하계학술대회
논문86-8-5

電力 負荷率 變化에 対한 調査研究
A Research of Trends in Load Factor

鄭然沢 明知大學校
曺圭昇 韓國電力公社
尹甲求* 에이스技術団

1. 序 論

電力 負荷率 (load factor)은 어느 기간중의 平均電力과 그 기간중의 最大電力과의 比를 百分率로 표시한 것으로서 電力需要予測과 系統計劃 및 負荷管理와 系統運用을 합리적으로 하는데 기본자료로 활용되는 것이므로 그의 変化를 분석해 보고자 한다.

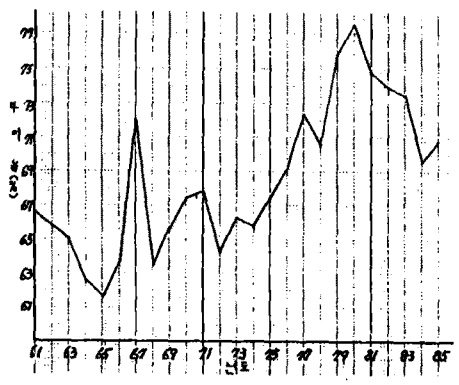

그림-1. 年負荷率 推移

表-1 年負荷率 変化 推移

年度	最大 (월일시)	最大 (MWH)	平均 (MWH)	負荷率 (%)	年平均 增減 %
61	12.14.19	306	202	66.2	기 준
65	12.21.19	602	371	61.6	△ 1.2
67	11. 9.19	778	561	70.2	5.2
68	11.18.19	1,080	686	63.5	△ 8.5
71	12.10.19	1,777	1,203	67.7	1.4
72	12.22.19	2,097	1,348	64.3	△ 3.4
73	11.22.19	2,556	1,692	66.2	1.9
74	12.10.19	2,922	1,922	65.8	△ 0.4
77	12.21.19	4,187	3,035	72.5	6.7
78	12.21.19	5,118	4,239	70.3	△ 2.2
80	11.24.18	5,457	6,126	77.7	3.7
84	8.10.12	8,811	6,126	69.5	△ 2.1
85	8.24.15	9,345	6,622	70.8	1.3

2. 年負荷率 変化 推移

1961 年 부터 85 年 까지의 年負荷率의 変化 推移를 살펴보면 그림-1과 같이 山모양으로 緩急 을 달리하는 오르내림의 형태를 가지고 있다. 年負荷率의 변화를 증가에서 감소로 또는 감소에서 증가추세로 방향이 바뀌는 極点을 갖는 년도를 기준으로 정리하면 表-1과 같다.

(1) 60年代 前半

電気販売 政策을 時代的으로 구분해 보면 표-2와 같이 해방후 64 년 3월말 까지는 電力供給設備의 부족으로 부분적인 制限送電 시대였다. 따라서 이 때의 負荷率은 큰 의미는 없겠다. 다만, 64년 4 월 부터 제한송전을 전면적으로 해제하고 판매촉진 정책을 적극적으로 전개하여 電力需要가 성장하면서 특히 겨울 초저녁 피크부하의 급성장을 가져와 65 年度에 負荷率이 사상 가장 낮은 61.6(%)였다.

表-2 電気販売政策 時代的 區分

時代區分	期 間	備 考
制限送電	해 방 후 ~ 1964. 4	施設不足
無制限 供給	1964. 4 ~ 1967. 6	
負荷制限	1967. 6 ~ 1967. 7	供給能力不足
〃	1967. 9 ~ 1968. 7	〃
販賣促進	1971.12 ~ 1973.11	설비과잉
負荷制限節電運動	1973.12 ~ 1973.12	에너지波動
節電運動	1973. 1 ~ 1980.12	〃
負荷制限運動	1974. 9 ~ 1977.12	供給能力不足

(2) 60年代 後半

본격적 經濟成長에 힘입어 電力需要가 급성장한 시대이다. 그러나 표-3의 냉방기기 출하현황에서 보는바와 같이 아직 여름냉방 需要는 거의 없었으므로 겨울 초저녁 피크負荷가 두드러졌다. 때문에 전반적으로 負荷率이 낮은 경향을 나타냈다. 다만 67 년 6월부터 67년 7월까지 또 67 년 9월부터 68 년 7월까지 負荷制限과 자가발전기 동원으로 피크負荷가 억제된 관계로 67 년도의 年負荷率은 그 기간중 유난히 높은 72.0(%)를 나타내었다. 그러나 68 년 7 월에 負荷制限 해제에 따른 피크負荷 회복으로 年負荷率은 다시 8.5(%) 가 降下한 63.5(%)의 사상 두번째로 낮은 負荷率을 나타냈으나 다음해 부터는 차츰 上昇되기 시작하였다.

