

### 품질별 전력 차등 공급 기술의 검토

최상봉\*, 김대경\*, 정성환\*, 김호웅\*  
한국전기연구원\*

## A Study on Technology for Power Quality Differentiated Supply in Power System

Choi Sang Bong\*, Kim Dae Kyeong\*, Jeong Seong Hwan\*, Ho Yong Kim\*

KERI\*

**Abstract** - This paper reviews technology for power quality differentiated supply in power system. Since price and power quality has been single goods in the light of customer-side view point but hereafter it is essential for power market to introduce multiple goods which is composed of differentiated combination between them. This paper should like to work out strategy for power quality differentiated supply in domestic power system by comparison characteristics of differentiated background and its relevant various theory.

### 1. 서론

최근의 전기사업은 전력산업 구조개편과 맞물려 전력품질이 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 또한 에너지-산업 간의 경쟁심화로 공급자측에서는 전력품질과 관련된 환경조건 변화를 고려하지 않으면 안되는 시점이 되었다. 즉, 전력시장에서 경쟁이 도입되면 전기사업에 있어서의 경영전략도 과거와 같은 공급자 중심에서 수요자 중심으로 자연스럽게 바뀌게 될 것이다. 결국 지금까지는 전기사업에 있어서 전력품질 문제가 항상 향상을 목적으로 추진되어 왔지만 앞으로는 전력품질을 향상시키는 것이 큰 코스트의 상승을 의미하기 때문에 품질의 일률적인 향상이 반드시 필수적인 전략이 될 수 없을 것이다. 따라서, 이와 같은 문제점에 효율적으로 대처하기 위해서는 우선적으로 수요자의 품질과 요금에 대한 반응을 감지할 필요가 있을 것이다. 이와 같이 수요와 공급의 양 측면에서 전력품질과 관련된 둘러싼 문제의 출현은 필연적으로 전력서비스의 선택과 폭에 대한 요구와 결부되어 질수 밖에 없으며 따라서 우리나라의 경우, 수요자 측면에서 보면 기본적으로 품질과 전기 요금이 단일상품인 현행 전력서비스 형태로부터 향후 전기 요금과 품질이 다른 조합으로 구성된 다중 상품의 도입이 필수 불가결할 것으로 판단된다. 따라서 본 논문에서는 주로 미국, 일본 및 프랑스에서 행해지고 있는 전력품질의 차별화 배경과 그와 관련된 여러 가지 이론의 특징을 비교 검토하여 향후 국내에 품질별 차등 전력을 도입하기 위한 방향을 제시하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 전력품질 차별화 배경과 Priority Service 이론의 특징

Priority Service 이론은 미국 전력연구소에서 전력 품질 차별화와 관련되어 연구가 진행된 요금 이론이다. 전력의 품질별 요금에서는 지금까지는 일부 대규모 고객을 대상으로 한 차단요금에 실시되었지만 Priority Service에서는 지금까지와 같이 개별협상에 의해 요금 및 품질을 결정하는 것을 대신하여 일반적인 요금메뉴를 기본으로 차단 서비스를 행하는 것이다. 이와 같은 전력

의 품질 차별화에 의해 수요가의 선택이 확대되는 한편, 예비전원에 대한 투자를 대체할 수 있다. 또한 전력시장의 경쟁이 고조되고 있는 것에 추가하여 Priority Service 이론이 제안된 배경에는 고도정보화의 진전이 있다. 즉, Priority Service를 행하게 되면 수요가 별로 시간마다 전력소비를 파악할 수 있는 메타 및 선택한 공급신뢰도에 대응하여 개별 부하제어를 행할 장치가 반드시 필요하다. 최근 들어 유무선 통신 설비를 이용한 원격 부하제어 등의 기술이 이용 가능한 단계이고 점차 보급 장치의 비용도 줄어들기 때문이다. 한편 정보화의 진전은 컴퓨터의 보급을 통한 고품질의 전력에 대한 수요를 증가시킨다. 예를 들면, 정전 및 순시전압저하는 컴퓨터를 업무의 중심으로 이용하는 수요가에 큰 손실을 끼칠 수 있기 때문에 이와 같은 수요가의 고품질 전력에 대한 관심이 높을수 밖에 없다. 또한 초고속 광통신을 이용한 정보 시스템 기술의 발달은 전송가능한 정보량을 비약적으로 증대시켜 고부가가치를 갖는 다양한 서비스의 제공이 가능하다. 따라서 전기사업에 있어서도 품질별 전력공급에 필요한 정보통신 시스템을 정비하는 것은 정보 시스템 시장의 개척과 더불어 기업의 이익 추구에 기회가 될 가능성이 크다.

