

전자식전력량계의 도입현황과 요금구조의 장기방향을 고려한 발전전망

권오형, 김재성, 조진섭
한국전력공사

Present Situation and Prospects for the Solid State Meter Considering Electricity Tariff Policy

Kwon, O-hyung
KEPCO

Kim, Jae-sung
KEPCO

Jo, Jin-sub
KEPCO

Abstract - Due to the reinforcement of government's DSM(Demand Side Management) policy, Solid State Meter was introduced in Korea since 1993 and it is applied to the high voltage customer exceeding 100kW, in order to equalize daily load curve. In recent days, KEPCO has a plan to use the Solid State Meter which has a data recording and remote meter-reading function for low voltage customer to introduce the real-time pricing system and reduce peak power in the near future. So, this paper suggests the specification and function of Solid State Meter.

2. 본 론

1. 서 론

전력량계는 전기사업자와 고객과의 전력거래에 있어서 없어서는 안될 중요한 계량장치로서 오랫동안 유도형인 기계식 전력량계가 개발되어 사용되어 왔다. 그러나 산업의 고도화, 자동화 및 정보화 사회의 도래 등 전력산업 환경의 변화로 전력수급 조절을 위한 수요관리의 필요성이 증대되면서 시간대별 요금제도의 필요성과 전자기술의 발달에 따라 70년대 후반부터 전자식 전력량계를 개발하여 사용하고 있으며, 80년대 이후 대용량 고객을 중심으로 전자식 전력량계의 사용이 확대되면서 상대적으로 고가인 기계식 시간대별 전력량계는 사양화되어 가고 있으며, 근래에는 원격검침, 직접부하관리 등의 필요성과 실시간 요금제도, 선택요금제도 등 다양한 요금제도의 도입 필요성이 점차 증가함에 따라 소용량 고객에도 다기능을 갖춘 전자식 전력량계가 채택되는 추세이다.

국내의 경우도 1906년에 중량등 제도가 도입된 이래 오랫동안 기계식 전력량계가 도입되어 사용되어 왔으나 80년대 말부터 90년대 초반의 수급불안과 관련하여 수요관리의 필요성이 증대되면서 요금제도의 수요관리 기능제고를 위하여 1993년에 전자식 전력량계를 도입·사용하기 시작하였으며, 현재에는 고압고객을 대상으로 전자식 전력량계를 부설하고 있다. 또한 전력량계 제조업체에서는 향후 전자식 계기의 본격적인 사용 확대에 대비하여 저압용 전자식 전력량계 및 관련기술의 개발에 노력하고 있다.

그러나 고압용에 비해 소요 대수가 많은 저압용 전자식 전력량계는 도입·사용시 요금정책과 계기산업에 미치는 영향이 매우 크며, 한번 채택된 계량장치의 개선에는 장기간이 소요되므로 개발 및 도입에 신중을 기하여야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 논문에서는 국내의 전자식 전력량계 도입 및 사용현황을 살펴보고, 문제점을 분석한 후 전력량계와 불가분의 관계에 있는 요금구조의 장기 발전방향을 고려한 전자식 전력량계의 필요기능과 발전방향에 대하여 고찰해 보고자 한다.

2.1 연대별 전력량계 변천사

1887년 경복궁 건청궁에 국내 최초로 전등이 밝혀진 이후 1901년에 정액등 전기영업이 시작되었다. 초창기에는 전력량계 없이 요금을 부과하는 정액등 제도만 있었으나 1906년에 인천전기(주)에서 중량등 제도를 도입함으로써 전력량계를 사용하기 시작하였으며, 당시의 중량등 요금은 0.3환/kWh이었다. 이 시기에는 주로 일본의 동경전력 전력량계를 도입하여 사용하였으며, 연대별로 전력량계의 변천사를 살펴보면 다음과 같다.

2.1.1. 1960년대

1961년 전력3사 통합시에도 정액등 고객이 전등고객의 절반을 차지하고 있었으며, 1964년 단상 100%(I형) 전력량계가 국내 조립되어 일부 사용되기 시작하였고 1967년에 완전 국산화됨으로써 정액등 고객의 중량화가 크게 촉진되기 시작하였다. 1968년에는 200%(II형) 전력량계가 생산 보급되기 시작하였으며, 최대수요 전력계는 지시형에서 누산형으로 바뀌었다.

