

전력계통여건을 반영한 합리적인 역률요금제도 개선에 관한 연구

김경훈, 김주현, 최선규
한국전력공사

The Study of the Rational Power Factor Rate System Considering Power System Conditions

Kyoung-Hun Kim, Ju-Hyun Kim, Sun-Kyu Choi
Korea Electric Power Corporation
Korea Electric Power Corporation

Abstract - 역률요금제도에서 가장 중요한 것이 합리적으로 할인·할증률을 설정하는 것이다. 할인·할증률을 통해 고객은 전기요금에 추가 또는 감액 받게 되므로 합리적인 근거에 따라 적정 할인·할증률을 선정해야만 전력회사와 고객간에 공정한 무효전력 거래가 가능하다. 오늘날 전기공급약관에서는 고객 역률 $\pm 1\%$ 변동시 기본요금에 연동하여 $\pm 1\%$ 를 가감하고 있다. 그러나 할인·할증률 즉 기본요금 $\pm 1\%$ 가감에 대한 이론적 근거가 찾기 힘들고 연구된 바도 없다. 따라서 본 논문에서는 현재의 역률요금제도상의 할인·할증률의 이론적 기반을 명확히 하고 오늘날의 전력계통 여건을 반영한 합리적인 할인·할증률을 제안하고자 한다.

1. 서 론

역률은 전력회사와 고객 양측에 모두 중요한 영향을 미치므로 반드시 적정수준의 역률이 유지되도록 관리할 필요가 있다. 전력계통의 네트워크 특성 및 무효전력의 특성상 전력계통에 있어서의 역률은 전력회사(송배전 회사)의 노력만으로는 완벽히 관리하는데 한계가 있기 때문에 전력계통에 관계된 모든 당사자가 계통역률을 유지하는데 협력해야 한다. 이러한 관점에서 발전기의 계통연계시 일정 기준역률을 제시하고 있으며, 최종 소비자인 고객에게도 역률유지 협력의무와 역률요금제도를 도입하고 있다. 즉, 전력회사는 계통에서의 자체 역률운전기준을 운영함과 동시에 고객측의 역률운전 기준을 제시하고 있다.

2. 역률요금제도 분석

고객의 역률관리기준은 크게 기준역률(90%) 설정 및 역률유지 의무 부여, 역률유지 의무 미 이행시 전기공급정지 규정, 자발적 역률관리를 위한 인센티브 제도인 역률할인·할증 요금제도 등으로 구성된다. 이론적으로는 고객은 기준역률이상 역률유지 의무가 있고, 특히 진상역률이 발생한 경우에는 한전이 전기공급을 중지할 수 있으나 현실적으로 이를 실행하기란 결코 쉽지 않다. 따라서 고객의 자발적인 역률관리를 유도하기 위해 금전적인 인센티브 또는 페널티를 부과하는 제도인 역률할인·할증 요금제도가 약관에서 정한 역률관리의 핵심이다.

2.1 역률요금제도의 필요성 및 의의

일반적으로 역률이 나빠면 전류가 증가하고 공급설비(발전기, 변압기, 송전선로 등)를 크게 하지 않으면 안 된다. 또 발전기에도 정격역률이 있으므로 계통 역률을 발전기 정격역률 범위 이내로 유지 하려면 변전소 등에서 조상설비의 운전이 필요하게 된다. 따라서 부하역률이 나빠면 전력원가 중 주로 고정비를 상승시키는 것으로 이해할 수 있다. 전력계통에서 역률을 개선하는 대표적인 방법으로는 전력회사측에서 조상설비를 설치하는 방법과 고객 구내에서 부하설비와 병렬로 콘덴서를 설치하는 방법이 있다. 후자는 전자에 비하여 그 소요경비가 싸고 기술적으로도 전력회사측 변전소에 조상설비를 통합하여 설치하는 것보다 고객마다 콘덴서를 설치하는 편이 효과가 크므로 그 장려책의 하나로 대부분의 국가에서 역률할인·할증제도를 설정하여 운영하고 있는 것이다.

