

주택용 수용가의 정전비용 평가 연구

(Assessment of Interruption Costs for Residential Customers)

박충열* · 최상봉 · 허창수

(Choong-Yeul Park · Sang-Bong Choi · Chang-Su Huh)

요 약

전력서비스 중단이 전력소비자에 끼치는 충격은 소비자와 정전 특성에 달려있다. 소비자 특성은 인구통계학적인 측면(주거형태와 가족구성원 수)과 전력공급 형태를 포함하는 반면에 정전특성은 발생 빈도, 기간, 시간과 요일을 포함한다. 따라서 이러한 소비자 정전비용의 평가는 상당히 복잡하고 주관적이다. 주거용 소비자들의 경우, 주거용 소비자에 대한 정전의 충격이 가시적이지 않기 때문에 소비자 조사 방법이 가장 적합할 것으로 보인다. 달리 말하면, 가사일과 정전으로 인해 여가의 가치가 각자 다르기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 주택수용가에 대한 정전비용을 평가하기 위한 방법으로 수용가 설문조사 방법을 선택하였다.

Abstract

The impacts of electric service interruption to customers depend on customer and interruption characteristics. Customer characteristics include demographic aspects (residential type, and number of household members) and power supply types whereas interruption characteristics include frequency, duration, time, and day of interruption. Accordingly evaluation of these customer interruption costs is very complicated and subjective. For residential customers, customer survey method seems most appropriate because interruption impact to residential customers is intangible. In other words, the value of housework or lost leisure due to interruption is individual. Accordingly, this paper selected the customer survey method to assess the interruption costs for residential customers.

Key Words : Interruption Costs. Electric Service. Customer Interruption Cost. Customer Survey Method

1. 서 론

전력회사는 항상 수용가에 최적의 투자비용으로 전력을 공급하고자 하는 인식을 가지고 있으며 이때 공급 신뢰도는 전력공급의 최적 적합 여부를 결정하

는 중요한 척도가 된다. 최근까지는 수용가에 허용 가능한 공급신뢰도 레벨을 전력회사의 판단이나 경험에 의존하여 결정하여 왔으나 최근 들어 전력 에너지 비용 상승과 환경변화 그리고 정부나 민간단체의 요청으로 인해 보다 이성적이고 합리적으로 허용 가능한 신뢰도 레벨을 결정하도록 접근 방법이 바뀌고 있다[1],[2].

이와 같은 접근 방법 중에서 가장 중요한 것은 신뢰도를 통해 얻을 수 있는 비용과 비교할 수 있도록

* 주저자 : 인하대학교 전기공학과 박사과정
Tel : 031-420-6110, Fax : 031-420-6029
E-mail : cypark@keri.re.kr
접수일자 : 2004년 5월 11일
1차심사 : 2004년 5월 17일
심사완료 : 2004년 6월 15일

주택용 수용가의 정전비용 평가 연구

계통 신뢰도 가치를 평가하는 것이다. 이와 같이 신뢰도의 선택적 레벨의 가치를 평가하는 가장 중요한 수단은 전력공급 중단으로 인한 개인적, 사회적 비용을 평가하는 것이다[3],[4].

전력공급의 중단으로 인해 수용가가 받는 충격은 수용가와 정전의 특성 형태에 의존한다. 이때 수용가의 특성은 인구 통계적 면(주거형태, 가구 구성원 수 등)과 전기공급 형태 등이 포함되며 정전 특성은 정전 회수와 시간 그리고 하루 중 정전 시간 대, 정전 요일 등이 포함된다. 또한 추가적인 요소로 외부 기온이나 특별 이벤트에 따른 정전 발생 등이 포함될 수 있다. 이와 같이 수용가 정전 비용을 얻는 방법은 복잡하고 주관적인 작업이다. 본 논문에서는 여러 가지 평가 방법 중에서 수용가 Survey에 의한 방법을 선택하여 국내 주택용 수용가의 정전비용을 평가하였다.

2. 본 론

2.1 정전비용의 정의

전기에너지 공급은 수용가가 원하는 곳에서 양질의 전기에너지를 경제적으로 사용하는 것을 기본으로 관련된 설비를 이용하여 양질의 제품(전기에너지)을 즉시 이용할 수 있어야 한다. 양질의 제품을 활용하기 위해서는 설비의 신뢰성도 높여야 하겠지만 안전한 공급도 중요한 요소로 작용한다. 신뢰성에 중점을 치중하면 고정자산의 투입이 높아지는 경제적인 적정성의 영향을 받게 되는 현상이 발생될 수가 있어 전기에너지공급에는 균형 있는 투입이 상호 이루어져야 한다. 전기에너지를 사용하고자할 때 어떠한 형태로든지 경제 사회활동, 일상생활의 모든 활동에 지장과 영향을 정도를 금액으로 환산해서 평가한 비용을 말한다.

