

거시적인 접근방법을 통한 공급지장비 추정에 관한 연구

논 문
59-10-1

A Study on the Outage Cost Assessment by using Macro Approach

박 영 신* · 전 동 훈** · 박 정 제*** · 오 태 곤§ · 조 경 회§ · 최 재 석†
(Young-Shin Park · Dong-Hoon Jeon · Jeong-Je Park · Tae-Gon Oh ·
Kyeong-Hee Cho · Jae-Seok Choi)

Abstract - Electric power utilities are facing increasing uncertainties regarding the economic, political, societal, environmental constraints under they operate and plan their future systems. The utilities have to integrate consumers' interruption cost representing reliability worth of electricity into the process of determining the optimum investment level. In order to do so, the estimated outage cost must be included into quantitative index corresponding to system capital and operation investment cost to establish an optimal expansion plan. This paper is a study on the outage cost assessment by using macro approach for calculating IEAR(Interrupted Energy Assessment Rates) and the TRELSS(Transmission Reliability Evaluation for Large-Scale Systems) program was used to calculate EENS(Expected Energy Not Served).

Key Words : Outage cost, IEAR(Interrupted Energy Assessment Rates), TRELSS

1. 서 론

전력계통의 기본적인 기능은 전력을 안정적이고 지속적으로 수송가에 공급을 하는 것이며, 이를 위해서 설비확충, 즉 계통계획은 아주 중요한 문제 중의 하나이다. 하지만 과도한 설비확충은 그 여분의 설비비용을 수송가가 전력요금으로 부담해야 하며, 설비가 부족 할 때는 정전 등에 의한 공급지장으로 수송가가 손해를 보게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 계통계획시 계통의 안정도 및 신뢰도와 함께 그 경제성 평가도 중요해지고 있다. 위와같은 이유로 계통계획의 경제성 평가에서 기존의 투자비 및 손실비, 혼잡비평가 뿐만 아니라 공급지장비까지 감안한 경제성 평가가 필요하다[1][2].

공급지장비추정에 관한 연구는 1940년대부터 스웨덴에서 설문조사방법으로 실시하여 왔으며 영국에서는 H.J.Sheppard 등이 1967년에 시도되었다. 1977년 7월 미국 뉴욕 대정전사고 이래 공급지장비추정에 대한 연구의 중요성이 크게 부각되면서 이 분야에 수많은 연구가 진행되었으며, 미시적 접근법인 설문조사방법에 의하여 SCDF(sector customer damage functions) 나 CCDF(Composite customer damage functions)

곡선을 작성하고 이를 통계처리하여 각 부하지점별 공급지장비를 추정하는 방법에 관한 연구가 수행되었다[8]-[9].

국내에서는 최근 직접 손실액 산정 평가 방법을 이용하여 직접 방문 조사를 통해 산업용 수송가 종별로 전력공급 서비스 품질 및 정전 비용 데이터를 평가 분석한 연구가 수행되었다. 또한 이 설문조사를 통해 얻어진 조사결과를 계층화 의사결정법(AHP; Analytic Hierarchy Process)를 이용하여 최적의 공급지장비용 함수(SCDF; Sector Customer Damage Function)를 작성하고 이를 바탕으로 공급지장비를 산정한 연구가 발표되었다[10][11]. 하지만 설문조사방법으로는 미래의 공급지장비를 추정하는데 어려운 점이 있다.

본 논문에서는 거시적인 접근방법을 이용하여 과거의 공급지장비 단가를 산정하고 이를 회귀분석을 통해 미래의 공급지장비단가를 추정한다. 이 결과와 TRELSS프로그램을 이용해서 얻은 공급지장전력량을 곱하여 주어진 계통계획안별 연간 공급지장비를 추정하는 방법을 제안한다. 이는 계통 계획안별 공급지장비를 산정하여 보다 합리적이고 경제적으로 계통계획을 하는데 도움을 줄 것으로 기대된다. 사례연구로서 제 4차 수급계획의 계통데이터를 이용하여 미래의 연간 공급지장비를 추정하여 보았다.

2. 거시적인 접근방법을 통한 공급지장비단가 추정방법

공급지장비단가를 추정하는 방법은 그림 1에서 보는바와 같이 크게 3가지로 분류 할 수 있다. 하나는 공급지장비용을 국가경제 전체와 연관해서 포괄하는 거시적인 접근방법이며, 또 하나는 개개의 고객을 대상으로 주로 설문조사 등을 기초로 고객의 종별 정전비용을 추정하는 미시적 접근방법이 있다. 그 밖에 거시적 및 미시적인 접근방법에 의한

* 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 책임연구원

** 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

*** 정 회 원 : 경상대 공대 전기공학과 박사과정

§ 준 회 원 : 경상대 공대 전기공학과 석사과정

† 교신저자, 시니어회원 : 경상대 전기공학과 정교수 · 공박
경상대 공학연구원 연구원

E-mail : jschoi@gnu.ac.kr

접수일자 : 2010년 4월 29일

최종완료 : 2010년 8월 31일

자료들을 토대로 하여 수학적으로 해석하여 보는 해석적 접근방법이 있다.

본 논문에서는 그림 2에서 보는바와 같이 공급지장이 발생 하였을 때 경제활동이 그 만큼 정지하여 생산되어야 할 경제적 가치가 상실된다는 점에 착안한 경우이다.

