

거시적 방법을 이용한 지역별 정전비용 평가

(Assessment of Customer Interruption Cost by Regional Groups for Macro Approach)

박충열* · 허창수

(Choong-Yeul Park · Chang-Su Huh)

요 약

최근의 전기사업은 전력산업 구조개편과 맞물려 전력계통의 공급신뢰도가 큰 문제로 대두되고 있다. 또한 에너지-산업 간의 경쟁 심화로 공급자 측에서의 공급신뢰도와 관련된 환경조건 변화가 고려되어야 한다. 즉 다른 에너지와의 요금 격차로 인해 수용가가 전력에너지를 타 에너지로 변환할 가능성이 있어 전력공급 신뢰도의 일률적 향상은 반드시 필수적인 전략이라고 말할 수 없기 때문에 이와 같은 문제점에 효율적으로 대처하기 위해서는 수용가의 공급신뢰도와 정전비용에 대한 반응을 감지할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 대내외적인 환경에 대처하기 위해 매크로 접근방법을 이용하여 국내 각 지역별로 수용가 정전비용을 년도별로 평가하였다. 즉 각 시도별로 공공용, 서비스업, 농림·어업, 광업, 제조업, 주택용 수용가에 대해 수용가 정전비용과 전기요금 단가에 대한 비율을 평가하였다.

Abstract

Reliability of electric power supply by power system becomes major issue as the electric power industry is recently being regulated. Also a change of environmental condition related to power supply reliability should be considered in the view of power supplier since the competition between energy-industries is strengthen. In other words, because customers may choose other energy source instead of electric power due to an expensive energy charge, enhancing recklessly the reliability of power supply might not be an essential strategy. So to effectively cope with this problem, it is necessary to perceive the reaction of customers against power supply reliability and interruption cost. This paper evaluates the annual interruption costs of customers by regional groups in Korea using a macro approach to cope with these internal and external environment. That is, the each ratio of customer's interruption costs to price of electric power charge is evaluated for public, service, agricultural, fishery, mining, manufactural, and residential consumption by every cities and provinces.

Key Words : Customer Interruption Cost. Macro Approach Methodology. Average Revenues per Electric Energy

* 주저자 : 인하대학교 대학원 전기공학과
Tel : 031-420-6110, Fax : 031-420-6029
E-mail : nanany21@hanmail.net
접수일자 : 2004년 9월 21일
1차심사 : 2004년 9월 23일
2차심사 : 2004년 10월 25일
심사완료 : 2004년 10월 28일

1. 서 론

국내에서는 전력산업의 경쟁력을 높이고 전기사용자에 대한 서비스수준을 향상시킴으로써 전력산

업의 발전을 위해 전력산업 구조개편 촉진에 관한 법이 제정되고 전력사업에 대한 일반의 관심이 고조됨에 따라 전력계통 설비의 새로운 계획이나 운용을 실시할 경우 동반되는 장점을 수용가 측에서 다양하게 평가하는 검토가 매우 중요한 사항으로 인식되고 있다. 예로서 계통설비 계획 실시에 따른 주된 장점은 공급신뢰도의 향상을 들 수 있지만 또 다른 면에서 설비투자에 의한 전기요금의 인상 등 수용가의 부담이 늘어나는 단점도 있다. 설비투자에 의한 공급신뢰도의 향상이 수용가의 정전비용감소를 촉진시키므로 이를 어떠한 방법으로 정량화하느냐가 수용가 측에서 계통설비계획의 경제적 평가가 가능할 것으로 판단된다[1][2][3]. 이 같이 수용가 측을 포함한 전력의 공급과 설비계획의 평가는 계획에서 매우 중요한 사항이 될 것으로 예상된다[4][5][6].

본 논문에서는 국내 수용가에 대해 정전으로 인한 수용가 정전비용을 평가하기 위해 국내 지역별수용가 표본으로 통계자료조사를 실시하였다. 국내 각 지역을 대도시지역과 중소도시지역으로 구분하여 지역별부가가치(GRDP)와 판매 전력량, 용도별 정전비용과 전기판매 단가 비율에 대한 분석을 하였다. 이 현황은 연구를 위한 조사의 일부분이며 통계자료를 활용하는 방법론을 제시 하는 것이다.