2.1.2. 1970년대

1960년대부터 시작한 정액등 고객 전력량계 부설공사가 1973년에 완료되었으며 300%(III형) 전력량계가 개발·사용되기 시작하였다. 1977년에는 시간대구분 요금제도가 도입됨에 따라 스위스의 Landis & GYR제인 기계식 3중 전력량계를 도입하여 500kW 이상 산업용 고객에 부설하기 시작하였으며, 1979년에는 역률요금제도가 도입되면서 역률측정을 위하여 무효전력량계를 부설하기 시작하였다.

2.1.3. 1980년대

1980년대는 기계식 전력량계의 기술향상의 시대라 볼 수 있다. 동력용 및 대용량 전력량계의 개발·보급이 본격화되었으며, 공급전압 및 용량에 따라 전력량계의 종류가 다양하게 되었다. 또한 전력량계의 부설수량이 1980년대 초의 5백3십만대에서 '80년대 말에는 9백4십만대로 늘어나는 등 양적으로 팽창되는 시기이기도 하다.

2.1.4. 1990년대

1988년부터 계량범위의 확대와 장수명화를 위해 개발에 착수한 400%(IV형) 전력량계가 1990년에 개발이 완료되어, 1991년부터 일부 구입·사용하기 시작하였으며 1993년에 400% 전력량계의 검침유효기간이 15년으로 연장되었다. 1990년대는 1980년대의 전력량계 종류 다양화시대에서 단순화시대로 변천되어 가고, 첨단기능의 전력량계 개발에 박차를 가한 시대이다.

한편 전자식 전력량계는 경제급전 및 검침선진화 계획의 일환으로 1992년부터 도입이 검토되기 시작하여 1993년에 최초로 원격검침 기능을 가지고 있는 미국의 G.E계가 도입되어 5,000kW 이상의 대용량 고객에 부

설되기 시작하였다.

2.2. 전자식 전력량계 도입 및 개발

2.2.1. 도입 검토

1992년 4월에 전자식 전력량계 실용화 추진방안을 수립하였으며 '92년 6월에는 전자식 전력량계 실용화 추진반을 구성함으로써 본격적으로 도입을 추진하게 되었다. '92년 12월에는 공진청의 전력량계류 검정 및 형식승인기준이 개정·고시됨으로써 전자식 전력량계의 시험기준이 제정되어 전자식 전력량계의 도입 기반이 확립되었다.

2.2.2. 최초 도입

1993년 2월에 미국의 G.E사가 구매입찰에 낙찰되어 1,100대가 최초로 도입되었으며, '93년 6월에 개별검정이 완료되어 7월부터 부설되기 시작하였다. 그러나 전자식 전력량계에 하자가 발생됨으로써 전량 반송 처리하는 등 도입 초기에는 많은 어려움을 겪었다.

2.2.3. 추진과정

전자식 전력량계가 도입·사용됨에 따라 1994년에는 전기공급규정이 개정되어 고압계기의 시설·소유주체가 고객에서 한전으로 바뀌게 되었으며, '94년 이후 원격검침용, 신규용 및 승압보상용 등의 전자식 전력량계가 G.E, AEG, 대한전선, 서창(태원) 및 LG산전 등으로부터 도입되어 사용되고 있으며, '94년 7월부터는 신설이나 계기교환 필요시 고압고객을 대상으로 전자식 전력량계를 설치하고 있다. 그리고 전력량 측정원리는 기계식과 같으나 계량정보 표시 및 자료저장 기능은 전자식으로 되어있는 반전자식 전력량계는 1995년에 독일의 AEG 제품 1종과 3종의 두 가지가 도입·운영되고 있으나, 1996년부터는 기록형 전자식 전력량계가 사용되고 있어 더 이상 신규부설은 되고 있지 않다.

2.2.4. 개발현황

전자식 전력량계는 국내의 대한전선, 서창전기, LG산전 등의 계기업체에서 완제품 국산화하였으나, 계기 내부의 핵심부품인 반도체소자 등은 아직 외국에서 수입·제작하고 있는 실정이다. 전자식계기용 ASIC칩(주변형 반도체)은 국산화 개발에 착수한 상태이며 가까운 시기에 개발이 완료될 전망이다.

기록형 전자식 전력량계의 국내형식승인 취득 현황은 다음 표와 같다.