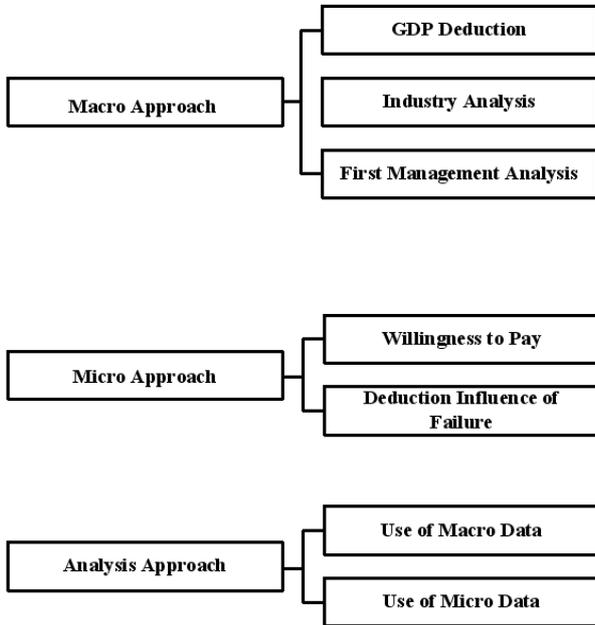


그림 1 공급지장비용의 추정 방법
Fig. 1 Methods for the outage cost assessment

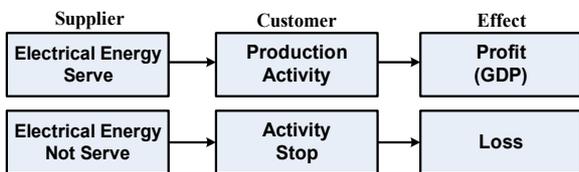


그림 2 거시적인 접근방법의 개념
Fig. 2 Concept of the macro approach for outage cost assessment

이와 같은 방법은 극히 개략적으로 포괄하는 방법이지만 하나 객관적인 자료를 기초로 해서 평균적인 의미에서 국가 전체 또는 지역별, 부문별로 공급지장비단가를 추정하는 것이다. 공급지장비용(정전비용)을 거시적인 접근방법으로 구하는 방법 중 대표적인 것이 아래식처럼 국내총생산(GDP)을 총 전력수요량(EED)으로 나누어 그 비율로 결정하는 방법이다.

$$IEAR = \text{GDP} / \text{EED} \quad [\text{원/kWh}] \quad (1)$$

여기서,
IEAR: Interrupted energy assessment rates (공급지장비단가)
GDP: Gross domestic product [억원]
EED: Electrical energy demand [GWh]

한편, 거시적인 접근방법에 의한 공급지장비단가 추정시 아래와 같은 문제점을 들 수 있다.

- 첫째, 정전이 발생되면 부가가치의 창출 중단뿐 아니라 생산과정중인 중간 투입재료에도 영향을 미치게 된다.
- 둘째, 정전은 생산설비에도 작용하여 계통이 회복된 후에도 즉각적인 설비활동이 불가능할 경우도 발생한다.
- 셋째, 정전이 발생되면 생산액에 미치는 영향보다 오히려 각 개인의 심리적인 면에 더 큰 피해를 줄 수 있다.
- 넷째, 산업에 따라서는 생산활동이 정전과 무관한 것이 있을 수 있다. 따라서 공급지장 전력량이 전부 부가 가치를 감소시키는 것은 아니다.

그러나 전술한 바와 같이 거시적인 방법은 이상과 같은 결점을 내포하고 있음에도 불구하고 수요특성에 알맞게 모델 설정을 잘하면 고객의 주관적인 판단을 요구하는 설문조사방법보다 객관적인 자료를 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 과거 GDP와 전력수요 자료를 회귀분석하여 미래의 공급지장비도 추정할 수 있다.

3. TRELSS를 이용한 공급지장전력량 산정

본 논문에서는 한국전력공사가 우리나라 전력계통의 계획 업무에 도입하기 위해 운용을 검토 중에 있는 TRELSS(Transmission Reliability Evaluation for Large-Scale Systems)라는 프로그램을 이용하여 4차수급계획(2009-2017, 2022년) 계통데이터의 신뢰도를 평가하였다. TRELSS 프로그램은 대규모 실 계통에 적용 가능한 프로그램으로서 모선 13,000개, 선로 26,000개를 갖는 계통에 적용 가능하며 탭 변환장치, 위상변환기 그리고 가변분리기와 같은 통상적인 실계통의 장치들도 고려한다[12]-[14]. 표 1처럼 TRELSS 프로그램의 적용 가능한 계통크기는 현재 우리나라 계통의 신뢰도 평가를 하기에 적합하다. 그림 3은 TRELSS 프로그램의 전체 구성도를 나타낸 것이다.

표 1 TRELSS 프로그램의 적용가능 계통크기

Table 1 Program dimensions of TRELSS

모선(Buses)	13000
발전기모선(Generator buses)	3250
발전기(Generator units)	9750
송전선로(Branches)	26000
변압기(Transformers)	5200
이상기(Phase shifters)	100
가변Switchable shunts	2600
보호제어장치개소(PCGs)	10000
송전망수(Transmission areas)	100
송전망영역 수(Transmission zones)	999
연계선로(Ties)	1500
상정사고(Common mode contingencies)	10000
강제운전상정사고(Must-run contingencies)	10000
총상정사고(Total contingencies)	60000
기준계통(Base Cases)	10

TRELSS 프로그램을 통해 얻어지는 신뢰도 지수는 아래와 같다.