2.2 설문조사목적

수용가로부터 전력사용의 신뢰도를 향상시키기 위해 과대한 투자는 수용가에 과한 부담을 초래하게 되고 지나친 경제적 축소는 수용가에게 불편과 손실을 초래할 수 있기 때문에 그적정성을 찾기 위해서는 정전비용의 조사에 의한 통계적인 분석으로 종합

적이고 경제적인 합리 점을 찾는 것이다. 이를 위해서 수용가의 적정피해보상액이 산정되어야하며 최적의 투자규모를 선정하기 위해서는 정전비용의 산출이 있어야 가능하게 된다. 이 또한 경제적 발전의 기반이라 하겠으며 이것의 적정성은 그림 1과 같은 최적 점을 산출하고자 함이며 이는 수용가의 종류, 정전지속시간, 정전빈도, 발생시간대, 계절적 차이, 지역적인 차이에서도 편차가 나타날 수가 있지만 그림의 표현은 가장 합리적인 이론적 분석의 결과표현이다.

$$\text{전체비용(Total Cost)} = \text{정전비용(공급지장비용)} \\ (\text{outage cost}) + \text{공급비용(utility cost)}$$

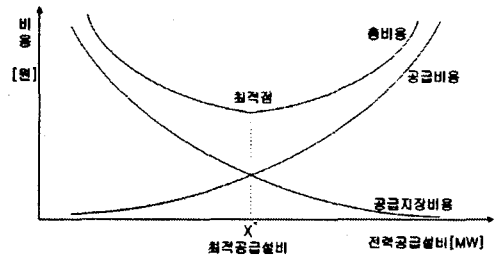


그림 1. 정전비용과 공급비용과의 관계(6)
Fig. 1. Cost as a function of reliability

2.3 조사 방법

정전비용조사에는 거시적방법과 미시적방법이 있다 거시적 방법은 수용가의 특성과 제반 사항을 고려하지 않았기 때문에 합리적이지 못하고, 미시적 방법은 수용가를 그룹별로 분류하고 그 그룹별로 설문조사 등으로 정전비용을 추정하는 방법이다.

본 논문은 미시적방법을 적용하여 조사하고자한다.

캐나다에서는 5개의 그룹으로 분류하였는데 주택용, 상업용, 산업용, 농어촌, 공공수용가로 구분하고 있다. 여기서는 주택용을 중심으로 조사하고자 한다 [6].

주택용 수용가 조사에서 사용하는 방법과 질문은 광범위한 발전과정을 거쳐 완성됐다. 즉, 다양한 질문과 요소들의 특성을 반영할 수 있도록 샘플 대상을 통해 반복적인 테스트가 시행되었으며 질문서 작성에 능숙한 컨설턴트들이 동원되었다. 최종 데

스트는 지역별로 안배하여 약 800여개의 가구를 대상으로 시행하였다.

2.3.1 설문조사 설계

신뢰도에 대한 가치 평가 방법 중에서 직접적인 가치 평가 방법은 응답자에게 어떤 정전 시나리오의 결과에 금전적 가치를 요청하거나 혹은 정전 경험을 갖지 않는 응답자에게 가치를 평가하도록 요청하는 것이다. 본 연구에서는 수용가에 대해서 직접적인 가치 평가 방법은 의미 있는 답을 얻기 어렵다고 판단하였다. 그것은 수용가 응답자 대부분이 공급신뢰도와 같은 보이지 않은 이익에 대해 경험이 부족할 것이기 때문이다.

한편, 또 다른 방법인 간접적인 가치 평가 접근 방법은 직접적인 가치를 요구하지 않고 가치 평가를 유도하기 위한 간접적인 질문인 것이다. 따라서 수용가의 경우, 간접적인 가치 평가 접근법을 이용함으로써 신뢰도의 가치 기준 인식이 부족한 문제를 해결할 수 있다. 이 방법의 단점은 유도된 값이 가치의 평가가 아닌 간접적인 접근법과 관련 있는 다른 실제일 가능성이 있다는 것이며 설문 조사내용에 포함될 수 있는 가능한 형태는 다음과 같다.

