

# 전자봉인체계 도입에 대한 타당성 평가에 관한 연구

김범수\*, 황승욱\*\*, 김지명\*\*

\*한국전력거래소, \*\*한국화학융합시험연구원

e-mail:kbs@kpx.or.kr

## A Study on the Feasibility Assessment of Introducing an Electronic Sealing System

Bum-Soo Kim\*, Seung-Wook Hwang\*\*, Ji-Myung Kim\*\*

\*Korea Power Exchange

\*\*Korea Testing & Research Institute

### 요약

최근 계량산업의 디지털 전환(DX)과 신재생에너지 기반 분산전원의 급증으로 인해, 기존 수동적이고 대면 위주인 하드카피 기반 계량설비 봉인 업무의 한계가 대두되고 있다. 이에 본 논문은 한국전력거래소의 업무 효율성 제고를 위해 비대면 구조의 '전자봉인체계' 도입 타당성을 평가한다. 시나리오별 경제성을 분석한 결과, 전자봉인 장치는 초기 도입 비용으로 인해 단기적인 경제성은 다소 낮을 수 있으나, 15년 누적 운영을 기준으로 할 때 전반적인 경제성이 확보됨을 확인할 수 있다. 따라서, 본 연구 결과는 향후 지능형 계량서비스 및 실시간 정보제공 체계 구축을 위한 실증적 근거로 활용될 수 있을 것이다.

## 1. 서론

세계적으로 발전하고 있는 계량산업은 디지털전환(DX, Digital Transformation)이라는 큰 변화의 틀에서 지능형 방식의 계량서비스를 제공하기 위하여 본격적인 기술개발이 진행되고 있으며, 지능형 방식의 계량서비스 도입으로 행정업무의 효율성과 정보제공의 디지털화를 통하여 사용자에게 실시간 또는 효과적인 정보제공을 하고자 이에 필요한 기술개발을 추진하고 있다. 또한, 최근 신재생 에너지를 기반으로 하는 신재생에너지 발전소 등의 분산전원 비중이 급증하고 있으므로 현재 전력거래소가 운영하고 있는 수동적인 하드카피 업무체계에서 제한된 조직 및 인력으로는 계량설비 봉인 업무를 효율적으로 운영하는데 어려움이 있다[1-3].

따라서, 본 논문에서는 한국전력거래소(이하 '전력거래소')에서 현재 수행하고 있는 수동적인 '하드카피(종이로 출력된 인쇄물)'를 기반으로 하는 대면 업무체계에서 비대면 구조의 전자봉인체계의 도입에 대한 타당성 평가를 수행한다. 상기에서 제시한 타당성 평가방안을 바탕으로

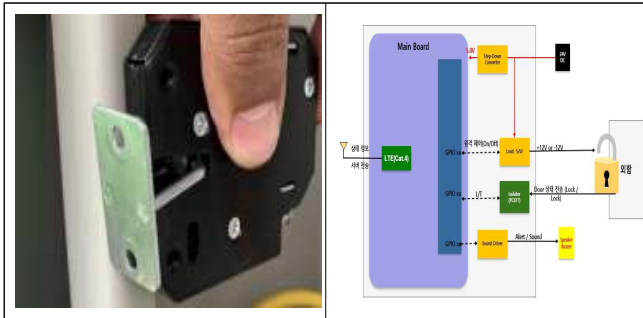
전체 시나리오에 대한 경제성을 분석한 결과, 전자봉인 장치는 초기 도입비용으로 인해 일부 시나리오에서 기존 모델보다 경제적이지 못하지만, 15년 누적 기준으로는 전반적으로 경제성이 확보됨을 알 수 있다.

## 2. 전자봉인체계 도입모델

### 2.1 전자봉인 기술의 적정성 검토

발전소 계량설비 및 계기함의 형상이나 구조 등을 파악하기 위하여 특고압 수전의 태양광발전소 7개소를 방문하여 현장을 검토한 결과, 일반적으로 배전반 1면 하단(바닥면)에 MOF가 설치되어 있고, 상단에 계기함이 위치하고 있으며 계기함 내부에 전력거래소 계량설비와 한전 수전 계량설비와 모뎀 등이 설치되어 있음을 확인할 수 있다. 또한, 계기함은 보통 철판으로 제작되었고, 무선 방식의 전자봉인 시스템구현 시 하나의 모뎀으로는 계기함 내부에 설치된 전력량계 및 단자대(TTB)에 대한 전자봉인과 외부에 설치된 MOF(PT & CT)에 대한 전자봉인을 통신하기에는 현실적으로 어려운 점이 많다. 한편, 유선방식의 경우에는 그림 1과 같이, 봉인상태 확인의 신뢰성이나 경제성이 우수하다고 판단되나 기존 발전소에도 적용