계통 지수:

- * 공급지장확률
- * 연간 공급지장 빈도 (occurrences/year)
- * 연간 공급지장 지속시간 (hours/year)
- * 일회 공급지장 지속시간 (hours/occurrence)
- * 연간 공급지장전력량 (MW-Hr./year)
- * 일회 공급지장전력량 (MW-Hr./occurrence)
- * 연간 공급지장전력 (MW/year)
- * 일회 공급지장전력 (MW/occurrence)

수용가 지수:

- * 연간 수용가 공급지장발생 횟수 (customer-occurrences/year)
- * 일회 공급지장 수용가수 (customers/occurrence)
- * 수용가당 공급지장발생 횟수 (occurrences/customer)
- * 연간 수용가별 공급지장 지속시간 (customer-hours/year)
- * 일회 공급지장지속 시간 (hours/occurrence)
- * 수용가당 공급지장지속 시간 (hours/customer)
- * 전력공급 가능 확률

정규화 지수:

- * 연간 부하차단 에너지 (MWH/MWH-year)
- * 연간 공급지장전력 (MW/MW-year)

TRELSS 프로그램의 결과중에서 공급지장전력량을 이용하여 추정된 공급지장비단가와 곱하여 공급지장비를 추정할 수 있다.

4. 공급지장비 추정절차

공급지장비 추정절차중 거시적인 접근방법으로 국내총생산과 전력수요량을 이용하여 공급지장비단가를 추정한다. 그리고 TRELSS 프로그램을 이용하여 산정된 공급지장전력량(EENS; Expected Energy Not Served)과 곱하여 우리나라 전체 연간 공급지장비를 구할 수 있게 된다. 그림 4는 이의 절차를 나타내며 식(2)처럼 정식화 될 수 있다.

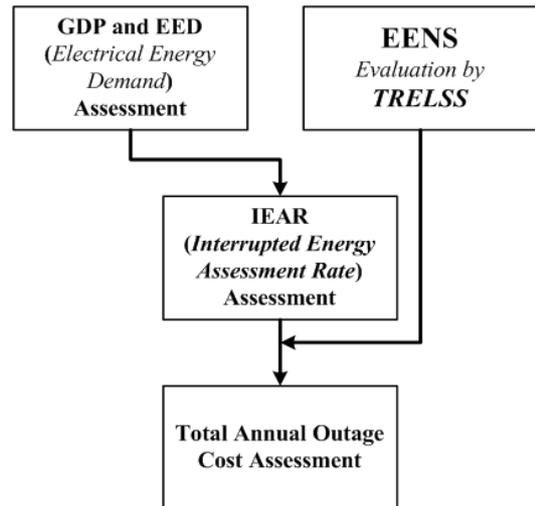


그림 4 공급지장비 추정 절차도

Fig. 4 Flow chart of outage cost assessment

$$AOC = IEAR \times EENS \quad [\text{원}] \quad (2)$$

여기서,

AOC: Annual outage cost (연간 공급지장비) [원]

EENS: Expected Energy Not Served [MWh/년]

5. 사례 연구

5.1 공급지장비단가 추정

표 2는 1970년도부터 2009년도까지 과거 40년간의 경상가격 국내총생산(GDP)과 전력수요량(EES)을 이용하여 공급지장비단가를 추정한 것이며, 그림 5와 6은 연도별 국내총생산과 전력수요량의 변화추이 및 공급지장비단가의 변화추이를 나타낸 것이다. 전반적으로 우리나라의 공급지장비단가는 과거부터 증가하여 왔음을 알 수 있다. 공급지장비 단가는 2009년도에 약 2,700원/kWh 정도로 나타났다.

그림 7은 국내총생산과 전력수요량의 데이터 분포모형을 나타내고 있다. 데이터 분포모형이 선형이므로 선형회귀분석 모형이 가장 적합할 것으로 사료되나, 다항회귀분석을 통하여 가장 적합한 회귀식을 찾아보았다.

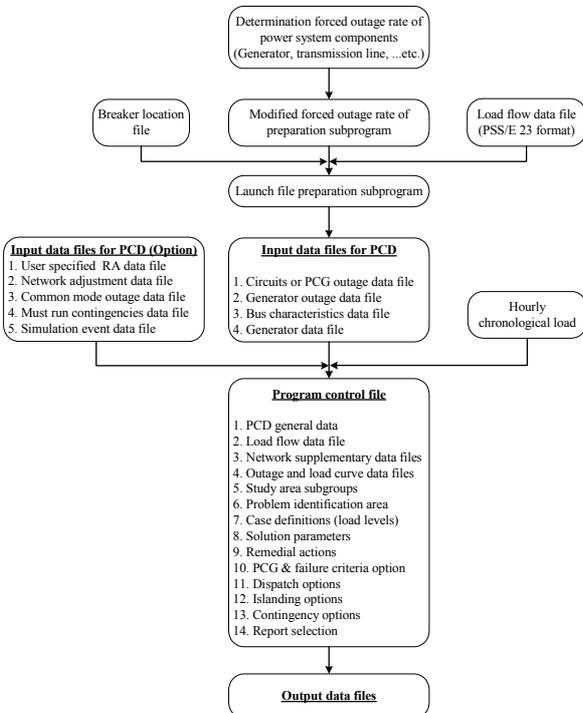


그림 3 TRELSS 프로그램의 절차도

Fig. 3 Flow chart of TRELSS

표 2 거시적인 접근방법에 의한 공급지장비단가 추정 결과
Table 2 The results of IEAR estimation by macro approach