(3) 70年代

71년말에 設備過剩에 따른 판매 促進策으로 72년 年負荷率은 다소 감소되었지만 전반적으로 年負荷率이 上向 추세를 지속한 시대이다.

이것은 負荷率을 상승 시키는 產業用電力의 構成比가 增加되고, 負荷率을 악화시키는 照明用 電力의 構成比가 상대적으로 감소한 때문이다. 그리고 負荷平準化를 誘導하기 위한 最大需要調節 料金制度를 77년 12 월 1일 부터 시행한것 때문에 초저녁 피크 시간대의 產業用(乙) 負荷가 다른 시간대로 옮겨가게 된 것과 자가발전시설을 피크 시간대에 집중하여 가동시키게 된 것의 影響이라고 볼수 있다.

여기에 더하여 國民所得의 증가에 따른 냉방機器들의 補給이 여름철의 주간부하를 증가시킨것도 아직은 겨울철 초저녁에 피크가 발생하던 이무렵의 負荷率을 상승시켰다고 볼수 있다 (表-4). 아울러 79 년 이후부터는 양수발전에 의한 負荷率 향상도 무시할 수 없겠다.

表-4 產業用, 自家用, 여름, 겨울, 負荷와 負荷率

年度	產業用 販賣電力 構成比	自家用 發電量 構成比	여름最大 / 겨울最大	負荷率
68	70.78	7.8	84.29	63.5
70	70.14	6.1	89.79	67.3
72	66.65	4.9	84.56	64.3
74	70.97	5.7	96.62	65.8
76	72.47	5.3	90.63	69.1
78	71.04	5.7	94.97	70.3
80	70.00	7.1	98.53	77.7
82	67.24	8.6	102.71	73.9
84	65.51	7.8	112.68	69.5

表-3 冷房器機의 生產出荷 現況 (單位 : 천대)

年度	中央集中 에어콘	패키지型 에어콘	룸에어콘	電氣 冷藏庫	扇風機
1965					
1966				2.7	51.8
1967				3.8	66.4
1968				8.7	285.8
1969				11.5	172.8
1970			0.5	27.9	190.7
1971			0.6	29.4	278.5
1972			1.5	33.0	283
1973			2.5	56.5	415
1974			9.9	78	548
1975	0.125	1.93	9.0	97.2	578
1976	0.222	3.16	12.0	193.7	850
1977	0.338	4.32	14.0	371.2	1,058
1978	0.483	5.768	32	894	1,736
1979	0.778	7.62	111	1,317	2,295
1980	0.73	3.82	15.6	459.5	1,216
1981	0.882	5.61	25	625	831
1982	1.151	7.8	40.9	715	870
1983	1.34	8.2	83	1,110	1,181
1984	2.06	10.5	70	1,228	1,435
1985	2.75	17.5	100	1,144	1,695

(4) 80 年代

年負荷率의 하향시대라고 할 수 있다. 그림-1과 같이 80 년의 77.7(%)를 極大点으로 하여 년평균 2.1(%) 씩 4년동안 계속 감소 하였다.

이것은 表-4와 같이 년간 피크가 겨울 초저녁에서 여름낮 시간으로 바뀌는 과정에서 겨울 피크와 여름 피크가 비슷한 수준일때 年負荷率이 가장 높고, 여름 피크가 년간 피크로 정착되고, 表-5와 같이 냉난방 負荷의 계속적인 급성장으로 나타난 현상이다.

아울러 經濟成長의 둔화로 產業用 電力構成比가 감소되고 있는 반면에 國民 문화수준의 향상에 따른 家電機器의 補給과 商業用 電力需要의 증가 및 야간조업과 휴일근무의 기피는 표-6과 같이 주간과 야간 그리고 평일과 휴일의 부하격차를 심화 시키게 되어 負荷率을 低下시키고 있다. 이러한 負荷率 하향추세는 특별한 狀況變化나 대책이 없는한 80 년대 후반에도 계속 될 것으로 展望된다.

이것은 表-7에서 볼 수 있는것과 같이 외국의 負荷率과의 比較에서도 나타난다.