2. 본 론

2.1 정전비용 평가 필요성

주요선진국의 전력공급 신뢰도수준은 상당히 높은 편이다. 국내의 전기사업에서 공급신뢰도를 현재보다도 높게 되면 전력설비 증강을 위한 필요 투자금액은 점점 더 높아진다. 그러나 필요한 투자 금액과 비교하여 공급 신뢰도 수준의 향상으로부터 얻는 수용가의 장점은 반드시 크지 않을 수도 있다. 설비 증강을 위한 투자의 확대는 전기사업의 총 원가를 증대시켜 수용가가 부담하여야 할 전기요금의 인상을 초래하기 때문이다. 그러므로 공급신뢰도를 향상시켰을 때, 수용가 측면에서의 장점과 공급비용 증대의 균형 관계를 고려하면 전력설비의 계획과 운용의 중요한 요인이 될 수 있다. 전력의 공급비용과 공급지장에 따르는 수용가의 전체적인 비용부담을

최소로 하기 위한 전력공급설비의 규모수준을 고려하여 계획수립을 해야 한다. 최적의 투자규모를 선정하기 위해서는 공급지장비용과 공급비용의 산출이 가능하게 된다. 이것은 경제적발전의 기반이라 하겠으며 이것의 적정성은 그림1과 같은 최적 점을 산출하고 있으며 이는 수용가의 종류, 정전지속시간, 정전빈도, 발생시간대, 지역적인 차이 등에서도 편차가 나타날 수가 있지만 그림 1의 표현은 가장 합리적인 분석의 결과표현이다[6]. 이를 위해서는 수용가 정전비용을 검토하여 평가할 필요성이 있다.

2.2. 정전비용 산출방법

수용가 정전비용의 평가에 대해서는 스웨덴에서의 조사를 시작으로 영국, 프랑스, 이탈리아, 캐나다, 미국, 일본 등에서 현재도 연구를 계속하고 있다. 이와 같은 정전손실비용을 평가하는 방법은 다양하지만 크게 나누어 다음과 같이 2가지로 분류할 수 있다. 즉 식 (1)과 같이 정전비용을 국민 경제 전체와 관련시켜 평가하는 거시적 접근방법(macro approach)이 있고 개별수용가를 대상으로 설문조사에 의한 수용가 종별 형태로 정전 비용을 산출하는 미시적 접근방법(micro approach)이 있다.

$$\text{공급지장비용} = \frac{\text{GDP(원)}}{\text{연간사용전력량}(kWh)} \quad (1)$$

거시적 접근 방법은 정전 발생으로 인해 경제 활동이 그 만큼 정지되어 발생하는 손실에 착안하였다. 이 관계를 식 (1)로 표시하였듯이 GDP를 총 전력사용량으로 나누어 국내의 전체적인 정전비용을 나타낸 것으로 이 방법을 거시적 정전비용 산출이라 하며, 이 방법보다도 세분화한 형태로는 경제활동 관련 표를 이용하여 경제활동 각 부분마다의 부가가치를 그 투입 전력량으로 나누어 각 부분의 정전비용을 산출하는 방법도 있다. 이 방법은 객관적인 통계의 평균적인 의미에서 그 지역의 정전비용을 전체 혹은 부분별로 구할 수 있다는 면에서 장점이 있다. 그러나 개별 수용가의 정전비용을 여기서 얻은 값으로 평가하는 것은 손실부분에서 제외된 것이 많아 세분화된 것으로 인정하기는 어렵다.

미시적인 방법은 일반적으로 개별 수용가를 그룹

거시적 방법을 이용한 지역별 정전비용 평가

으로 편성하여 정전비용의 산출이 가능하지만 설문 조사에서 얻어지는 결과의 객관성 측면에서 세부적인 손실모두를 산정하지는 못한다. 따라서 조사결과와 객관성과 공정성을 입증하기 위해 광범위하고 대규모적인 조사를 체계적으로 시행하여 종합적인 분석이 필요하다. 실제로 스웨덴, 영국, 프랑스, 미국, 캐나다, 일본 등에서는 대규모 실태 조사를 근거로 정전비용의 산출을 행하고 있다.