년도	국내총생산 (GDP) [억원]	전력수요량 (EES) [GWh]	공급지장비단가 (IEAR) [원/kWh]
1970	27,751	7,740	358.54
1971	34,345	8,884	386.61
1972	42,411	9,992	424.43
1973	54,990	12,367	444.66
1974	78,454	14,048	558.47
1975	104,778	16,630	630.04
1976	144,108	19,620	734.48
1977	185,020	22,833	810.31
1978	249,447	27,326	912.84
1979	320,494	31,145	1,029.05
1980	391,096	32,734	1,194.75
1981	493,057	35,424	1,391.85
1982	566,768	37,880	1,496.23
1983	666,851	42,620	1,564.63
1984	765,235	47,051	1,626.39
1985	856,991	50,732	1,689.25
1986	1,002,541	56,309	1,780.42
1987	1,179,382	64,169	1,837.93
1988	1,405,248	74,318	1,890.87
1989	1,586,201	82,193	1,929.85
1990	1,913,828	94,383	2,027.72
1991	2,314,282	104,374	2,217.30
1992	2,639,932	115,244	2,290.73
1993	2,987,616	127,734	2,338.94
1994	3,499,726	146,540	2,388.23
1995	4,096,536	163,270	2,509.05
1996	4,609,526	182,470	2,526.18
1997	5,063,136	200,784	2,521.69
1998	5,010,272	193,470	2,589.68
1999	5,490,050	214,215	2,562.87
2000	6,032,360	239,535	2,518.36
2001	6,514,153	257,731	2,527.50
2002	7,205,390	278,451	2,587.67
2003	7,671,137	293,599	2,612.79
2004	8,268,927	312,096	2,649.48
2005	8,652,409	332,413	2,602.91
2006	9,087,438	348,719	2,605.95
2007	9,750,130	368,605	2,645.14
2008	10,264,518	385,070	2,665.62
2009	10,630,591	394,475	2,694.87

※ 출처 - 국가통계포털 (통계청)

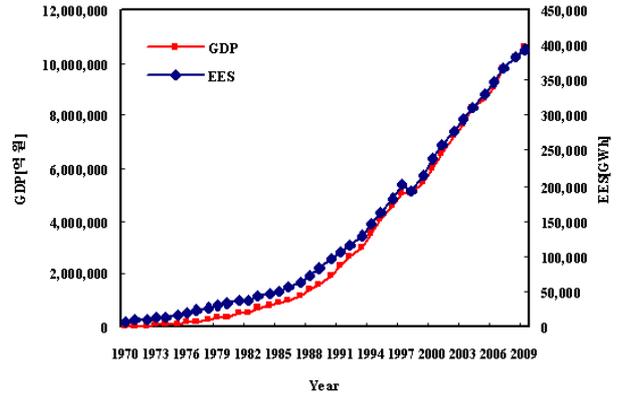


그림 5 연도별 전력수요량 및 국내총생산의 변화추이
Fig. 5 The change of annual EES and GDP

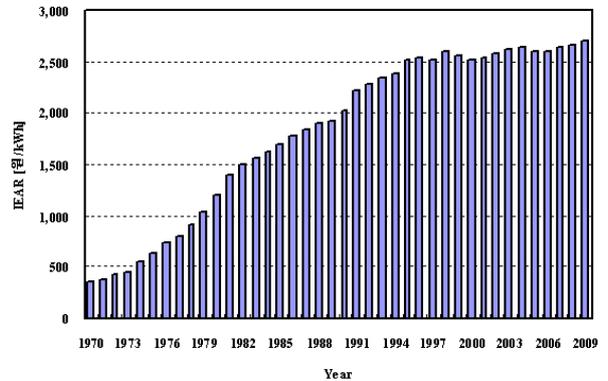


그림 6 연도별 공급지장비단가 변화추이
Fig. 6 The change of annual IEAR

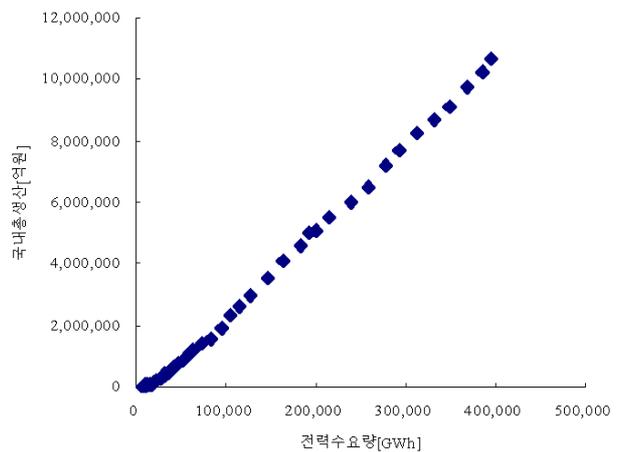


그림 7 국내총생산과 전력수요량의 데이터 분포모형
Fig. 7 The distribution model of GDP and EES

회귀식의 차수는 1차부터 4차식까지 추정하여 보았으며, 현재 1970년부터 2009년도까지의 국내총생산과 전력수요량의 자료를 바탕으로 두 가지 경우로 회귀분석을 하여 보았다.