이와 같이 전기사업을 둘러싼 경영 환경의 변화 중에서 Priority Service 이론이 갖는 의의는 경쟁시대에서의 요금전략과 부하제어를 통한 공급비용 절감책 그리고 미래의 전원부족에 대한 대응책의 3가지로 집약할 수 있다. 우선 요금전략에 대한 의의로서는 전력품질에 대한 필요성이 다양화되어 수요가의 선택 폭이 확대되는 점을 들 수 있다. 산업 및 업무용 수요가에 대해 자가발전설비 및 코제너레이션의 진전이 전력에 대한 선택 폭을 확대시키고 있다. 단, 계통에서 이탈되는 부하가 증가되면 전기사업에 있어서 수입의 감소를 의미하는 것만은 아니고 고정비의 부담 증가를 통하여 일반가정에 대하여 요금의 인상을 유발한다. 많은 자가발전설비와 코제너레이션은 공급신뢰도면에서 계통전력보다 열세지만 전력비용 측면에서는 유리하기 때문에 이것이 근년에 자가발전설비의 몸 조성에 기인하고 있다. 일반적인 수요가는 대체로 공급신뢰도가 다소 낮더라도 값싼 전력을 추구하는 경향이 있기 때문에 전기사업자가 품질별 전력공급을 행함으로써 이와 같은 수요가를 계통에 계속 붙잡을 수 있다. 또한 계통 이탈을 억제하는 것은 단순히 전력량(kWh)을 확보하는 것만이 아니고 고정비의 회수를 원활하게 함으로서 일반가정의 요금상승을 억제할 수 있다.

Priority Service는 수급상의 문제 발생시 일부 수요가의 부하를 차단하는 서비스로서 피크 부하제어를 통해 공급비용의 절감을 촉진하는 효과가 있다. 전기사업은 부하율의 향상에 오래전부터 노력해 왔지만 최근에는 업무 및 가정용 수요가가 피크 부하에서 차지하는 비중이 크기 때문에 일부 산업용 대규모 수요가를 대상으로 개별 부하조정을 행하는 것만으로는 불충분한 상황이다. 또한 전기사업은 계통의 공급신뢰도를 일률적으로 향상시키기 위해서는 많은 투자금액이 필요하다. 지금 현재

우리 나라는 어느 정도 수준의 품질을 달성하고 있기 때문에 이것 이상의 품질향상을 얻기 위해서는 얻는 효과에 비해 상당히 높은 비용이 들것으로 판단된다. 따라서 수용가의 품질에 대한 필요성이 다양화되고 있기 때문에 일률적인 계통품질의 향상을 통한 투자보다도 품질별료 전력을 차등 공급하여 수용가의 필요성에 대응한 서비스를 제공하는 방법이 보다 효율적이다.

## 2.2 품질별 전력공급의 사례 검토

### 가. 부하차단 요금 제도

Priority Service는 공급신뢰도별 전력공급 서비스이지만 미국에서는 최근 수요관리의 일환으로서 공급신뢰도별 전력공급 서비스에 대한 관심이 높아지고 있고 일부에서는 제도화가 추진중이다. 이와 같은 제도는 크게 다음의 공급차단 서비스, 수요계약 요금제, 직접 부하제어로 대별된다. 이웃 일본의 경우도 유사시 조정계약 제도가 있어 일부 대규모 산업 수용가를 대상으로 부하차단을 행하여 요금 할인을 시행하고 있다.

#### ① 공급차단 서비스

공급차단 서비스는 차단 가능한 부하와 확실하게 공급해야 할 부하로 구분하여 전자에 대해서는 요금을 할인하는 제도이다. 대다수의 경우, 차단 가능한 부하에 대한 할인은 기본요금에 대상으로 행하고 있다. 산업용에 대해서는 업무용 수용가가 제도의 대상이 된다. 실제 계약에서는 일정 기간내에 차단해야 할 회수 및 차단시간(일부에서는 쌍방에 대하여)의 상한치를 명기한다. 이때 계약된 수용가는 부하의 차단을 거부할 수 있지만 이 경우에는 정해진 범칙금을 지불해야 할 의무를 지닌다.

다음 표 1은 미국에서 행해지고 있는 부하차단 서비스의 개요를 표시하였다. 표에서 알 수 있듯이 차단 회수 및 시간의 상한치는 전력회사마다 서로 다르다. 또한 전력회사마다 계약상의 차단회수의 상한치와 실제 차단회수는 크게 차이가 있는 것을 알 수 있다.