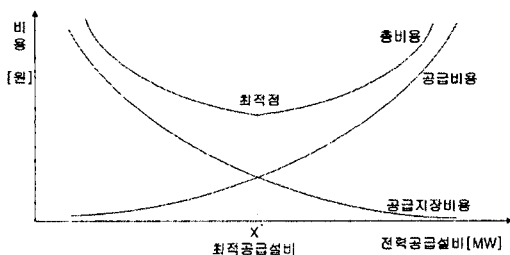


그림 1. 정전비용과 공급비용과의 관계
Fig. 1. compare of outage cost and power supply cost

2.3 정전비용 분석 및 평가

수용가에 대한 정전비용의 추정은 각 국가별로 다르기 때문에 일률적인 기준으로 적용하기는 여러 부분에서 공통점이 부족하다. 따라서 본 논문에서는 국내 각 지역별로 단위 지역 내의 총생산 지수(GRDP)와 전력판매량을 이용하여 각 지역별 연도별로 수용가의 업종별 정전손실비용과 전기요금 단가에 대한 비율을 평가하였다. 거시적인 방법으로서 국내 총생산(GDP)과 전력판매량을 식 (1)을 이용하여 계산하고 정전비용을 산출하였는데 2002년 기준으로 2,463[원/kWh]로 산정되었다. 이를 동년도의 수용가 전기요금 단가(74[원/kWh])의 비율로 평가하면 수용가 전기요금 기준과 비교하면 약 33배가 된다.

식 (1)은 국내 전체의 거시적정전비용 산출 식이지만 지역별로 세분화 계산식은 식 (2)를 적용하여 산출하였다 식 (2)는 각 지역의 지역총생산지수와 지역의 총 사용전력량과의 관계식으로 나타낸 것이다.

$$\text{지역별정전비용} = \frac{\text{지역별 총생산 지수}}{\text{지역별 사용전력량}} \quad (2)$$

지역별 총생산지수 GRDP(Gross Regional Domestic Product)은 해당지역의 부가가치로서 지역별 경제지표이다 다음 표 1에서는 2002년 기준으로 지역별로 거시적인 방법으로 산출한 수용가 정전비용과 전기요금 단가(revenues per [kWh] sold)에 대한 비율을 나타 내었다. 또한 표 2에서는 1996년부터 2002년까지 약 7년을 거시적인 방법으로 산출한 연도별 수용가 정전비용과 전기요금 단가(revenues per [kWh] sold)에 대한 비율을 나타낸 것이다.

표 1에 제시한 통계를 그림 2의 도표로 표시하였는데 지역별로 수용가 정전비용을 분석한 결과는 다음과 같다. 즉 전체적으로 경상남도를 제외한 모든 시도에 대해 연도별로 수용가 정전비용과 전기 판매 단가 비율이 감소함을 알 수 있었으며 지역별로 수용가 정전비용과 전기요금 단가 비율을 분석해본 결과 서울, 부산, 광주, 대전 등 광역시 지역과 경기도 및 제주도 지역이 높고 강원도와 경상북도가 제일 낮음을 알 수 있었다.

또한 우리나라 전 지역에 대하여 수용가 정전비용과 전기요금 단가 비율은 거의 같은 형태를 취하고 있으며 전체적으로 보면 대도시 지역의 수용가 정전비용이 높고 인구 밀도가 낮을수록 수용가 정전비용이 낮은 편임을 알 수 있었다.