- 1) 1970년도부터 2004년도까지의 자료를 이용하여 2005년도부터 2009년도까지(5년도)의 국내총생산을 추정하여 실측치와 비교분석 (Case 1)
- 2) 1970년도부터 1999년도까지의 자료를 이용하여 2000년도부터 2009년도까지(10년도)의 국내총생산을 추정하여 실측치와 비교분석 (Case 2)

5.1.1 2005-2009년도의 GDP 추정(Case 1)

아래의 표는 각 차수별 회귀분석모형의 결정계수를 나타내고 있다. 결정계수는 회귀식에 의해 얻은 변동량과 실제 총 변동량의 비를 나타내며 모형의 자료에 대한 적합도를 의미한다. 0-1사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 회귀모형이 자료에 적합하다는 것을 뜻한다.

표 3 각 차수별 회귀분석모형의 결정계수

Table 3 The coefficient of determination at each order of regression analysis

	1차 회귀분석	2차 회귀분석	3차 회귀분석	4차 회귀분석
결정계수	0.9976	0.9983	0.9990	0.9996

차수가 높아질수록 결정계수가 1에 가까워짐을 알 수 있다. 하지만 그 상승폭이 아주 작다는 것을 알 수 있다. 아래는 각 차수별 추정된 회귀식이다. 이 식들을 이용하여 2005년도부터 2009년도까지의 국내총생산을 추정하였다.

$$\begin{aligned}
 y &= 27.381x - 445385 \\
 y &= 9 \times 10^{-6}x^2 + 26.632x - 347282 \\
 y &= -11 \times 10^{-11}x^3 + 6 \times 10^{-5}x^2 + 18.658x - 221364 \\
 y &= 14 \times 10^{-16}x^4 - 10 \times 10^{-10}x^3 + 2 \times 10^{-4}x^2 + 7.892x - 66822
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

표 4 각 차수별 회귀식을 사용하여 2005년도부터 2009년도까지의 국내총생산 추정

Table 4 GDP estimation from 2005 to 2009 years using regression analysis

년도	국내총생산(GDP)[억 원]					전력판매량(EES)[GWh]
	1	2	3	4	실측치	
2005	8,656,268	8,910,003	8,574,129	9,086,400	8,652,409	332,413
2006	9,102,735	9,419,134	8,911,982	9,854,815	9,087,438	348,719
2007	9,647,225	10,047,011	9,281,786	10,972,557	9,750,130	368,605
2008	10,098,049	10,572,671	9,549,252	12,082,559	10,264,518	385,070
2009	10,355,560	10,875,281	9,685,013	12,804,738	10,630,591	394,475

표 5 각 차수별 추정치의 오차율

Table 5 Error rate of estimation at each order

년도	오차율[%]			
	1	2	3	4
2005	0.04	2.98	0.90	5.02
2006	0.17	3.65	1.93	8.44
2007	1.06	3.04	4.80	12.54
2008	1.62	3.00	6.97	17.71
2009	2.59	2.30	8.89	20.45
평균오차	1.1	3.0	4.7	12.83

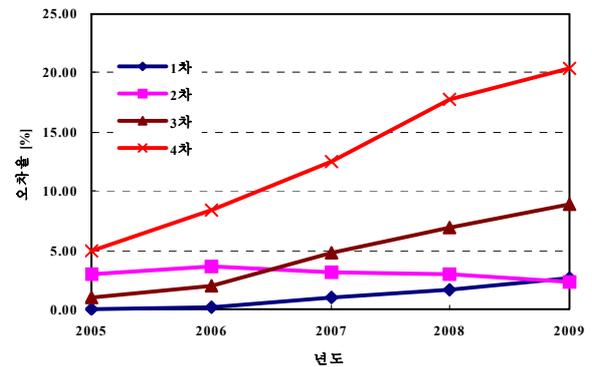


그림 8 각 차수별 추정치의 오차율

Fig. 8 Error rate of estimation at each order

표 4, 5 및 그림 8에서 알 수 있듯이 각 차수별 회귀식을 이용하여 추정한 결과치와 실측치간의 오차를 살펴보면 선형회귀분석을 통하여 추정하였을 때 오차율이 가장 작은 것을 확인할 수 있었다. 이와 동일한 방법으로 2000년도부터 2009년도까지의 국내총생산을 추정하여 보았다.

5.1.2 2000-2009년도의 GDP 추정(Case 2)

과거 1970년도부터 1999년도까지의 국내총생산과 전력수요량의 자료를 이용하여 1차부터 4차까지 회귀분석을 실시하였다. 표 6은 각 차수별 결정계수를 나타낸 것이다.