표 1 계약 차단회수 및 실제 차단회수의 비교(미국)

	회/년	
	계 약	실 제
알라바마	없음	1
볼티모어	12	3
메트로폴리탄 에디슨 및 펜실베이니아	20	20
일리노이	60	3
아이오와	없음	3
노잔 스테이트	없음	9
퍼시픽 가스·전력	없음, 40	10
부 하 차 단	없음, 40	10
부 하 조 정	10, 15	10
콜로라도	없음	1
퍼블릭 서비스·가스 전력	15	3
위스콘신	없음	1

#### ② 수요계약 요금제

수요계약 요금제에서는 예정된 최대치 이내로 수요를 제한하고 그 대신 요금 할인이 제공된다. 상한치를 초월하는 부하는 전체 수급 불균형 및 계통사고의 유무에 관계없이 항상 차단한다는 점에서 공급차단 서비스와 다르다.

#### ③ 직접부하 제어

직접부하제어는 기본적으로 공급차단 서비스와 동일하지만 전력의 용도 특히 급탕 및 공조를 대상으로 하는 수용가에 한하여 부하제어를 행하는 것과 또한 차단 방

법에 있어서는 주기적으로 행하는 것(예를 들면 6시간 내에 30분 차단)이 특징이다. 이 시스템은 수용가내에 가까운 거리까지는 전화회선을 이용하고 거기에서 수용가의 전기이용기기(공조)까지는 무선통신을 이용하여 부하제어를 행하는 방식이다.

### 나. 멀티메뉴 서비스

컴퓨터가 일상생활의 중요한 부분으로 부각되고 산업이 고도화됨에 따라 정밀기기 등을 보유하고 있는 중요 수용가에서는 현재 정전 및 순시전압저하(순시) 등과 같은 전력품질 관련 문제에 큰 관심을 기울이고 있다. 실제적으로 미국의 경우, 이와 같은 중요 수용가는 정전 및 순시 전압저하에 대비한 고품질 전력을 얻기 위하여 자가발전설비 및 UPS 등의 설비 등의 구축에 투자를 행하고 있다. 멀티메뉴 서비스는 수용가가 자기 스스로 투자를 행하는 대신에 전기사업 혹은 제 3 섹터에서 고품질의 전력을 일괄 공급하는 것이다. 예를 들면 인텔리전트 빌딩과 같이 정전의 피해가 큰 수용가를 대상으로 연료전지와 같은 소규모 분산전원을 설치하여 고품질의 전력을 공급하는 서비스가 그것이다. 여기서는 또다시 기기에 따라 전기를 자유롭게 선택할 수 있도록 하기 위하여 다음 그림 1과 같이 직류와 가변의 고조파 전력 그리고 전압과 주파수가 조합된 서비스로 메뉴를 고려하는 것이다.

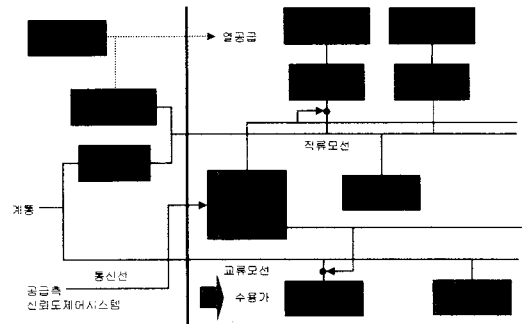


그림 1 인텔리전트 빌딩용 멀티메뉴 공급의례

수용가의 선택에 의해 품질이 다른 전력을 공급한다는 점에서는 Priority Service와 유사하지만 다음과 같은 점이 차별화 되는 특징이다.

- ◆ 공급신뢰도이외에 순시전압저하와 주파수 등에 대해서도 다룬다
- ◆ 발전부분은 제외하고 배전부분의 공급신뢰도 등의 전력품질을 대상으로 한다.
- ◆ 품질이 수요에 의존하지 않는다.