가능한 시건장치 구조 설계의 어려움이 있고 하나의 계기함 내에 전력거래소용과 한전용 계량설비가 같이 설치되어 있다면 봉인의 해제와 재봉인에 있어서 한전과의 업무 진행 시 업무의 순서 및 유지관리하는데 어려움이 발생할 가능성이 있다



[그림 1] 유선방식에 적용가능한 시건장치와 구성검토

## 2.2 전자봉인 체계 구성도

현 봉인 발급 체계의 비효율성을 개선하기 위해서는 전력거래소에서 현장사이트 통합관리가 필연적으로 요구되며, 이를 제공하는 전자봉인 시스템은 현장의 고유 정보, 즉 계량정보와 봉인정보의 수집, 전송, 저장, 처리에 이르는 일련의 과정이 모두 구비되어야 한다. 이를 제공하기 위해 전자봉인 시스템은 그림 2와 같이, 전자봉인 장치, 모뎀, 중계용 안테나 그리고 비대면 전자봉인서버로 구성되는 부속 설비를 필요로 하며, 각 설비는 비대면 전자봉인 발급 체계와 유기적 연계를 통해 현장 봉인의 무결성을 원격에서 관리가 가능하도록 구현한다.



[그림 2] 전자봉인 시험 시스템

## 3. 전자봉인체계의 타당성 평가 방안

### 3.1 비용 및 편익요소 분석방법

전자봉인 기술에 대한 경제성 평가는 초기 투자비, 설치비, 유지보수비, 운영비 등의 비용 요소와 함께, 재봉인 비용 절감, 에너지 도난 저감, 검침 및 유지보수 효율 향상, 데이터 정확도 제고, 고객 만족도 향상 등의 편익 요소를 종합적으로 고려하여 수행한다. 먼저, 사업대안 설

정은 신규 설치 계량기에 대한 전자봉인 적용과 기존 설치분을 포함한 전체 계량기에 대한 적용 대안을 구분하며, 비용 및 편익 항목은 각 대안별로 직접효과와 간접효과를 포함한 비용 및 편익 항목을 식별하여 도출한다. 또한, 비용 및 편익은 도출된 각 항목에 대하여 금전적 가치를 산정하여 정량화하며, 경제성 및 수익성을 비교하기 위해 CPI 평가지표는 기준값에 대한 각 도입모델의 일정 비율로 나타낸다. 단, 기준값은 기존 전력량계와 신규 전력량계의 비용과 편익의 합으로 상정한다.

### 3.2 현재가치환산법(PWC)

경제성평가를 위한 비용과 편익의 요소는 미래에 발생할 가치로, 시간의 흐름에 따른 기회비용인 시간가치가 포함되어 있어 현재의 가치로 환산하여 평가해야한다. 따라서, 본 연구에서는 비용 및 편익요소를 식 (1)과 같이, 미래의 가치에 할인율을 적용한 현재가치 환산법을 이용하여 비용 및 편익요소를 동일한 시점의 가치로 산정하여 경제성을 평가한다.

$$PW = \sum_{t=1}^n \frac{CF}{(1+d)^t} \quad (1)$$

여기서,  $PW$  : 현재가치비용(원),  $CF$  : 현금흐름(won),  $n$  : 경제성 평가년도(15년),  $d$  : 할인율(%)

### 3.3 CPI(Cost Performance Index) 평가지표

전력량계의 대상에 따른 타당성을 평가하기 위하여, 본 연구에서는 아래 식과 같이, CPI 평가지표를 사용한다. 여기서, CPI 평가지표는 기준값에 대한 각 도입모델의 일정 비율로 나타낸다. 단, 기준값은 기존 전력량계와 신규 전력량계의 비용과 편익의 합으로 상정한다.

$$CPI_{model}(Target) = \frac{C_{신규}(Target) + B_{신규}(Target)}{C_{기존}(Target) + B_{기존}(Target)} \quad (2)$$