표 6 각 차수별 회귀분석모형의 결정계수

Table 6 The coefficient of determination at each order of regression analysis

	1차 회귀분석	2차 회귀분석	3차 회귀분석	4차 회귀분석
결정계수	0.9947	0.9982	0.9994	0.9994

1970년도부터 2004년도까지의 자료를 이용하여 도출한 결정계수보다는 낮은값을 확인할 수 있었다. 이는 회귀분석시 자료의 양이 많을수록 더욱 적합한 회귀분석을 할 수 있다는 것을 의미한다. 아래는 각 차수별 추정된 회귀식이다. 이를 이용하여 2000년도부터 2009년도까지의 국내총생산을 추정하였으며, 실측치와 비교하여 보았다.

$$y = 27.121x - 429229$$

$$y = 30 \times 10^{-6}x^2 + 20.803x - 254276$$

$$y = -33 \times 10^{-11}x^3 + 13 \times 10^{-5}x^2 + 12.545x - 120272$$

$$y = 3 \times 10^{-16}x^4 - 4 \times 10^{-10}x^3 + 1 \times 10^{-4}x^2 + 11.609x - 109815$$

(4)

표 7 각 차수별 회귀식을 사용하여 2000년도부터 2009년
도까지의 국내총생산 추정

Table 7 GDP estimation from 2000 to 2009 years using
regression analysis

년도	국내총생산 (GDP) [억원]					전력판매 량(EES) [GWh]
	1	2	3	4	실측치	
2000	6,067,297	6,499,214	6,042,372	6,093,391	6,032,360	239,535
2001	6,560,794	7,156,942	6,369,670	6,478,083	6,514,153	257,731
2002	7,122,739	7,930,778	6,644,047	6,855,838	7,205,390	278,451
2003	7,533,573	8,513,291	6,768,696	7,088,561	7,671,137	293,599
2004	8,035,237	9,243,792	6,822,749	7,320,604	8,268,927	312,096
2005	8,586,261	10,070,503	6,743,698	7,507,597	8,652,409	332,413
2006	9,028,501	10,752,433	6,564,566	7,605,696	9,087,438	348,719
2007	9,567,837	11,606,289	6,193,256	7,663,084	9,750,130	368,605
2008	10,014,394	12,331,731	5,748,306	7,659,973	10,264,518	385,070
2009	10,269,466	12,753,611	5,434,576	7,638,267	10,630,591	394,475

표 8 각 차수별 추정치의 오차율

Table 8 Error rate of estimation at each order

년도	오차율			
	1	2	3	4
2000	0.58	7.74	0.17	1.01
2001	0.72	9.87	2.22	0.55
2002	1.15	10.07	7.79	4.85
2003	1.79	10.98	11.76	7.59
2004	2.83	11.79	17.49	11.47
2005	0.76	16.39	22.06	13.23
2006	0.65	18.32	27.76	16.31
2007	1.87	19.04	36.48	21.41
2008	2.44	20.14	44.00	25.37
2009	3.40	19.97	48.88	28.15
평균오차	1.62	14.43	21.86	12.99

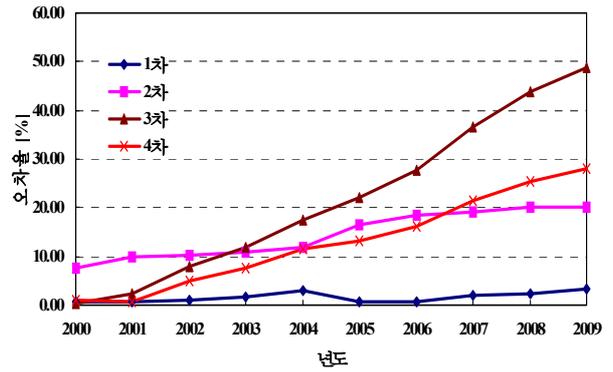


그림 9 각 추정치의 오차율

Fig. 9 Error rate of estimation at each order

위의 결과에서도 선형회귀분석의 오차율이 가장 작은 것을 알 수 있었다. 즉, 선형회귀분석을 통해 미래의 공급지장비 단가를 추정하는 것이 가장 오차가 적을 것으로 사료된다. 그래서 1970년부터 2009년도까지의 과거 자료를 이용하여 선형회귀분석을 실시하여 추정된 회귀식 (5)을 통하여 2010년부터 2017년과 2022년도의 국내총생산을 추정하였다. 선형회귀분석을 통해 추정된 국내총생산과 제 4차 전력기본수급계획에서의 예측 전력수요량을 바탕으로 거시적인 접근방법을 통해 2010년부터 2017년, 2022년도의 공급지장비 단가를 추정하였다. 표 9는 이를 나타낸 것이다.

$$y = 27.6x - 462156 \quad (5)$$

표 9 2010년도부터 2017년과 2022년도의 공급지장비 단가 추정

Table 9 IEAR estimation from 2010 to 2017 and 2022

년도	국내총생산 (GDP) [억원]	전력수요량 (EES) [GWh]	공급지장비단가 (IEAR) [원/kWh]
2010	11,268,453	425,020	2,651
2011	11,647,734	438,762	2,655
2012	11,952,329	449,798	2,657
2013	12,205,809	458,982	2,659
2014	12,423,132	466,856	2,661
2015	12,591,769	472,966	2,662
2016	12,740,009	478,337	2,663
2017	12,869,647	483,034	2,664
2022	13,340,450	500,092	2,668

5.2 공급지장비 추정

표 10은 한국전력공사에서 수립한 제 4차수급계획데이터를 TRELSS 프로그램을 이용하여 확률론적인 신뢰도 지수를 산정한 결과이다. 상정사고 해석시 N-1 상정사고로는 선로 1회선, N-2 상정사고로는 선로 2회선 상정사고로 지정하였다. 선로 상정사고시 사고빈도는 1년에 1건, 사고지속시간은 1건당 1시간으로 가정하였다.