제 작 사	계기규격	형식승인일
대한전선(주)	3P4W, 1.0급	1995. 1
LANDIS & GYR	"	1994.12
P.S.I	"	1995. 2
태원전기통신(주)	"	1995. 6
Schlumberger	"	1995. 6
LG산전(주)	"	1996. 5
G.E	3P4W및3P3W, 0.5급	1994. 4
대한전선(주)	"	1996. 2
LG산전(w)	"	1996. 5
서창전기	"	1996. 1

저압용 전자식 전력량계 개발현황은 다음과 같다.

개발업체	규 격			개발상태	형식승인일
	정밀급	상선식	용량(A)		
LG산전	2.0	단상	40(10)	개발중	
서창	1.0	3P4W	120	사용중(민수용)	'97. 9

2.3. 전자식 전력량계 사용현황 및 문제점

2.3.1 사용현황

과거의 기계식 전력량계가 전자유도작용에 의한 원판

회전수를 적산하여 계량하는데 비하여 전자식 전력량계는 사용전력량을 펄스(pulse) 수로 변환하여 계량함으로써 보다 정밀한 계량을 할 수 있음은 물론, 여러 가지 계량 소프트웨어 운영으로 수요관리를 위한 다양한 요금제도의 탄력적 적용이 가능하고, 계량 및 부하 사용정보의 제공, 계량장치의 단순화, 통신망 구성시 자동원격검침 기능 보유 등 여러 가지 장점을 보유하고 있어 향후 지속적으로 확대 사용될 전망이다.

계약종별에 따른 전자식 전력량계의 사용구분은 다음과 같으며 10,000kW 이상 고객은 전기공급규정에 의해 0.5급 계기(GE 또는 LG)를 부설하고 있다.

- 1종계량 대상고객(산업용갑, 일반용갑 등)
 - 일반형 1종계기(예 : 대한전선계, AEG계 1종계기)
 - 기록형복합계기(예 : GE, 태원, LG계 계기)
- 3분할 3종계량 대상고객(산업용을)
 - 일반형 3종계기(예 : 대한전선계, AEG계 1종계기)
 - 기록형복합계기(예 : GE, 태원, LG계 계기)
- 6분할 3종계량 대상고객(산업용병, 일반용을)
 - 기록형복합계기(예 : GE, 태원, LG계)
- 2종계량(심야전력을)
 - 태원 전자식계기의 2종 심야(을) 프로그램 입력 활용
 - 일반형 전자식 3종계기(예 : 대한전선) 활용

'98년 5월 현재의 전자식 전력량계 부설현황은 다음과 같으며 전체 고압계기(D/M부)중 50% 이상의 점유율을 보이고 있다.

구 분	G.E	대한	AEG	서창	LG	기타	합 계
일 반		4,674	3,745				8,419
복 합	1,091			29,124	113	608	30,936
합 계	1,091	4,674	3,745	29,124	113	608	39,355

2.3.2. 문제점

위의 표에서 알 수 있는 바와 같이 고압계기(D/M부) 전체 78,587대의 절반 이상이 전자식 전력량계가 부설되어 있으며, 검정유효기간을 고려할 때 고압계기는 수년 내에 전자식 전력량계로 바뀔 것으로 전망된다. 그러나 전자식 전력량계는 도입·운영시기가 짧고 계기규격 역시 종합적으로 검토되어 설정된 표준규격이 없어, 운영방법 및 기능 등이 각각 다른 다양한 제품이 도입됨으로써 향후 본격적인 전자식계기 확대사용시 계기 유지관리의 효율성 향상 및 다양한 요금정책의 도입에 어려움이 예상되고 있다. 또한 전자식계기는 도입의 초기는 지난 단계이므로 구매방법 및 절차도 개선을 검토해야 할 시점으로 판단된다. 그리고 전자식 전력량계가 도입되면서 '94년에 거래용 전력량계에 대한 소유관리가 전력회사로 전환되었으나, 저압·고압계기 그리고 계기함 및 기타 부속장치 등의 '소유, 관리가 이원화되어 있어 효율적인 관리가 어려운 실정이다. 또한 현장관리 측면에서는 운영S/W가 종류마다 다르고 한글화가 안되어 있어 운영상 어려움이 따르고 있다. 운영S/W는 크게 현장용과 중앙통제소용이 구분되는데, 중앙통제소에서는 대개 전문운영 요원이 관리하기 때문에 한글화 지원여부가 필수적인 사항은 아니나 현장운영S/W는 컴퓨터 운용의 전문지식이 없는 검침원 등이 사용하는 경우가 많기 때문에 한글화를 지원하는 것이 필요하다고 판단된다.

