^{*2}	0.9907	0.9954	0.9960
	F	614.43	616.74	617.03
2	σ	294.92	156.05	150.47
	R^2	0.9935	0.9982	0.9983
	R^{*2}	0.9919	0.9977	0.9980
	F	1176.1	1181.6	1181.8
3	σ	276.72	177.82	149.66
	R^2	0.9948	0.9979	0.9985
	R^{*2}	0.9935	0.9973	0.9981
	F	1311.1	1315.9	1315.9
4	σ	291.90	125.40	111.37
	R^2	0.9943	0.9989	0.9992
	R^{*2}	0.9929	0.9987	0.9990
	F	2393.7	1896.8	2405.4
5	σ	259.28	91.779	91.779
	R^2	0.9953	0.9994	0.9994
	R^{*2}	0.9941	0.9993	0.9993
	F	2282.2	3396.1	3396.1
6	σ	242.40	89.467	86.320
	R^2	0.9961	0.9995	0.9995
	R^{*2}	0.9951	0.9993	0.9994
	F	4047.6	4061.2	4061.4

표 4-2. 모델 검정을 위한 분산분석
Table 4-2. Analysis of Variance for Model Test

월	구분	추정 모델		
		2 차	3 차	4 차
7	σ	256.67	156.59	151.90
	R^2	0.9960	0.9985	0.9986
	R^{*2}	0.9950	0.9981	0.9982
	F	1413.5	1417.1	1417.2
8	σ	425.85	292.92	289.32
	R^2	0.9903	0.9954	0.9955
	R^{*2}	0.9878	0.9942	0.9944
	F	440.24	442.52	442.57
9	σ	306.81	116.16	116.09
	R^2	0.9944	0.9992	0.9992
	R^{*2}	0.9930	0.9990	0.9990
	F	2472.1	2484.1	2484.1
10	σ	281.44	141.76	141.75
	R^2	0.9950	0.9987	0.9987
	R^{*2}	0.9937	0.9984	0.9984
	F	1556.1	1561.9	1561.9
11	σ	250.34	113.24	94.892
	R^2	0.9964	0.9993	0.9995
	R^{*2}	0.9955	0.9991	0.9994
	F	3813.2	3824.3	3825.2
12	σ	263.16	140.25	137.87
	R^2	0.9961	0.9989	0.9989
	R^{*2}	0.9951	0.9986	0.9987
	F	1853.3	1858.6	1858.6

주: σ : 표준편차, $R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$:

결정계수(회귀선의 정도(精度)를 측정)

$$R^{*2} = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p-1)}(1-R^2) : \text{수정결정계수}$$

R^2 의 p (자유도)의 문제를 조정한 결정계수

$$F = \frac{\frac{R^2}{p}}{\frac{(1-R^2)}{(n-p-1)}} : F(p, n-p-1, 1-\alpha) \text{의}$$

기각치로 회귀선의 정도를 측정, α : 위험율

F 치 검정→

$$2\text{차모델 } F(2, 20-2-1, 1-0.05) = 3.68$$

$$3\text{차모델 } F(3, 20-3-1, 1-0.05) = 3.29$$

$$4\text{차모델 } F(4, 20-4-1, 1-0.05) = 3.06$$

4.2.2 검토

본 연구에서 제시한 직교 다항 회귀모델은 어떤 복잡한 움직임을 하고 있는 계열에 대해서도 고차식을 사용하면 충실한 추적이 가능하여 곡선적용을 위한 도식검토의 방법이 필요 없고 대상으로 하는 계열에 직접 적합한 경향선을 분석목적에 따라 결정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한 최소이승법을 주축으로 하는 다중 회귀분석법은 매 차수마다 새롭게 계수를 추정해야 되는 것과는 달리 저차식 일 때의 계산이 그대로 고차식 계산에 이용될 수 있고, 그 반대의 과정도 가능하여 계산상의 강점을 가진다. 따라서 추정치의 산출과정에서 계산시간의 절약 및 처리용량이 절감될 뿐 아니라 모델의 수축성 및 신뢰성도 향상되어 효과적인 소비 전력량의 추정이 가능하게 되었다.