표 10 확률론적 신뢰도 지수 결과

Table 10 The results of probabilistic reliability indices

Year	Cont. depth	LOLE [hours/yr]	EENS [MWh/yr]
2009	N-1	6.968	2213.218
	N-2	6.989	2215.824
2010	N-1	6.968	3259.210
	N-2	6.990	3262.458
2011	N-1	4.977	3123.472
	N-2	4.999	3126.287
2012	N-1	2.986	1300.397
	N-2	3.009	1304.089
2013	N-1	2.986	1338.097
	N-2	3.006	1341.223
2014	N-1	1.991	495.278
	N-2	2.010	497.163
2015	N-1	0.995	84.952
	N-2	1.014	86.728
2016	N-1	0.995	85.387
	N-2	1.000	86.545
2017	N-1	1.991	111.399
	N-2	2.025	115.132
2022	N-1	0.995	90.379
	N-2	1.011	92.145

단, LOLE : Loss of Load Expectation (공급지장 발생 기간 기대치)

위의 결과중 N-2 상정사고시 발생하는 EENS의 값을 이용하여 공급지장비 추정을 하였다. 표 11 및 그림 10은 미래의 연도별 공급지장비 추정 결과를 나타내고 있다.

표 11 공급지장비 추정결과

Table 11 The results of outage cost assessment

년도	공급지장비단가 (IEAR) [원/kWh]	공급지장전력량 (EENS) [MWh/년]	공급지장비 [천원/년]
2010	2,651	3262.458	8,648,776
2011	2,655	3126.287	8,300,292
2012	2,657	1304.089	3,464,964
2013	2,659	1341.223	3,566,312
2014	2,661	497.163	1,322,951
2015	2,662	86.728	230,870
2016	2,663	86.545	230,469
2017	2,664	115.132	306,712
2022	2,668	92.145	245,843

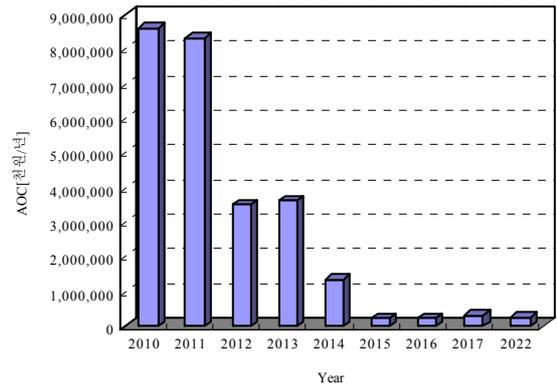


그림 10 연도별 공급지장비 변화추이

Fig. 10 The change of annual outage cost

위와 같이 추정된 공급지장비의 결과값은 가정된 사고발생빈도와 지속시간에 의해 산정된 값으로 객관적으로 이 값을 이용하여 평가하기는 어렵지만, 실제 계통 선로의 고장확률 D/B가 구축되어 이를 이용할 수 있다면 충분히 객관적인 값으로 계통계획안별 경제성 평가를 할 수 있을 것으로 기대된다.

6. 결 론

본 연구에서는 거시적인 접근방법을 이용하여 우리나라의 1970년에서 2022년까지의 종합공급지장비단가인 IEAR을 추정하여 보았다. 이의 결과는 IEAR의 특성분석으로도 의미를 가지지만, IEAR은 확률론적인 신뢰도 평가 결과를 이용하여 공급지장비를 추정하는 중요한 역할을 한다. 거시적인 접근방법으로 추정된 공급지장비단가는 고객의 공급지장비용에 대한 직접적인 평가가 어렵다는 단점이 있다. 이러한 개개의 고객그룹에 대한 공급지장비용 추정은 미시적인 접근방법을 통해 추정이 가능하지만 그 결과의 객관성이 높다고 보기는 어렵다. 또한 서두에도 언급 되었듯이 미래의 공급지장비용 추정이 불가능하며 계통의 변화를 고려하지 못하는 단점이 있다. 반면 거시적인 접근방법은 평균적인 의미에서 공급지장비단가 추정이 용이하며 계통의 신뢰도 평가를 통해 산정된 공급지장전력량과 곱하여 공급지장비를 추정하기 때문에 공급지장비에 미치는 계통의 영향도 분석할 수 있다.

본 논문에서는 회귀분석을 통하여 미래의 공급지장비 단가를 추정하여 계통계획안별 공급지장비 평가가 가능한 접근법을 제안하고 있다. 사례연구로서 우리나라의 제 4차 전력수급기본계획을 기준으로 하였다. 여기서 미래의 공급지장비용 단가예측을 위한 미래의 소비전력량과 미래의 GDP가 필요하지만 자료의 제한(2008년부터 2022년간 연평균 4.2%성장전망을 반영한다는 내용만 있음.) 및 과거 40여년간 실제 전력소비량과 GDP의 상관계수가 99.92%에 육박하는 정성적 특성을 이용하여 과거 전력소비량과 GDP의 회귀분석을 통하여 보다 합리적인 GDP값을 구하여 공급지장비 단가를 추정하고자 노력하였다. 본 논문에서는 자료수집의 제약으로 인해 전력소비량과 GDP의 회귀분석을 통하여 공

급지장비 단가를 추정하였지만 실제 계통계획업무에서 더욱 정확한 GDP 예측자료를 구할 수 있으면 이를 이용하여 더욱 정확한 공급지장비단가를 추정하는 것이 가능 할 것으로 사료된다. 본 논문에서 추정한 공급지장비를 정량적, 정성적으로 파악하는 것은 앞으로 계통계획시 보다 적절한 투자정책을 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 지원을 받아 수행된 연구이며(KEPRI-09-0004), 미래형 전력네트워크 신뢰도 연구센터 지원하에 이루어졌음.