- ① 발생 가능한 정전을 막기 위한 가상 대비 비용
- ② 정전을 억제하기 위해 전력회사가 수립해야 할 비용에 대한 응답자 의견
- ③ 정전 발생을 억제하기 위한 예비 행위에 대한 응답 의 예 측 위에서 제시한 형태 중에서 정전을 억제하기 위한 예비 행위에 대한 질문이 가장 유망한 것으로 판단되었다. 여기서 예비 행위란 세대주가 정전 발생에 대비하기 위한 준비를 의미하며 이 준비에는 각각의 행위를 위해 소요되는 합리적인 경비가 포함된다.

분석과정에서는 정전의 효과를 경험하지 못한 응답자로 하여금 신뢰도의 가치를 평가하기 위해 각각의 행위에 대한 비용을 합산하였으며 이렇게 합산한 비용을 신뢰도의 간접적인 가치로 평가하였다. 이와 같은 단계를 거쳐 본 연구에서는 주택용 수용가 정전비용 평가를 위한 최종적인 설문조사에서 직접적인 가치 평가 방법은 제외하고 신뢰도 변화에 따른 가치 비율과 간접적 접근법을 채택하였다.

2.3.2 설문조사 절차

설문조사 절차는 설문지 샘플링 선택, 인터넷 설문조사, 사용전력량 정보 회수 그리고 데이터 분석 등을 포함한다. 설문조사에 참가한 주택용 수용가는 지역별 안배를 고려한 랜덤 샘플링을 통해 조사 샘플을 선택하여 인터넷 조사를 시행하였다.

2.3.3 설문조사 대상지역

지역별 안배를 고려하여 다음과 같이 800가구를 대상으로 시행되었으며 주거 밀집지역(아파트)의 응답이 70[%], 응답자 연령은 40대주부가 32[%]이다.

- 수도권지역 : 분당, 수서, 일산 지구
- 광역시지역 : 부산, 대구달서, 대전둔산
- 중소도시지역 : 평택, 서산, 창원지구

2.4 주택용 수용가 정전비용 분석

설문조사에서 발생한 수용가의 정전비용 통계는 본 연구의 합리적인 결과를 제공한다는 측면에서 상당한 값어치가 있다. 설문조사를 통해 얻은 결과의 대부분은 일반적으로 정전에 대한 질적인 면과 정전에 대한 예비 행위와 가치 변화 비율로부터 얻은 양적인 정전비용 추정도 함께 제시되어졌다. 또한 사용자나 정전 특성의 함수로서 정전 비용 추정의 중요한 일반적 추세가 검토되어졌다. 그리고 각 지역별로 정전 관련 문제를 검토하였으며 검토 방법은 표준 통계 기법을 이용하였다. 다음은 본 논문에서 수행한 주택용 수용가에 대한 각 설문조사 항목별 조사 결과이다.

2.4.1 전력공급과 정전 관련

가. 정전발생 인식

정전발생 인식 관련한 응답에 대하여 응답자 대다수는 그림 2와 같이 87.6[%]가 적게 또는 매우 적게 발생하는 것으로 인식하고 있으며 지난 1년간 정전 발생 회수는 그림 3과 같이 31.6[%]가 한번도 발생하지 않았으며 2회 미만의 경우는 75.8[%]로 응답자 대부분이 정전 발생회수가 매우 적은 것으로 조사됐다.

나. 전력서비스 관련

전력서비스 관련 설문조사에서 응답자 대다수는 그림 4와 같이 가스나 수도 그리고 전화요금에 비해

주택용 수용가의 정전비용 평가 연구

상대적으로 약 58.7%가 다소 높은 것으로 인식됐으나 전력서비스 만족도 관련에서는 약 82.9%가 만족하는 것으로 응답했다. 또한 1시간 이상 지속된 정전횟수는 약 69.3%가 “한번도 없다”라고 응답했으며 순간 정전의 경우는 41.7%가 순간 정전을 경험했으며 발생횟수는 1회 미만이 48.1%를 차지하는 것으로 조사됐다.