따라서 위에서 설명한바와 같이 이 서비스 시스템은 Priority Service와는 다르기 때문에 효율적인 부하할당 및 예비전원 투자의 대체안과는 관계가 없다. 또한 멀티메뉴 서비스에서는 품질 향상분의 비용은 모두 서비스 계약을 체결한 수용가가 부담하며 그 부담금은 요금으로 지불한다. 공급신뢰도에 대해서는 서비스 실시에 의한 수용가 선택에 의해 고품질 전력에 대한 평가가 파악되지만 저품질에 대한 수용가는 대상에서 제외된다. 멀티메뉴 서비스는 에너지간의 경쟁에서 전기사업의 수를 확보하기 위한 전략의 하나로 볼 수 있다. 또한 전력품질에 대하여 다양화되고 있는 수용가의 필요에 대응하여 수용가의 선택 폭을 확대시킨다는 의의를 갖는다.

### 다. 공급신뢰도 평가에 대한 수용가의 변화

Priority Service 이론은 수용가가 공급신뢰도에

대한 가치가 일정하다고 가정한다. 단, 실제로 수용가가 정전과 요금의 Trade-off에 직면한 경우, 사전에 계약한 공급신뢰도에 대한 평가를 수정할 가능성이 있다. 특히, 새 부하차단 요금이 적용될 때에 수용가가 어느 정도 부하차단의 상황을 경험할 때까지는 수용가의 평가가 일정하지 않을 것으로 예상된다.

따라서 공급신뢰도에 따르는 공급차별화를 위한 메뉴에 있어서 요금을 선택한 후에 수용가가 공급신뢰도에 대한 가치 평가를 수정할 가능성을 포함한 Priority Service 이론이 등장하였다. 수용가는 실제로 공급된 전력 kWh당 요금과 그때에 평가된 전력에 대한 가치를 비교하여 전자가 후자를 밀도하는 경우에 한하여 서비스를 받을 가능성이 있다. 이와 같은 방법은 Priority Service 이론의 요금 메뉴와 부하할당 법칙을 답습하여 수용가가 서비스 가입한 후에 공급신뢰도에 대한 평가를 수정할 수 있다는 점에서 보다 강력한 서비스의 운용이 가능하다는 것을 제시하고 있다.

따라서 최적 요금 메뉴를 산출하기 위해서는 수용가의 평가가 변화한다는 것을 인정하고 정기적으로 요금 메뉴를 개정할 필요성이 있다. 이와 같은 수용가의 선호의 변화에 따른 요금 메뉴의 수정법에 대해서는 Newton법을 이용한 계산 알고리즘이 있다.

한편, 공급신뢰도에 대한 수용가 평가의 변화를 고려하는 경우에는 아마도 장기적인 계약을 체결하는 것이 수용가에게는 불리하게 작용할 수도 있으므로 서비스 기간을 단축하여 가능한 한 수용가에 적합한 메뉴를 제공할 필요가 있다. 단, 역으로 계약기간을 짧게 하면 빈번하게 계약을 변경하지 않으면 안되므로 그에 따른 비용(공급신뢰도와 선호도 조사를 위한 정보수집비용 그리고 계약개정에 따른 요금계산 비용 등)이 발생한다. 또한 극단적으로 계약기간을 단축하면 스포트 요금제와 유사한 서비스가 되어 이 경우에는 요금 계산 및 쌍방향 통신에 상당한 비용이 드는 문제점이 발생할 우려가 있다.

#### 라. 공급신뢰도를 고려한 요금제도

Priority Service와 같이 일반화된 형태에 의한 공급신뢰도별 요금제도는 아니지만 일부 대규모 수용가를 대상으로 계통사고 및 수급비상시에 부하를 차단하는 대신에 요금 할인을 적용하는 제도는 기존의 많은 나라에서 실시되어 오고 있다. 미국의 경우는 앞서 전술한바와 같고 그 밖에 프랑스에서는 「황요금」(계약전력 36kW~250kW) 및 「녹요금」(계약전력 250kW~10,000kW)의 옵션으로서 「차단가능 부하계약요금」이 적용되고 있다. 이는 각 계절·시간대의 계약전력을 차단 계약용량과 차단가능 추가 계약용량으로 구분하여 차단가능용량에 대하여 실제 차단 상황시 할인요금을 적용하는 제도이다. 또한 일본의 경우도 부하차단요금으로서 일부 대규모 산업 수용가를 대상으로 수시 조정계약이 도입되어 적용되고 있다.