서울을 비롯한 7대 광역시의 수용가 정전비용 평균은 2,463[원/kWh]로서 경기도를 비롯한 나머지 9개도의 수용가 정전비용 평균 1,866[원/kWh] 보다 상대적으로 높게 평가됨을 알 수 있었으며 광역시 중에서 수용가 정전비용을 살펴보면, 서울, 광주, 부산광역시의 순으로 수용가 정전비용이 높게 평가되었고 울산, 인천, 대구광역시의 수용가 정전비용이 상대적으로 낮게 평가되었다. 그리고 도내에서의 수용가 정전비용은 전남도가 가장 높고 다음으로 경북, 강원, 충북, 인천 순이며 강원도와 전남이 제일 낮은 것으로 평가되었다. 또한 전 지역에 대하여 수용가 정전비용과 전기요금 단가 비율은 거의 같은 형태이다.

한편 수용가 정전비용을 세분화하여 경제활동별로 정전비용을 평가하기 위해서 GDP와 전력판매량의 집계를 경제활동별로 구분하여 전개하면 다음 식 (3)을 적용할 수 있다.

$$\text{경제활동별 정전비용} = \frac{\text{경제활동별 부가가치}}{\text{경제활동별 투입 전력량}} \quad (3)$$

표 1. 지역별 정전비용과 전기요금 비율(2002)
Table1. Interruption cost and ratio to the average revenues per electric energy sold by cities and provinces(2002)

지역명	지역별GDP (십억원)	소비전력량 ([MWh])	공급지장비용 ([원/kWh])
서울	168,143	34,882,647	4,820
광주	14,930	5,090,958	2,933
제주	6,302	2,174,770	2,898
부산	40,193	14,270,036	2,722
대전	16,046	6,210,506	2,584
경기	132,713	53,908,880	2,462
충남	34,395	15,447,796	2,227
경남	45,639	20,144,321	2,142
대구	23,438	11,219,611	2,089
인천	33,392	16,099,983	1,973
전북	21,279	12,019,475	1,770
충북	21,500	12,685,134	1,695
울산	33,172	18,825,229	1,639
강원	18,609	11,105,285	1,564
경북	44,021	28,289,834	1,556
전남	32,172	16,076,907	1,408
계	685,944	278,451,372	2,463

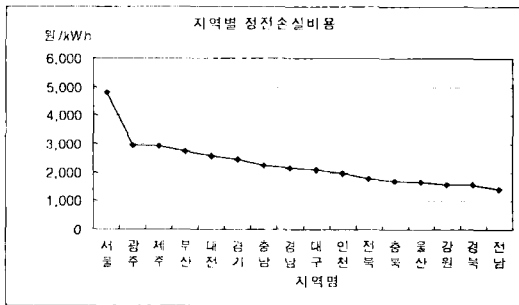


그림 2. 지역별 정전손실비용(2002)
Fig. 2. Interruption cost and ratio to the average revenues (2002)

본 논문에서는 식 (3)을 이용하여 경제활동별로 수용가 업종별을 공공용, 서비스업, 농림·어업, 광업, 제조업, 주택용으로 구분하여 수용가 정전비용

산출을 국내생산 활동에서 발생한 재화·서비스로부터 원자재의 중간투입을 제외한 부가가치를 정의하여 각 업종별 산업관련 표에 의거하여 공공용과 상업용 각 부분의 지역 내 총생산(부가가치)을 이용하여 산출 하였다. 한편 주택용 수용가의 정전비용은 정전으로 인해 가사노동중단을 가정하여 일반 전업주부의 월정급여로 산출하였다. 이것은 한국여성개발원의 조사 자료에 가사노동인구는 2002년 기준으로 약 704.7만 명이며 이들의 가사노동에 대한 가치를 월평균 102만원으로 산출하여 총 연간 약 72조 원으로 평가하였다. 또한 공공용, 서비스업 수용가의 업종 분류를 고려하여 서비스업의 경우는 「도·소매업, 「음식숙박업, 「운수창고, 「통신업, 「금융보험업, 「부동산사업서비스, 「사회 및 개인서비스」 등을 포함하고 그리고 공공용의 경우는 일반 공공행정으로 구분하였다. 표 2는 수용가 업종별로 2002년을 기준으로 판매 전력량과 지역 내 총생산(GRDP)으로 산출한 정전비용 단가추정치를 도시하였다. 표 3에서 표 8까지는 전국의 업종별로 평가된 수용가 정전비용 추이를 년도별로 나타낸 것이고 이는 식 (3)을 적용하여 계산한 것이고. 표 2 에서 표.8까지 알 수 있듯이 업종별 수용가 정전 비용을 분석하여 보면 공공업과 농림·어업 그리고 서비스업 수용가에 대한 정전비용은 전반적으로 감소함을 알 수 있으며 광업 수용가는 다소 감소하는 추세이며 제조업 수용가는 다소 증가하는 추세 그리고 마지막으로 주택용 수용가는 큰 변화가 없음을 알 수 있었다. 공공업과 농림·어업 그리고 서비스업 수용가의 정전비용 감소는 에너지 절약에 따른 전력소비 절감 효과에 기인한 것으로 판단된다.