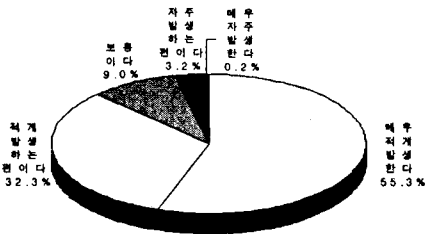


그림 2. 정전발생 인식 조사 결과
Fig. 2. Result of survey refer to interruption recognition

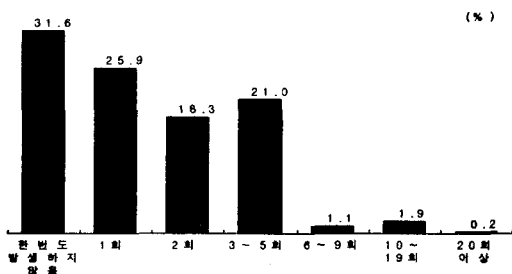


그림 3. 정전발생 횟수 조사 결과
Fig. 3. Result of survey refer to interruption frequency

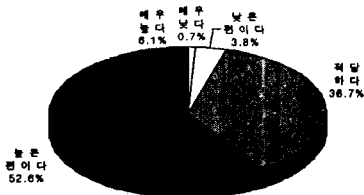


그림 4. 전기요금 상대 평가
Fig. 4. Relative evaluation refer to electric charge

다. 냉방관련

냉방 관련 설문조사에서 여름철 냉방기기 평균 이용 시간은 그림 5와 같이 2~4시간 이용이 27.5%

와 46.0%로 가장 많은 것으로 조사됐으며 주택의 총면적 중에서 냉방비율은 그림 6과 같이 25%미만이 40.9%와 35.7%가 가장 많이 응답했다.

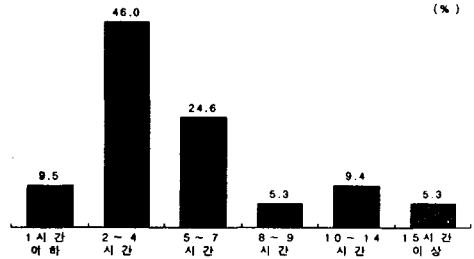


그림 5. 여름철 냉방기기 평균 이용시간
Fig. 5. Average usage time of heating apparatus in summer

라. 정전에 따른 불만족 순위

정전이 1시간정도 발생하였을 때 수용가 가족들이 가장 불만족스러운 정도 순위조사에서는 1부터 6까지의 순위별 가중치를 부가하여 평균을 산출한 결과 표 1과 같다.

2.4.2 정전특성과 불만족의 변이

설문 조사에서는 여러 가지 정전 시나리오가 수용가 가족들에게 얼마나 불만족스러운지에 대한 비율을 조사하였다. 각각의 시나리오 중에서 주기별 계절별 정전 지속시간별 등 관련 파라미터를 변화하여 파라미터의 함수로서 불만족스러운 관련 데이터를 다음과 같이 얻었다.

표 1. 정전에 따른 불만족 순위 조사
Table 1. Survey of dissatisfaction ranking based on interruption

순위	불만족 항목	평균
1	조명 없는 아파트 복도와 길	4.81
2	주방 기구 사용 불가	4.78
3	래저/인터넷 사용 불가	4.72
4	엘리베이터 작동 불가	4.47
5	불안/범죄 발생 공포	4.41
6	냉·난방 사용 불가	4.38
7	세탁기구, 청소기구 사용 불가	4.38
8	집안사고의 두려움	4.19

가. 계절별 정전영향도

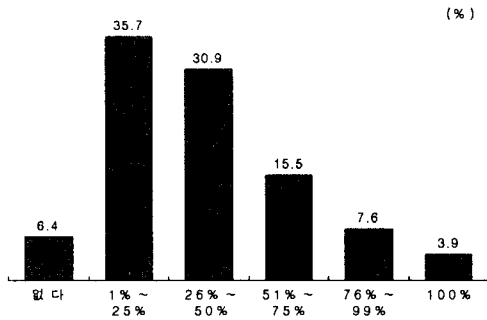


그림 6. 집 총 면적 중 에어컨 냉방 비율
Fig. 6. Ratio of air-conditioner among total house area

주말 오후 6시 이후 10분 정전과 주말 오후 2~4시 10분 정전 시나리오에 대하여 계절별로 정전 영향을 조사한 결과는 그림 7에 도시하였다

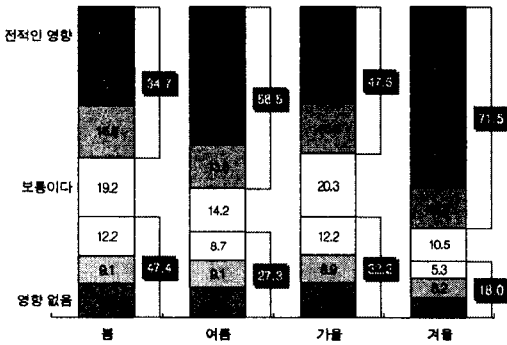


그림 7. 계절별 정전 영향도 조사
Fig. 7. Interruption impact by season(주말 오후 6시 이후 10분 정전)