또한 공급신뢰도별로 요금을 설정하는 것은 아니고 부하차단에 따른 손실의 정도에 따라 수용가마다 다른 요금을 적용하는 제도가 있는데 이와 같이 정전비용을 명시적으로 고려한 요금 제도로서 캘리포니아 공익사업규제 위원회(CPUC)가 있다. CPUC에서는 요금을 전기의 한계비용과 정전비용의 합계가 같도록 하는 요금체계를 검토하고 있는데 이 방법은 정전비용이 한계투자비용과 같은 반면, 공급신뢰도에 대한 선호의 차는 수용가간에 존재하지 않는 것으로 가정한다. 이에 반해 수용가 간에 전력공급신뢰도에 대한 선호의 차를 고려하여 제도 및 기술상의 제약에 의해 Priority Service의 실현이 곤란한 경우에 이를 대신하는 효율적인 요금이론이 있다.

이 이론은 수급불안시 각 수용가의 전력수요량에 비례하여 부하차단을 행하는 경우, 각 수용가가 입는 정전비용 및 수급불안에 대한 공헌도(피크시 계통전체 부하에 점유하는 비율)에 따라 요금을 차별화 하는 것이다. 산

업 및 업무용과 같이 정전비용이 높은 수용가에서는 보다 높은 한계 자본비용을 부담시키기 위해 그에 따른 요금을 높인다. 반면에, 수급불안 사태에 기인하는 요인으로서 가정용 수용가가 다른 기간에 비하여 피크시 소비되는 전력비용이 높은 수용가가 존재한다고 볼 수 없다. 따라서 전력수요량에 비례하여 부하를 할당하지 않으면 안되는 경우에는 단순히 정전비용에 대응하여 요금을 차별화하는 것은 수급불안을 일으키는 가정용 피크 수요를 억제할 수 없기 때문에 산업 및 업무 수용가에 대하여 큰 손실을 입힐 수 있다. CPCU에서 검토한 정전비용별 요금 적용에 대해서는 정전비용이 낮은 가정용 수용가에 의해 과대 소비가 발생하여 수급불안이 발생할 수 있으므로 정전비용과 수급불안에 대한 수용가의 공헌도 양자를 고려하여 요금을 적용함으로써(공헌도가 높으면 높은 요금을 적용) 가정용 수용가에 의한 과대 소비를 억제할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 Priority Service에서는 사전에 제시한 공급신뢰도 메뉴에 따라 수용가가 자기 선택을 행한다는 점에서 제 2종 요금차별에 상당한다고 볼 수 있고 정전비용별 요금은 수용가의 속성(산업, 업무, 가정)에 따라 차별요금을 설정한다는 면에서 제 3종 요금차별이라고 볼 수 있다.

#### 4. 결론

일반적으로 전기사업에 있어서 품질문제는 향상을 의미하지만 현행제도하에서는 일률적으로 품질을 향상시키는 것이 큰 코스트 상승을 의미하기 때문에 다른 에너지와의 요금 격차로 인해 수용가가 타 에너지로 변환할 가능성이 있다. 그 예로서 기존의 자가발전과 코제너레이션의 신장은 실질적으로 품질과 요금의 다른 조합 서비스의 출현이라고 말할 수 있기 때문에 품질의 일률적 향상은 반드시 필수적인 전략이라고 말할 수는 없다. 따라서 이와 같은 문제점에 효율적으로 대처하기 위해서는 전력회사에서는 수용가의 품질과 요금에 대한 반응을 감지하여 이에 대응한 전략을 수립할 필요가 있다.

이와 같이 수요와 공급의 양측면에서 전력품질과 관련돼 둘러싼 문제의 출현은 필연적으로 전력서비스의 선택과 폭에 대한 요구와 결부되어진다. 따라서, 우리나라의 경우도 지금까지 품질과 요금이 같은 단일 상품인 현행 전력서비스 형태로부터 향후 요금과 품질이 다른 조합으로 구성된 다중 상품의 도입이 필수 불가결할 것이다. 즉, 전력품질이 차별화된 다중 상품의 도입에 의해 수용가 선택 폭의 확대 및 효율적 부하관리를 얻을 수 있을 것으로 판단되며 이를 위해서는 수용가 자신의 선호에 맞도록 공급신뢰도와 요금이 최적으로 조합된 다양한 요금 메뉴의 개발이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] Isamu Matsukawa, "On the Theory of Priority Service". Economic Research Center, Rep. No. Y90004.
- [2] I. Kurihara and E. Hashimoto, "Multi Menu Power Supply System" Komae Research Lab. No. T88015.
- [3] Hiroshi Asano, "Survey of Utility Real-Time Pricing Programs in the U.S." Economic Research Center, Rep. No. Y90001.
- [4] Y. Fujii and I. Matsukawa, "Customer's Choice between Quality and Price of Electric Service", Economic Research Center, Rep. No. Y89005.