5. 결론

월간 소비 전력량을 추정하기 위해 직교 다항 회귀 모델을 구성하여 소비전력량을 추정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 추정식이 단순 경향 다항식으로 처음부터 차수를 결정할 필요가 없으며
- (2) 저차식 일 때의 계수를 고차식에도 그대로 사용될 수 있고
- (3) 차수가 증가함에 따라 곡선 추적이 양호하며
- (4) 추정 모델의 수축성 및 신뢰성이 양호하고
- (5) 처리용량 및 시간 등의 절감되는 등의 결론을 얻을 수 있었다.

4차의 모델로 소비 전력량을 추정한 결과 월 추정 오차율이 2%이하로 양호한 추정정도를 얻었으며, 한국전력공사 경제전력처에서 제공된 자료를 토대로 1997년의 소비전력량 추정에 적용 시켜본 결과 추정 오차율이 1%이하로 나와 본 기법의 유효성과 타당성을 입증할 수 있었다.

참고 문헌

- (1) R.G.Brown, "Smoothing forecasting and prediction of discrete time series", Prentice Hall Jersey, 1963.
- (2) G.T.Heineman, D.A.Nordman, E.C.Plant, "The relationship between summer loads-A regression analysis", IEEE Trans. Power App. System, Vol.PAS-85, No.2, pp.1144~

- 1154, 1966.
- [3] 고희석, 정재길, "건구온도를 고려한 장기 최대전력수요예측에 관한 연구", 대한전기학회지, 제10권, pp. 612~616, 1985.
 - [4] 고희석, 이태기, "지수평활에 의한 장기 최대전력수요예측에 관한 연구", 한국조명·전기설비학회지, 제6권, pp. 43~50, 1992.
 - [5] 고희석 외3인, "온도를 고려한 지수평활에 의한 단기부하예측", 대한전기학회지, 제43권, 5호, pp.730~738, 1994.
 - [6] 고희석 외3인, "기온예상치를 고려한 모델에 의한 주간최대전력수요예측", 대한전기학회지, 제45권, 4호, pp.511~516, 1996.
 - [7] 고희석 외2인, "전력부하설비의 최적운용을 위한 시간별 전력수요상정", 한국조명·전기설비학회지, 제10권, 1호, pp.75~79, 1996.
 - [8] 고희석, 이충식, "평일환산비를 이용한 단기부하상정 알고리즘", 한국조명·전기설비학회지, 제11권, 5호, pp.62~66, 1997.
 - [9] 豊田, "電力需要に關した豫測手法一般", 昭和47年度電氣四學會聯合大會, 1972.
 - [10] 山由次郎, "新編 需要豫測と經營時系列分析", 日本生産性本部, 1972.
 - [11] 大野豊, "數値計算 Hand Book", オーム社, 1990.
 - [12] 한국전력공사 전력경제처, "하계냉방부하 특성 분석", 한국전력공사, 1997, pp. 74~86.

◇ 저자소개 ◇

고 희 석 (高 羲 石)

1942년 8월 21일생. 1966년 부산대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1979년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1999년 현재 대한전기학회 부회장, 경남대학교 전기·전자 공학부 교수.

이 충 식 (李 忠 植)

1966년 3월 21일생. 1991년 경남대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 대원과학대학 전기과 조교수.

지 봉 호 (池 奉 鎭)

1957년 11월 15일생. 1991년 경남대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학교 대학원 전기공학과 박사과정. 삼흥종합전기(주) 대표.

김 일 중 (金 一 重)

1955년 4월 4일생. 1986년 대전산업대학교 전기공학과 졸업. 1989년 연세대학교 산업대학원 산업공학과(전기공학전공) 졸업(석사). 현재 경남대학교 대학원 전기공학과 박사과정. (주)우성종합기술단 대표.