참 고 문 헌

[1] 최재석, 김홍식, 문승필, 강진중, 김호용, 박동욱, “부하지점별 공급지장비추정을 위한 수치해석적 방법의 개발”, 대한전기학회논문지, Vol 49, No. 11, pp.549-557, 2000년 11월.

[2] 최 재석, 강 성록, 트란트룬틴, 김 호용, 김 슬기, “계통 계획 수립용 공급지장비의 추정방법 및 이의 응용에 관한 연구” 대한전기학회논문지, Vol. 53A, No. 5, pp.285-295, 2004년 5월.

[3] R. Ghajar & R. Billinton, “Comparison of Alternative Techniques for Evaluating the Marginal Outage Costs of Generating Systems.” IEEE Trans. on PS, Vol. 8, No.4, Nov. 1993, pp.1550-1556.

[4] R. Billinton & R. Ghajar, “Evaluation of the Marginal Outage Costs of Generating Systems for the Purposes of Spot Pricing”, IEEE, Trans. on PS, Vol.9, No.1, Feb. 1994, pp.68-75.

[5] R. Billinton, etc., “Bulk Power System Reliability Criteria and Indices Trends and Future Needs” IEEE, Vol. PS-9, No.1, pp. 181-187, Feb. 1994.

[6] R. Ghajar & R. Billinton, “Evaluation of the Marginal Outage Costs in interconnected and Composite Power System” IEEE Trans. on PS, Vol.10, No.2, May 1995, pp.753-759.

[7] K. K. Kariuki & R. N. Allan, “Assessment of customer outage costs due to electric service interruptions: residential sector” IEE Proc-Gener. Trans. Distrib.,Vol.143, No.2, March 1996, pp.163-170.

[8] K. K. Kariuki & R. N. Allan, “Evaluation of Reliability Worth and Value of Lost Load” IEE Proc-Gener. Trans. Distrib. Vol.143, No.2, March 1996, pp.171-180.

[9] K. K. Kariuki & R. N. Allan, “Applications of customer outage costs in system planning, design and operation” IEE Proc-Gener. Trans. Distrib.,Vol.143, No.4, July 1996, pp.305-312.

[10] 최상봉, “산업용 수용가 업종별 정전 비용 평가와 분석”, 에너지경제연구 논문집, 제 6권, 제 2호, pp. 221-256, 2007년 12월.

[11] 김용하, 우성민, 백범민, 신형철, 박창규, “해석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 산정 및 배전 계통에의 적용”, 조명 설비학회논문지, Vol. 23, No.4, pp. 47-55, 2009년 4월.

[12] 강 성록, 트란트룬 틴, 최 재석, 전 동훈, 문 승필, 추 진부, “송전계통의 확률론적 신뢰도 평가에 관한 연구; TRELSS and TranRel” 대한전기학회논문지, Vol. 53A, No. 1, pp.43-55, 2004년 1월.

[13] 전동훈, 최재석, 김건중, “TRELSS를 이용한 우리나라 전력계통의 확률론적인 신뢰도평가에 관한 연구” 대한 전기학회 논문지, Vol. 55, No. 11, pp.453-46, .2006년, 11월,

[14] Trungtin Tran, Jungji Kwon, Jaeseok Choi, Jinboo Choo, Donghoon Jeon, and Kyoengnam Han, “Probabilistic Reliability Analysis of KEPCO System Using TRELSS” KIEE, JEET, Vol.2, No.1, pp.10-18, March 2007.

[15] 제4차 전력수급기본계획, 지식경제부, 2008,12.

저 자 소 개



박 영 신 (朴 英 信)

1964년 8월 1일생.
1988년 연세대학교 전기공학과 졸업.
1988년 한국전력공사 입사
현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구
소 책임연구원
TEL : 042-865-5810
E-mail : parkshin@kepcoco.kr



전 동 훈 (田 東 勳)

1966년 12월 11일생. 1991년 홍익대 전기
공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학
과 졸업(석사). 2001년 충남대 전기공학
과 박사과정 수료. 현재 한전 전력연구원
선임연구원
Tel : 042-865-5811
E-mail : dhjeon@kepri.re.kr



박 정 제 (朴 正 濟)

1981년 11월 9일생. 2007년 경상대 전기
공학과 졸업. 2007년~현재 동 대학원 전
기공학과 박사과정.
Tel : 055-751-5347
E-mail : pakjan@hanmail.net



오 태 곤 (吳 泰 坤)

1984년 1월 5일생. 2010년 경상대 전기공학과 졸업. 2010~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : 055-751-5347

E-mail : lg1olnl@naver.com



조 경 희 (趙 京 姬)

1987년 10월 9일생. 2010년 경상대 전기공학과 졸업. 2010년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : 055-751-5347

E-mail : kx1004xh@hanmail.net



최 재 석 (崔 在 錫)

1958년 4월 29일생. 1981년 고려대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1991년~현재 경상대 교수

Tel : 055-751-5347

Fax : 055-759-2723

E-mail : jschoi@gnu.ac.kr