表-5 夏季冷房需要의 增加推勢

區 分	80	81	82	83	84
冷房負荷(4kw) 增加率(%)	553	1.092 (97.5)	1,229 (12.5)	1,491 (21.3)	1,703 (14.2)
販賣量(Gwh) 增加率(%)	32,734	35,424 (8.2)	37,880 (6.9)	42,620 (12.5)	47,051 (10.4)

表-6 電力需要 變化 推勢

區 分	81	82	83	84
夏季 /冬季 (%)	101.1	102.6	105.8	108.4
深夜/ 昼間(%)	78.4	75.8	73.3	66.6

表-7 外國 負荷率과의 比較

年度	75	80	83	84
한 국	67.6	77.7	73.4	69.5
미 국	61.4	61.1	59.7	
영 국	56.8	58.0	58.0	
프랑스	64.5	64.4	66.1	66.7
서 독	63.5	67.8	68.5	57.6
일 본	60.7	62.8	59.3	65.9
대 만	69.4	69.3	66.6	

3. 負荷率 變化 要因別 分析

(1) 所得係數

負荷率의 變化는 國民所得과 電力消費量의 비율, 이른바 所得係數 ($/kwh)와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타난다.

68년과 74년, 80년, 84 년의 所得係數와 부하율을 비교해 보면 표-8과 같이 서로 비례관계에 있다. 즉, 電力消費量의 증가보다 國民所得의 증가가 높을때에는 負荷率이 높아지고 電力消費量의 증가가 國民所得의 증가보다 높을 때에는 負荷率이 낮아지고 있다.

表-8 所得係數와 負荷率의 比較

年度	國民所得 ($/人)	電力消費量 (kwh/人)	所得計數 ($/kwh)	負荷率(%)
68	169	157	1.076	63.5
74	535	405	1.321	65.8
80	1605	859	1.869	77.7
84	1998	1160	1.721	69.5

(2) 產業用 電力 構成比

電力消費量을 用途別로 區分할때 家庭用, 商業用 및 產業用으로 나누어 볼 수 있으며 그 負荷特性은 각기 달리 나타나고 있다. 즉, 家庭用 負荷曲線은 초저녁에 最大負荷가 나타나는 삼각형(△) 모양이고, 商業用은 주간 활동시간에 最大負荷가 나타나는 사다리꼴 (⏢)모양이며, 產業用은 24 시간동안 거의 일정한 負荷水準을 이루는 평탄한 사각형 (▭)모양으로 전력을 消費하고 있다.

따라서 產業用 構成比가 크면 클수록 負荷率은 좋아지고 그것이 작아지면 負荷率은 악화 된다(표-4). 향후 產業用 構成比가 下向될 추세에서 이에 따라 負荷率은 下向될 展望이다.

(3) 照明電力

負荷를 照明用負荷와 그 외의 負荷 (power 라 칭한다) 로 구분할때 POWER 는 그부하가 전시간 대로 분산되는 반면 조명부하는 일몰후 초저녁에 집중되는 특성을 가지고 있다. 전시간대로 분산되는 POWER 는 경제성장 또는 소득증가와 밀접한 관계가 있다고할 때 조명부하는 인구증가율 또는 주택보급율과 함수관계가 있다고 할 수 있다. 그리고 조명부하는 일정한 포화수준에 이르면 국민소득 향상과 비례하여 계속적으로 증가하지는 않는다.

따라서 70년대와 같이 경제성장율이 주택보급율을 앞지르는 기간동안은 POWER 부하 증가율이 조명부하 증가율보다 크므로 부하율이 좋아졌다고 볼 수 있다.

(4) 季節別 消費指數

負荷는 時間帶別, 日型別, 季節別로 변화하며 그중 季節別 변화는 年負荷率과 밀접한 관계가 있다(表-9).

(i) 家庭用 消費指數를 살펴보면 80 年 이후 여름철(8월) 消費指數가 겨울철(1월) 보다 큼을 볼 수 있는데 이러한 현상은 보급된 家電機器중 선풍기, 냉장고, Air-Con 및 세탁기 등이 季節的 要因에 의하여 하기에 더욱 가동되고 있으며 향후 經済成長에 따른 가전제품의 보급율 확대로 인하여 夏季에 負荷가 集中되리라 예상되므로 負荷率이 減少됨을 예측할 수 있다.

(ii)商業用 消費指數를 살펴보면 83 년이후 夏季와 冬季差異가 점점 심화되고 있음을 알 수 있는데 이는 商業用에 사용되는 전력유형이 주로 동절기에는 빌딩의 난방및 온수공급을 위하여 소비되며 하절기에는 냉방용으로 소비되는 양으로 구분할 수 있는데 동절기의 난방부하는 주로 석탄, 석유, 가스등의 1차 에너지에 의존하고 있으며 아직은 전기에너지로의 대체에 대한 경제성이 부족한데 반해 하절기의 냉방부하는 전기의 직접사용에 의한 것이라 볼 수 있으므로, 매년 消費指數의 차가 증가하리라 예상할 수 있고, 그로 인하여 負荷率은 더욱 減少할 것이다.