2.4. 요금구조의 장기 발전방향과 계량장치

전기의 생산과 소비선상의 경계선에 위치하여 전기사업자와 고객간의 연결고리로서의 역할을 수행하고 있는 계량장치는 요금구조와 불가분의 관계를 가지고 있어 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 서로 영향을 끼치며 발전하고 있는 것과 같이 상호관계 속에서 발전하고 있다. 그러나 요금구조의 개선에 소요되는 기간은 단기간인 데 비하여, 계량장치를 개선하는 데에는 장기간이 소요되므로, 계량장치의 기능은 장기 요금구조 발전방향을 감안하여 필요한 기능을 사전에 구비할 필요가 있다.

2.4.1. 요금구조의 장기 발전방향

현재의 요금구조는 기본적으로 요금기저에 투자보수율을 더하여 비용보전을 목적으로 하는 총괄원가 기준을 채택하고 있으며, 총괄원가를 용도별로 구분하는 형태와 일부종별에 시차제 요금을 적용하여 부분적으로 한계원가 개념을 도입하고 있다. 그리고 요금표에 의한 고정식 요금정책을 취하고 있으며 부하관리 요금제도를 통하여 특수요금에만 가변요금 개념을 도입하고 있는 실정이다. 또한 부분적으로 선택요금제 개념을 도입하기 시작하였으나, 전기품질별 차등요금 등은 아직 도입하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 총 6개의 종별중 3개 종별(산업용, 농사용, 가로등)의 판매단가가 원가에 미달되고 있으며, 지역별로도 15개 지역중 8개 지역이 손실을 나타내고 있다. 따라서 여러 가지 사정으로 왜곡되어 있는 요금구조를 기본 원칙에 충실하도록 개선해 나가야 할 것으로 판단된다. 장기적인 요금구조의 발전방향을 살펴보면 다음과 같다.

- 총괄원가 기준 → 한계원가 기준(수요관리)
- 고정적 요금 → 가변적 요금(실시간 요금제)
- 확일적 요금 → 선택적 요금
- 용도별 구분 → 소비형태별 구분(전압, 규모, 부하율)
- 전지역 동일요금 → 지역별, 품질별 차등요금

2.4.2. 계량장치 필요기능

앞에서 살펴본 요금구조의 장기 발전방향을 감안한다면 계량장치는 사용량을 측정하는 기능 뿐 아니라 정전상황, 전압, 주파수 변화 등의 기록을 보존하는 기능을 갖추어 품질유지 상태를 확인할 수 있어야 할 것으로 생각되며, 시간별 부하기록 기능, 최대전력 및 역률 측정 기능 및 원격검침 기능 등 다기능을 갖춘 복합전자식 전력량계의 채택이 불가피하게 될 전망이다. 현재 전자기술의 발전으로 전자식 전력량계에서 정밀도를 높이는 것은 어렵지 않으며, 소프트웨어를 이용한 다기능을 실현하는 데도 별 문제가 없을 것으로 전망된다. 전력량계의 원가를 낮추는 문제와 자동원격검침 기술분야에 많은 노력이 요구되는 실정이다. 또한 고객의 규모와 종별에 따라 채택하게 될 요금제도와 그에 따라 필요한 기능을 갖춘 전력량계의 개발과 채택 그리고 적용시기 등은 국내 여건과 국산화 정도 등 여러 가지 사항을 고려하여 정책적으로 결정해야 할 것이다.

2.5. 저압 전자식 전력량계

현재 저압용으로 사용하고 있는 기계식 전력량계는 국산화, 광범위화 및 장수명화를 지속적으로 추진하여 많은 기술향상을 이루었으나, 기계식으로는 정밀도를 높이는 데 어려움이 많으며, 저압고객까지 수요관리의 필요성이 증대되어 가는 근래의 실정을 감안해 볼 때 시간대별 구분계량과 최대수요 및 역률측정이 가능한 저압 전자식 전력량계의 개발을 추진해야 할 것으로 생각된다.

세계 각국의 전력량계 사용현황은 전자식 전력량계의 점유율이 계속 높아지고 있으며 다양한 요금제도 도입, 수요관리 및 자동원격검침 등을 위해 근래에는 소규모 고객까지 전자식 전력량계의 사용이 확대되고 있는 상황이며, 제조회사의 경우, 전자식 보급확대에 따른 경쟁력 확보를 위하여 기계식계기의 생산라인을 폐쇄해 나가는 추세이다. 또한 전자기술의 발전과 병행하여 제조회사간 다기능 복합계기의 개발경쟁을 벌이는 한편 저압 단순기능 전력량계도 전자식화 기술개발을 추진하고 있다.