나. 예비행위로부터 정전 비용 추정

각 설문 응답자는 날짜와 시간이 미정인 상태에서 정전이 발생한다고 가정하고 응답하였다. 질문 내용은 가족들이 정전에 대비하여 어떤 행동을 취할 것인가에 대한 것이었다. 각 설문 응답자들은 다음 4개의 행동 가운데 하나 혹은 그 이상을 선택하도록요 청받았다.

- ① 아무런 준비 없음
- ② 시간당 400원 촛불 사용
- ③ 시간당 2,500원 램프 사용
- ④ 시간당 5,000원 램프 사용

표 2. 수용가 정전지속 시간 당 정전비용.

Table 2. Interruption cost of residential customer per hour of interruption duration

지역별	정전 지속 시간[원]			
	1분	20분	60분	320분
수도권	29	775	2,454	9,633
광역시	28	686	2,705	10,937
중소도시	33	776	2,558	11,092

위에서 각각의 행위에 대하여 인용된 비용은 정전으로부터 받은 불이익을 감감하거나 제거하기 위해 수용가가 지불해야 할 준비 비용의 추정치를 계산하는데 사용되었으며 다음은 주택용 수용가 설문 조사 결과, 정전지속 시간 당 예비비용의 결과이며 다음 표 2에 제시하였다. 표 2에서와 같이 수용가 정전비용은 지역간 차이는 거의 없는 것으로 평가되었다.

지역별 전력사용량의 평균값은 큰 차이가 없고 표 3과 표 4에서 제시한 지역별 정전지속시간에 따른 정전비용과 표4에서 제시한 지역별 사용전력량의 통계치에 대해 부하율 86[%]을 고려하여 보정을 행한 후 지역별로 주택용 수용가 정전 지속시간에 따른 전력사용량 당 정전 비용을 분석하였다.

표 3. 수도권역 수용가 정전비용

Table 3. Interruption cost of residential customer in metropolitan city

	시간당 정전비용(원/h)	월간전력사용량 [kWh/월]	정전비용 [원/kWh]
1분	29	282	74
20분	775	282	1,977
1시간	2,454	282	6,260
4시간	9,633	282	24,574

표 4. 광역권 중소도시권역 수용가 정전비용

Table 4. Interruption cost of residential customer in wide city

구분	시간당 정전비용(원/h)		월간전력사용량[kWh/월]		정전비용 [원/kWh]	
	광역권	중소도시권	광역권	중소도시권	광역권	중소도시권
1분	28	33	269	273	75	87
20분	686	776	269	273	1,839	2,048
1시간	2,705	2,558	269	273	7,252	6,749
4시간	10,937	11,092	269	273	29,322	29,267

주택용 수용가의 정전비용 평가 연구

다. 해외 주택 수용가 정전비용 평가 비교 및 분석
 그림 8은 본 연구에서 수행한 주택용 수용가의 정전비용 추정치와 1990년 미국 EPRI 보고와 IEEE(국제전기학회) 연구 논문, 1996년 미국 IEEE 연구 논문 그리고 1987년 캐나다 IEEE 연구 논문 그리고 1994년 일본 복해도 전력 연구 논문을 통해 얻은 주택용 수용가 정전비용 추정치를 도시하였다.

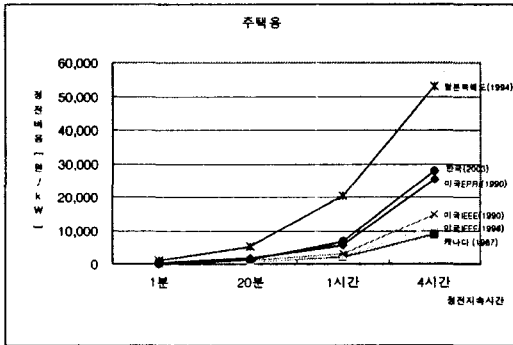


그림 8. 주택용 수용가 정전비용 비교
 Fig. 8. Comparison with interruption cost of residential customer