(iii) 產業用 消費指數를 살펴보면 83 년도부터 夏季(8월) 消費指數가 점점 늘어나고있는 것을 발견할 수 있다. 이렇게 8월 消費指數가 증가하는 추이는 산업구조의 변화에 따른 정밀, 첨단기기의 활용에 의한 제품생산과 산업용 부품의 기기보호를 위한 Air-Con 의 증가이며, 이것도 負荷率을 감소시키는 한요인이 된다고 판단된다.

表-9 季節別 消費指數와 負荷率

年度	家庭用 消費指數		商業用 消費指數		產業用 消費指數		負荷率 (%)
	1 월	8 월	1 월	8 월	1 월	8 월	
70	125	80	90	105	94	103	69.3
75	114	94	100	112	90	104	67.6
80	100	110	105	109	100	99	77.7
83	89	130	97	121	92	105	73.4
84	91	134	97	123	94	107	69.5

(5) 料金制度

(i) 피크料金制度는 77년 12 월 1일 부터 계약최대 전력 500KW 이상 산업용 수용가에 대하여 부하 평준화를 유도하기 위하여 실시하였는데 이것은 76년 年負荷率 69.1%에서 77年 年負荷率을 72.5%로 성장시키는 효과를 가져왔다. 또한 80 년 3월 1일부터는 300KW이상 수용가에 까지 最大需要調節料金制를 확대실시하므로써 年負荷率을 79 년에는 75.9%로 80 년에는 77.7%로 향상 시켰다(그림-2).

이는 전기요금에 의한 부하을 조정 가능성을 보여준다. 다만, 초저녁 피크가 낮 피크로 옮겨가면서 피크요금제도의 탄력성이 감소되고 있으므로 피크부하시간대의 개편이 요망된다.

(ii)遞增制 料金制度는 73 년말 석유파동 이후의 에너지절약 방안으로 서민생활의 부담을 경감하고 고소득층의 전력사용을 억제할 의도로 실시하고 있는데, 이것은 부하율이나 이용율 향상에는 효과를 발견할 수 없다.

(iii) 夏季負荷 料金制度는 하계 피크부하를 낮추기 위하여 85년 여름부터 전년도 7,8 월중 최대수요전력 대비 50%이상 부하조절이 가능한 수용으로서 계약최대전력이 500KW이상인 수용가를 대상으로 적용하고 있다. 이제도가 부하율에 미치는 영향은 아직 불분명하다.

(iV)深夜電氣 料金割引制度는 72년에 심야잉여련력의 판매를 촉진하기 위해 신설되었고, 85년부터는 蓄熱式 電氣溫水器등의 심야부하에 대하여는 특별 할인요금 41.98(원/KWH) 을 적용하고 있다. 이제도는 表-10 과 같이 아직은 경제성의 부족으로 확대보급이 부진한 실정이나 深夜基底負荷를 유지하여 계통운용을 원활히 하고 부하율을 향상 시킨다는 측면에서 더 강화할 필요가 있겠다.

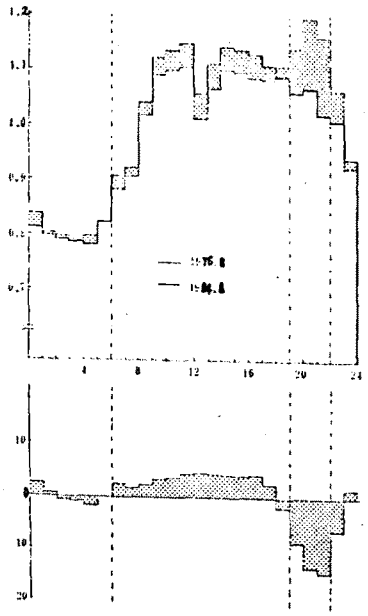

그림-2. 最大負荷 料率制의 效果

表-10 深夜使用 蓄熱式 電氣溫水器 經濟性 檢討('85年 11月 10日 基準)

燃料別	發熱量 (1)	單位當價格 (消費者價格) (2)	電氣 1 KWH에 該當하는 各燃料의 量 [860/(1)] (3)	價格 [(2)×(3)] (4)	費用比較 (%) [(4)/46.17] (5)	效率 (6)	效率을 考慮했을 때의 費用比較 [$\frac{(5)}{(6)}$×0.88] (7)
電氣	860 Kcal/KWH	46.17원/KWH	1 KWH	46.17원	100	0.88	100
B-C油	9,900 Kcal/ℓ	139.81원/ℓ	86.869 mℓ	12.15원	26	0.65	35
燈油	9,200 Kcal/ℓ	230.00원/ℓ	93.478 mℓ	21.50원	47	0.65	64
都市가스 (프로판)	2,000 Kcal/kg	267.52원/kg	71.667 mℓ	19.17원	42	0.7	53
無煙炭	4,600 Kcal/kg	47.22원/kg	186.957 mℓ	8.83원	19	0.6	28