2.2 현행 역률요금제도의 내용

국내 역률요금제도는 전기공급약관에 기술되어 있으며 그 내용은 다음과 같다. 먼저, 고객은 전체 사용설비의 역률을 지상 90%(기준역률) 이상으로 유지해야 한다. 고객의 역률이 기준역률에 미달하는 경우에는 60%까지 미달하는 1%마다 기본요금의 1%를 추가한다. 고객의 역률이 기준역률을 초과하는 경우에는 95%까지 초과하는 때 1%마다 기본요금의 1%를 감액한다.

현행과 같은 할인·할증 요금제도는 전력계통의 고역률 운전을 위해 고객 부하설비 역률개선 유도 목적으로 '89.4월 도입 후 22년간 시행중인 제도로서 적용대상 고객은 무효전력을 계량할 수 있는 계량장치를 설치한 20kW 이상 일반용, 교육용, 산업용, 농사용, 임시전력 고객이다.

현행 역률요금제도를 <표 1>로 정리 하였다. <표 1>의 제도를 적용받는 고객은 계약전력 20kW 이상 일반용, 교육용, 산업용, 농사용, 임시전력 고객이다.

<표 1> 현행 한전의 역률요금제도

구 분	역률계산 방법	적용범위	요금부과
할 증	· 기준역률 90% · 월간 평균역률	60%~89%	90% 미달 1% 마다 기본요금 1% 추가
할 인	· 역률측정 시간대 09 ~ 23시	91%~95%	90% 초과 매 1%마다 기본요금 1% 감액

3. 전력계통 여건의 변화

우리나라의 전력계통 역률 운전 목표는 전력시장운영규칙 별표 「전력계통 운영기준」에서 규정하고 있으며 중부하시 90% 이상, 경부하시 95~100%로 명시되어 있다. 최근의 연도별 계통역률 운전현황은 아래 표에서 보는 바와 같이 연도별로 역률이 점진적으로 향상되어 2009년에는 연간 평균역률이 94.5%로서 전반적으로는 매우 안정적인 수준이라고 평가할 수 있다.

<표 2> 최근 연도별 계통역률 운전현황

구 분	2006	2007	2008	2009	비 고
최대전력 [MW]	58,994	62,285	62,794	63,212	
순시역률 [%]	-	-	93.9	95.1	KPX
평균역률 [%]	93.6	94.7	93.7	94.5	한전

또한 경부하시간대의 역률현황을 변전소별로 보다 세밀하게 살펴보면 최근에는 아래 <표 3>과 같이 경부하 시간대에 진상역률이 발생하는 것이 보편화 되어 있음을 알 수 있다.

<표 3> 변전소별 역률현황

부하시간대	'09.8.19[최대부하]		'09.5.4[최저부하]		'08.7.15[최대부하]	
	15시	04시	14시	04시	15시	04시
154kV 변전소수	603	603	596	596	577	577
진상 변전소수	17	120	30	289	8	70
진상운전율[%]	2.8	19.9	5.0	48.5	1.4	12.1

이상에서 살펴본 바와 같이 계통역률은 과거에 비해 전반적으로 크게 개선되었고 한편으로는 진상역률이라는 또다른 문제점을 야기하고 있는 것으로 분석되었다. 이러한 계통변화의 원인으로는 법제도적 측면, 전기공급자의 설비운용 형태 측면, 고객의 전력소비 형태 측면 등 다양한 관점에서 분석할 수 있으며 이러한 모든 요인이 계통역률의 변화에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

4. 계통여건을 반영한 합리적인 할인·할증률 제안

현행 한전의 역률요금제는 기준역률 90%를 기준으로 역률 1%당 기본요금의 1%를 할인 또는 할증 적용하고 있다. 본 절에서는 과거 역률요금제도 도입당시의 계통여건과 현재의 계통여건을 비교 검토한 후 전력원가 분석을 통하여 역률요금제도 중 할인·할증률 수준의 이론적 적정성에 대해 검토해 보고자 한다.

계통여건의 변화에서 분석 한 것과 같이 과거 90년대 이전과 현재의

계통여건을 역률관점에서 보면 계통역률 90% 미만의 저역률 시대에서 계통역률 90% 이상의 고역률 시대로 변화하였음을 알 수 있다. 따라서 고객측 역률 수준이 한전 계통에 미치는 영향 또한 계통여건의 변화에 따라 달라질 수 밖에 없다.