2.5.1. 저압 전자식 전력량계 필요기능 및 규격

국내 여건에 비추어 볼 때 개발을 추진할 저압 전자식 전력량계가 갖추어야 할 주요 기능은 다음과 같다.

- 시간대별 계량기능 구비(단상 : 2중, 3상 : 3중)
- 최대수요전력 계량기능 구비
- 무효전력 측정으로 역률표시(3상계기)
- 전력사용정보 저장(90일분 이상)

- 원격검침 Pulse 출력(원격용)
 - 계기함 없이 노출환경에서 사용 가능(옥외용)
- 저압 전자식 전력량계의 주요규격은 다음 표와 같다.

구분	규격 및 사양	
	단상2선식	삼상4선식
정격전압	220V	220/380V
정격전류	40A, 120A	40A, 120A
원격검침	일반용, 원격용	
사용장소	옥내용, 옥외용	
계량기능	2중 유효전력량, 최대수요전력	3중 유효전력량, 최대수요전력, 역률
시간대구분	1일 4분할	1일 6분할 이상
기타	- 지침숫자 자릿수 · 유효전력량 : 정수 5자리, 소수 1자리 · 최대수요전력, 역률 : 정수 3자리, 소수 1자리 - 지침숫자크기 : 가로4mm×세로5mm 이상 - 간단한 조작으로 검침일 입력 및 수정가능	

2.5.2. 저압 전자식 전력량계 개발 추진

저압용 전자식 전력량계의 개발 및 보급에 관한 사항은 고압용 전자식 전력량계와는 달리 부설대상 고객 규모에 있어 방대한 사업입과 향후 요금구조의 발전방향 및 검침선진화 계획 등과 밀접한 관계가 있으므로 기능, 규격 및 시험 등에 관하여 면밀한 검토와 협의가 필요하며, 정책토론회 등을 개최하여 광범위한 의견수렴 과정을 거쳐 최종방안을 결정하여 추진하여야 할 것으로 판단된다.

프랑스와 같은 선진국의 사례를 살펴보면 전력회사에서 전력량계 전문기술자를 보유하여 관련업계를 주도적으로 유도해 나가며 계량기술의 발전을 꾀하고 있다. 따라서 장기적인 요금구조 및 계량정책의 Master Plan을 수립하고 산업계와 전력회사 공동으로 전력량계 연구를 구성하여 저압 전자식 전력량계 개발을 추진하는 방안을 검토해 보아야 할 것이다. 또한 밀접한 관계가 있는 원격검침과 직접부하관리 통신기술을 선택함으로써 효율적인 원격검침용 전자식 전력량계 개발이 이루어질 수 있도록 하여야 하겠다.

3. 결 론

지금까지 국내에 전기가 들어온 이래 전력량계가 어떻게 도입·발전되어 왔는지 연대별로 살펴보았으며, 전자식 전력량계가 도입된 배경과 추진과정, 개발현황, 사용현황 및 문제점에 대하여 분석해 보았다. 또한 전력량계와 밀접한 관련이 있는 장기요금구조 발전방향을 고려한 계량장치 필요기능을 검토함으로써, 최근에 국내의적으로 활발히 기술이 개발되고 있는 저압 전자식 전력량계의 주요기능과 규격에 대하여 고찰해 보았다.

중·소규모의 고객도 수요관리의 필요성이 증대되어 가는 최근의 추세로 볼 때, 국내에서도 저압용 전자식 전력량계 개발을 추진해야 할 것으로 생각되며, 저압고객도 2중계량을 통한 시간대별 요금제도의 도입을 적극적으로 검토해 나가야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- (1) 한국전력공사 판매사업단, "검침 및 계량정책 토론회", '94.5
- (2) 한국전기연구소, "전자식 전력량계 표준규격 제정을 위한 연구", '96.5
- (3) 한국전력공사 판매사업단, "계기 및 검침업무 보고", '98.6
- (4) 한국전력공사, "전자식 전력량계 사용실태"
- (5) 한국전력공사, "전기공급규정", '95.6
- (6) 한국전력공사 영업처, "검침업무 선진화 추진계획", '94.7
- (7) 한국전력공사-배전처, "향후 계량정책방향 보고", '94.7
- (8) 한국전력공사 판매사업단, "업무보고", '98.5