(6) 揚水發電

揚水發電은 연료비가 저렴한 원자력, 석탄등의 기저발전중에서 심야전력을 충족시키고 남은 전력을이용하여 양수를 하고 주간 또는 초저녁의 피크시에 끌어올려진 물을 사용하여 수력발전을 함으로서 피크전력부하를 충족시키는 것이다. 즉, 기저발전 시설과잉으로 남아도는 심야전력을 이용함으로서 계통부하율을 향상시키는 결과가 될 뿐만 아니라 일 최대부하 시간대에 양수발전을 함으로서 한전의 발전비용을 감소하려한 것이다.

79년 200MW 용량의 청평 양수 발전시설이 가동되기 시작했고 80 년에는 200MW 가 추가되었다. 80 년말에는 600MW 의 삼랑진 양수 발전 시설이 가동되기 시작했다.

表-11 과 같이 淸平의 400MW 양수발전이 계통부하율 향상에 미친 영향은 82 년부터 85 년까지 년 0.71%에 0.91% 였으며 1000MW가 되는 86 년 이후에는 약 1.6 ~ 2% 정도 본계통 부하율 향상에 기여할 수 있을 것이다.

表-11 揚水電力이 負荷率에 미친 影響

區分 / 年度	平均電力 (Mw)		負荷率 (%)			揚水施設 (Mw)
	全體	揚水[1]	全體	揚水	揚水除外	
1979	4,064	11	75.92	0.21	75.71	200
1980	4,239	11	77.68	0.21	77.47	400
1981	4,590	18	74.71	0.29	74.42	400
1982	4,923	48	73.91	0.71	73.20	400
1983	5,577	70	73.36	0.91	72.45	400
1984	6,126	65	69.53	0.74	68.79	400
1985	6,622	77	70.83	0.82	70.01	400
1986	7,289	163	72.10	1.61	70.49	1,000

(7) 負荷制限

64년 4월 1일 제한송전의 전면적 해제이후 각종 가정용 전기기기와 전열기의 급속한 보급, 산업건설과 수출산업의 진흥, 중소기업의 활발한 가동은 전력수요의 급격한 성장을 가져왔고 전력수요량에 비하여 공급양의 부족으로 인하여 67년6 월 19 ~ 7 월 5일, 67년9 월 2일 ~ 68. 7.19 에 나누어서 송전제한 부하제한을 실시하였다. 부하제한은 최대부하를 억제하게 되므로 65 년에 가장 낮은 부하율 61.6% 에서 67년도에 72.0%로 증가를 가져왔고, 68년도 하반기에 부하제한 해제로 최대부하가 성장되어 년평균 負荷率은 63.5%로 다시 하락을 가져왔으며, 74년 9월 ~ 77 년12월까지 공급능력부족에 의한 부하제한 운동은 매년평균 6.7%씩 부하율 상승을 가져왔다. 역시 에너지 파동에 의하여 73 년 12 월부터 실시한 절전운동은 지속적인 부하율 상향을 유도 하였다.

이는 송전제한 (부하제한) 으로 負荷率을 조정할 수 있다는 것을 보여주는 예이며 최대전력수요 예상시간대에 부하제한을 함으로써 부하율을 높게 조절할 수 있을 것이다.

4. 結 論

年負荷率의 변화추이를 살펴보고 부하율 변화 요인을 분석해 본 결과 특별한 대책이 없는한 負荷率은 계속 저하 될 전망이다.

최대부하의 억제와 부하평준화로 계통설비 투자의 절감과 효율적운영을 기하기 위하여, 料金制度와 深夜負荷創出, 負荷制御등의 負荷管理(load management)에 대하여 지속적인 연구와 효과적인 負荷率 개선 대책이 요망된다.

參考文獻

1) R.L Sullivan ; Power System Planning, McGraw Hill , 1977
2) 經營統計, 1985年度版, 韓國電力公社
3) 韓國電力 20年史, 韓國電力(株), 1981
4) 曺圭昇, 尹甲求 ; 電力負荷平準化 方案, 大韓電氣學會 85 年度 夏季學術會議 論文集, PP. 144 ~ 147
5) 電力負荷予測 및 管理方案硏究, 韓國產業經濟硏究院, 1986.5