4.1 계통여건 변화 및 고객측 역률수준이 계통에 미치는 영향

계통역률이 90% 이하였던 90년대 이전의 계통여건을 살펴보면 다음과 같다.

- 연 평균 부하 증가율이 10% 이상으로 고객측 역률보상 설비가 부하설비 증가율을 따라가지 못 하였다.
- 한전측(계통측)에서도 역률보상설비 부족으로 고객측의 지상 무효전력을 충분히 보상하지 못한 실정 이었다.
- 따라서 고객측의 역률변동이 배전단, 송전단을 넘어 발전단까지 영향을 미쳤다.

앞에서 살펴 본것과 같이 역률이 나빠지면 전류가 증가하고 전류가 증가하면 전력원가중 고정비가 증가하므로 역률의 변동에 따라 고정비 회수 목적인 기본요금에 연동하여 할인·할증 하고 있다. 그런데 문제는 역률 ±1% 변동시 기본요금에 ±1%를 연동시키는 것이 합리적이라는 것이다. 다시 말하면 할/할증률의 합리성 문제이다.

다음의 전력 수식에서 유도된 전류수식을 통해 역률변동에 따른 전류 변동의 상관관계를 살펴봄으로서 할인/할증률의 합리성을 짚어 보고자 한다.

$$P = \sqrt{3} VI \cos \phi \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} \quad (2)$$

$$\Delta I = I_{\cos \phi 1} - I_{\cos \phi 2} \quad (3)$$

여기서 P는 전력[kW], V는 선간전압[kV], I는 전류[A], COSφ는 역률이다. 또한 식 (3)에서는 COSφ1을 역률 90%로 기준으로 삼아 임의의 역률 COSφ2로 변동시 전류의 변동값을 구하는 수식이다.

다음 <표 4>에서는 위의 식 (2)와 (3)을 이용하여 한전 배전선로의 기준용량인 10,000kW, 공칭전압 22.9kV를 기준으로 역률변동시 전류 변동 값을 계산하여 전류 증감률을 표시 하였다.

<표 4> 역률변동과 전류변동의 상관관계 분석

역률(COSφ)	95%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	86%	85%
I (A)	265	268	271	274	277	280	283	286	290	293	297
ΔI (A)	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	10	13	16
증감률(%)	-5%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	1%	2%	3%	5%	6%

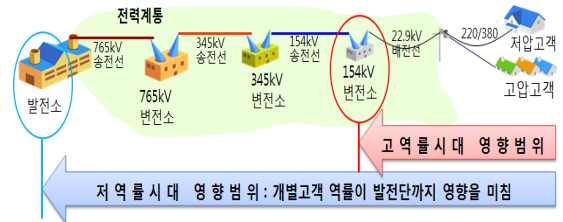
<표 4>에서 보여주는 바와 같이 고객측 역률 1% 변동 시 전류가 약 1% 변동한다. 그리고 설비용량(kVA)은 '전압 × 전류'이므로 전류 1% 변동 시 설비용량이 1% 변동한다고 볼 수 있다. 또한 전력원가 중 고정비는 설비용량을 기준으로 원가배분을 수행하므로 설비용량 1% 변동 시 고정비가 1% 변동하게 된다. 따라서 고정비 1% 변동 시 고객측 역률변동이 발전단까지 영향을 미치는 저역률 시대에서는 전체 고정비를 고려한 기본요금의 1%가 변동하는 것으로 산정된다.

다시 말하면, 과거 90년대 이전 저역률 시대에서는 고객측 역률 1% 감소(증가) 시 기본요금의 1%가 증가(감소)하게 되며 이러한 계통여건을 반영하여 역률요금제도 도입 당시 할인·할증액을 기본요금의 1%로 결정한 것으로 추론된다.

다음으로 계통역률이 90%를 초과하는 90년대 이후의 계통여건을 특성은 다음과 같다.