2.4.3 주택 단지 전력수요 실태 분석

주택 단지에 대한 전력수요 실태 분석을 지역별, 평형별, 토지용도별 도시규모를 고려하여 각 건축물 형태별로 전력수요 실태 조사를 실시한 결과 건축계획 확정과 미확정 지역에 대한 구체적인 전력수요 실태를 분석을 위해서는 지역별 부하밀도 뿐만 아니라 지역별, 평형별 부하밀도를 산정하기 위해 아래와 같은 산정이론을 정립하였다. 이는 미래의 주택용 전력배정과 정전비용의 산정에 기준이 될 수 있을 것으로 예상되며 2002년부터 2020년까지의 국내 인구 1인당 사용전력량의 증가전망을 추정할 수 있다.

가. 평형별 부하밀도 산정 이론

○ 행렬을 이용한 평형별 부하밀도 계수 추정우선, 신규주택 지역의 각 대표 평형을 20~29, 30~39, 40~49, 50~64명의 4개의 평형으로 산정하였으며 이들 대표 평형의 평형별 부하밀도를 산정하기 위해 다음과 같은 행렬식을 정의하였다.

$$AX=B \quad (1)$$

위식(1)으로부터 평형별 부하밀도(X)를 산출하면 되지만 행렬 A가 정방행렬이 아니므로 역행렬을 구하기 곤란하여 다음 식(2)와 같이 정규화(Normalizing)를 시행하였다.

$$A^TAX=A^TB \quad (2)$$

식(2)로부터 다음 식(3)과 같이 평형별 부하밀도(X)를 추정하였다.

$$X=(A^TA)^{-1}A^TB \quad (3)$$

전력수요 증가율 산정을 2020년으로 결정한 것은 전력설비의 평균 수명을 30년으로 보았을 때 전력설비의 투자대비 경제성과 산자부에서 예측한 2015년 이후에는 일본의 경우와 비교하여 전력수요 증가가 현격히 감소할 것으로 예상되어 2020년까지의 전망치로서 산정된 부하밀도를 이용하여 전력설비를 갖추었을 경우 향후 신축될 신규주택 단지의 부하증가가 판단되고 이에 따라 정전비용 산출도 이에 준하는 산정이 되어야 한다고 판단된다.

3. 결 론

체계적이고 주기적인 조사연구가 되지 않고 있으나 본 논문은 앞으로의 체계적이고 세분화되고 객관적이고 통계적이며 가장 경제적인 정전손실절감의 기초가 되어 점진적으로 올바른 기준을 갖추는데 참고로 적용되는 기본골격을 갖추는데 적용되기를 희망한다.

따라서 개별 수용가의 경우는 미시적 방법인 설문 조사를 통해 평가하는 것이 좋다. 이와 같은 미시적 방법의 경우에도 수용가 종별에 따라 평가 방법이 조금 다른데 본 논문에서는 주택용 수용가의 경우 간접적인 가치평가 접근 방법 즉, 정전발생을 억제하기 위한 예비행위에 대한 응답자의 예측을 산정하여 수용가 정전비용을 산출하는 방법을 이용하였다. 주택용이라는 분류체계를 이용하였으나 응답자의 정전에 대한 인지도가 적은 관계로 세분화 하지 못

하였으며 용량별 환경별, 주거환경정도에 따라 차등이 많을 것을 것으로 추상된다. 그러나 본 조사 분석 연구에서는 이들을 종합적으로 하는 한 개의 그룹형태로 분류 적용하였다. 이러한 조사 분석은 연차적이고 주기적이며 장기적이고 체계적인 분류체계 하에 분석 연구하여 앞으로의 전력에너지공급과 신뢰성이 높은 전력에너지수용에 충족을 시켜야 하는 문제점이 내포되고 있다.

References

- [1] R. Billinton, J. Oteng-Adjei, R. Ghaja, "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). 2002년 2월 인하대 대학원수료(박사과정).

최상봉 (崔商鳳)

1958년 2월 12일생. 1981년 아주대 전자 공학과 졸업. 1991년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1989년~현재 한국전기연구원 지중시스템 연구그룹 책임연구원.

허창수 (許昌洙)

1955년 1월 27일생. 1981년 인하대 전기과 졸업. 1983년 동 대학원 전기과 졸업(석사). 1987년 동대학 대학원 졸업(박사). 1983~93년 한국전기연구소 기능재료연구실장. 1997~98년 미국넷넷티켓대학 교환교수. 현재 인하대 전기공학과 교수.