표 2. 수용가 증별 정전비용(2002)
Table2. Interruption cost by customer type(2002)

수용가 종별형태	부가가치 (십억 원)	판매전력량 (MWh)	정전비용 ([원/kWh])	전기요금 비율
공공용	18,011	10,533,620	1,710	17
서비스업	274,362	81,185,694	3,379	33
농림어업	23,177	6,155,730	3,765	89
광업	1,024	1,155,181	887	15
제조업	192,049	137,142,847	1,400	24
주택용	71,884	42,278,299	1,700	20

거시적 방법을 이용한 지역별 정전비용 평가

표 3. 공공용 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 3. Interruption cost of public customer

년도	GDP (십억원)	판매전력량 (MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단가비율
02	18,011	10,533,620	1,710	103	17
01	17,585	9,424,826	1,866	108	17
00	15,540	8,663,193	1,794	106	17
99	15,041	7,866,389	1,912	102	19
98	13,873	7,049,781	1,968	104	19
97	13,875	6,844,204	2,027	93	22
96	12,786	5,981,591	2,138	90	24

표 4. 서비스업 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 4. Interruption cost of service customer

년도	GDP (십억원)	판매전력량 (MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단가비율
02	274,362	81,185,694	3,379	103	33
01	242,642	73,303,991	3,310	108	31
00	222,694	61,510,202	3,620	106	34
99	208,118	50,908,846	4,088	102	40
98	185,023	44,679,883	4,141	104	40
97	189,164	45,040,891	4,200	93	45
96	174,592	39,109,190	4,464	90	49

표 5. 농림·어업 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 5. Interruption cost of Agriculture fishery customer

년도	GDP (십억원)	판매 전력량(MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단 가 비율
02	23,177	6,155,730	3,765	42	89
01	23,720	5,985,147	3,963	44	91
00	22,687	5,305,632	4,276	43	99
99	24,909	4,571,842	5,448	44	124
98	22,054	4,023,752	5,481	44	124
97	23,109	4,175,854	5,534	39	142
96	23,500	3,856,941	6,093	37	164

표 6. 광업 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 6. Interruption cost of mining customer

년도	GDP (십억원)	판매 전력량(MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단 가 비율
02	1,024	1,155,181	887	59	15
01	941	1,074,284	876	62	14
00	945	1,002,567	942	58	16
99	897	951,721	942	55	17
98	922	973,398	947	55	17
97	1,105	1,000,118	1,105	50	22
96	1,192	1,049,135	1,136	48	23

표 7. 제조업 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 7. Interruption cost of manufacturing customer

년도	GDP (십억원)	판매 전력량(MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단 가 비율
02	192,049	137,142,847	1,400	59	24
01	179,620	128,731,878	1,395	62	23
00	175,079	125,951,581	1,390	58	24
99	158,175	115,335,412	1,371	55	25
98	138,501	103,830,923	1,334	55	24
97	133,568	111,207,207	1,201	50	24
96	121,188	101,831,040	1,190	48	25

표 8. 주택용 수용가 정전비용 추이(전국합산)