- 고객측 역률을 살펴보면 계통 기준역률을 초과하는 고객과 미달하는 고객이 혼재되어 있다.
- 한전에서 배전용 변전소(154kV 변전소)에 고객측 지상 무효전력에 대응하는 역률보상설비를 충분히 갖추고 있으므로 22.9kV 모선단에서 일정한 역률을 유지하고 있다.
- 따라서 고객측의 역률변동이 배전용 변전소까지만 영향을 미치고 있다. 다시 말해 고객측 역률변동이 송전단과 발전단에는 거의 영향을 미치지 못하고 있다.

계통여건의 변화에 따라 고객측 역률이 계통에 영향을 미치는 범위를 도식화 하면 아래 그림과 같다.



<그림 1> 고객역률이 계통에 영향을 미치는 범위

<그림 1>에서와 같이 현재의 계통여건에서는 개별고객의 역률변동이 배전용 변전소(154kV)의 조상설비로 보상이 되어 송전단 및 발전단에 영향을 미치지 않으므로 전체 고정비 중 배전비와 154kV 변전소에 설치되는 조상설비 비용만큼만 기본요금에 연동시킬 수 있도록 할인·할증률을 조정하는 것이 원가측면에서 합리적이다.

4.2 전력원가분석을 통한 할인·할증률 검토

이상의 논의를 근거로 전력 공급비용의 전체 고정비 중 배전비와 154kV 변전소 조상설비 비용의 비율을 분석한 후 합리적인 할인·할증률 재산정하여 제안 하고자 한다.

전력원가 요소별·형태별 전력공급비용은 <표 5>와 같다.

<표 5> 전력원가

(단위:백만원, 2009년기준)

원가요소	발전	송전*	고압배전	저압배전	판매	합계
고정비	9,560,427	2,039,525	1,633,656	719,759	149,297	14,102,664
변동비	17,689,693	103,408	156,784	52,840	1,464	18,004,189
수용비	-	-	101,994	93,584	770,379	965,957
합 계	27,250,120	2,142,933	1,892,434	866,183	921,140	33,072,812

* 154kV 송전단 조상설비에 대한 고정비는 8,595백만원

총 공급비용 중 고정비, 변동비 및 수용가비의 구성 비율은 각각 43%, 54%, 3%이다. 또한 총 고정비 중 배전비(고압·저압)와 154kV 조상설비 비용의 구성 비율은 16.75%이다.

$$A = \frac{(1,633.656\text{백만} + 719.759\text{백만} + 8,595\text{백만})}{14,102.664\text{백만}} = 16.75\%$$

여기서 A : 총 고정비 중 배전비와 154kV 조상설비비용의 구성 비율

따라서 전력공급비용측면에서 재 산정된 할인·할증률은 다음과 같이 0.17%수준으로 산정된다.

$$B = 1\% \times 16.75\% = 0.17\%$$

여기서 B : 전력공급비용측면에서 재 산정된 할인·할증률

5. 결 론

역률요금제에서 가장 중요한 것이 합리적으로 할인·할증률을 설정하는 것이다. 따라서 본 연구를 통해 할인·할증률 논리를 역률변동과 전류변동의 상관관계를 분석하고 이를 기반으로 원가분석을 통해 밝혀냈다는 것은 큰 의의가 있다. 현행 한전의 역률요금은 기준역률 90%를 기준으로 역률 1%당 기본요금의 1%를 할인 또는 할증 적용하고 있다.

과거 역률요금제도 도입당시의 계통여건과 현재의 계통여건을 비교 검토한 결과 과거 90년대 이전 저역률 시대에는 고객측의 역률변동이 배전단, 송전단을 넘어 발전단까지 영향을 미쳤다. 그러나 90년대 이후 고역률 시대에는 배전용 변전소까지만 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 고객측 역률 1%의 변동은 고객측 역률이 영향을 미치는 범위에 해당하는 고정비에 1%를 변동 시키므로 계통여건의 변화와 최근의 전력원가를 분석한 결과 이론적으로 적정 할인·할증률 수준은 0.17%로 산정되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Docket No. AD05-1-000, Reactive Power Supply and Consumption, Principles for Efficient and Reliable, 2005
- [2] 한국전력공사, 기능적 원가의 형태적 분류, 2010
- [3] 한국전력공사, 전기공급약관 및 전기공급약관시행세칙, 2010