Table 8. Interruption cost of residential customer

년도	GDP (십억원)	판매 전력량(MWh)	정전비용 ([원/kWh])	판매 단가(원)	판매 단 가 비율
02	71,884	42,278,299	1,700	87	20
01	68,932	39,211,228	1,758	92	19
00	66,099	37,102,311	1,782	95	19
99	60,399	34,580,681	1,747	96	18
98	53,494	32,912,601	1,625	97	17
97	57,740	32,515,353	1,776	92	19
96	55,026	30,642,477	1,796	89	20

3. 결 론

본 논문에서는 국내 수용가 정전손실비용에 대하여 거시적인 접근방법을 적용하였다. 각각의 지역 총생산량과 지역의 총 전기사용량으로 수용가 정전비용을 평가하는 방법으로 가능한 한 유효성이 높은 결과를 도출하기 위해서이다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

① 경상남도를 제외한 모든 시도에 대해 년도별로 수용가 정전비용과 전기 판매 단가 비율이 감소함을 알 수 있고,

② 지역별로 수용가 정전비용과 전기요금 단가 비율을 분석해본 결과 서울, 부산, 광주, 대전 등 대도시 지역과 경기도와 제주도 지역이 높고 강원도와 경상북도가 제일 낮다.

③ 정전비용과 전기요금 단가비율은 비슷하고 전체적으로 대도시 지역의 정전비용이 높고 인구 밀도가 낮을수록 정전비용이 낮다.

④ 7대 광역시의 정전비용평균은 2,463[원/kWh]

으로서 경기도와 9개도의 정전비용평균 1,866[원 /kWh] 보다 높음을 알 수 있었다.

⑤ 전 지역에 대하여 정전비용과 전기요금 단가 비율은 비슷하다.

⑥ 정전비용이 높은 업종은 농림·어업, 서비스업 등이며 정전 비용이 낮은 업종은 광업, 제조업이다.

⑦ 전자의 경우에는 원자재와 같은 자본설비의 손실이 크지 않으나 부가가치의 손실에 의한 발생비용이 커서 정전비용이 높다. 또한 후자의 경우에는 부가가치에 의한 손실이 적으나 원자재 및 자본설비손실이 커서 발생하는 비용이 크다.

⑧ 정전비용을 요금단가비율로 보면, 약 15~89배 정도가 된다. 농림·어업의 정전비용과 전기요금비율이 높은 것은 판매단가가 다른 업종에 비해 매우 낮기 때문으로 분석된다.

References

- [1] R. Billinton, J. Oteng-Adjei, R. Chaja, "Comparison of Two Alternative Method to Establish on Interrupted Energy Assessment Rate", IEEE, Trans. On Power Systems, Vol. PWRS-2, No. 3, 1987.
- [2] M.J.Sullivan, "Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 11, No. 2, 1996.
- [3] Koichi Nakamura, Susumu Yamashiro, "A Survey Study on Estimation of Customer Interruption Costs", T. IEE Japan, Vol. 119-B, No. 2, 1999.
- [4] Koichi Nakamura, Susumu Yamashiro, "A Study on the Estimation of Power System Reliability taking into account Interruption Costs", PE-97-61.
- [5] Sandra Burns and George Gross "Value of Service Reliability" IEEE Transactions on Power Systems, Vol5 No3 August 1990.
- [6] Power Systems Research Group "Assessment of Reliability Worth in Electric Power systems in Canada" Reprinted with amendments January 1994.

◇ 저자소개 ◇

박충열 (朴忠烈)

1944년 11월 17일생. 1975년 9월 연세대 대학원 전기과 졸업(석사). 1981년 6월~현재 한국전기연구원 책임기술원. 2002년 2월 인하대 대학원수료(박사과정).

허창수 (許昌洙)

1955년 1월 27일생. 1981년 인하대 전기과 졸업. 1983년 동 대학원 전기과 졸업(석사). 1987년 동대학 대학원 졸업(박사). 1983~1993년 한국전기연구소 기능재료연구실장. 1997~1998년 미국컷넷티켓대학 교환교수. 현재 인하대 전기공학과 교수.