여기서,  $CPI_{model}(l)$  : CPI 평가지표,  $C_{기존}(Target)$  : 기존 방식의 비용요소,  $C_{신규}(Target)$  : 새로운 방식의 비용요소,  $B_{기존}(Target)$  : 기존 방식의 편익요소,  $B_{신규}(Target)$  : 새로운 방식의 편익요소,  $Target$  : 대상 금액

## 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 4.1 시뮬레이션 조건

전자봉인 장치 및 전자봉인 장치용 안테나는 설치가 비교적 용이하므로, 신규 모델 설치 시 동일 작업자에 의해 함께 설치가 가능한 것으로 가정한다. 또한, 본 연구에서는 표 1과 같이 연구팀으로부터 수신한 견적가를 바탕으로, 전자봉인 장치는 1개당 1만 원, 전자봉인 장치용 안테나는 1개당 7만원으로 가정한다. 또한, 전자봉인 모델 1개당 2개의 전자봉인 장치를 설치하며, 안테나는 전력량계와 MOF가 별도로 존재하는 사이트에 설치하며 안테나 1개당 2개의 전자봉인 장치를 함께 설치하는 것으로 상정한다.

<표 1> 전자봉인 현장설비 및 설치비용

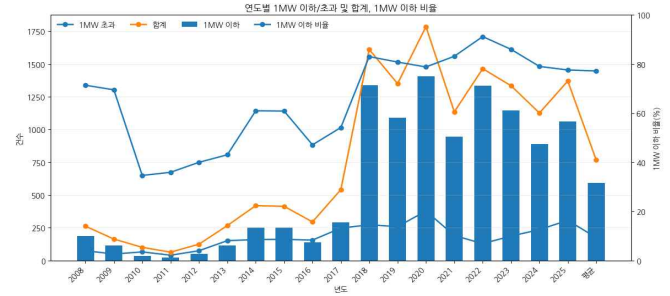
구분	안테나	전자봉인 장치
대상	안테나	전자봉인 장치
전원	Passive (무전원)	Passive (무전원)
개소당 수량	1	2
통신성능	적합	적합
현장설치 적합성	적합	적합
가격	70,000원/개	10,000원/개

한편, 기존 모델은 표 2와 같이, 현재 확보된 견적가를 기준으로 1개당 110만 원으로 가정하며, 시스템 유지보수 비용은 기존 모델의 경우, 물리적인 시스템 유지보수를 위해 1년에 설치비용의 3[%] 으로 가정하고, 전자봉인 장치의 경우 서버 유지비를 고려하여 동일하게 1년에 설치비용의 3[%]으로 상정한다. 마지막으로 시스템 보완에 따른 비용은 상기 업무에 대하여 투입 인력기반 분석 시 소프트웨어 인건비의 기준을 바탕으로 73,774,450원을 예상되며, 개발 업체의 통상 이익률 20%를 고려하여 약 100,000,000원으로 상정한다.

<표 2> 전자봉인장치 비용

구분	기존 모델	전자봉인장치
대상	모델	전자봉인 장치
전원	외부전원사용	외부전원사용
모델	110만원	120만원
계량 시스템 개선	-	1억원
시스템 유지보수	설치비용의 3[%]	설치비용의 3[%]

또한, 15년동안 설치되는 계량기는 그림 3과 같이 2016년부터 2025년의 10년간 설치된 계량기수의 평균 값을 취해매년 500kW이하의 풍력은 0대, ESS는 0.1대, 500kW 초과 1MW이하의 풍력은 0.1대, ESS는 0.1대, 1MW 초과 500kW이하의 풍력은 13.3대, ESS는 1.7대, 500kW이하의 태양광은 472.9대, ESS는 80.1대, 500kW 초과 1MW이하의 태양광은 330.8대, ESS는 35.7대, 1MW초과의 풍력은 149.5대, ESS는 58.8대, 500kW이하의 전체 발전소는 상기의 값을 포함하여 562.2대, ESS는 80.2대, 500kW 초과 1MW이하의 368.7대, ESS는 35.8대, 1MW 초과는 266.8대, ESS는 60.1대로 상정한다.



[그림 3] 연도별 신규 전력량계 설치 추이

### 4.2 전자봉인체계 도입에 대한 타당성 평가

전체 시나리오를 종합하면, 표 3과 같이 전자봉인장치는 초기 도입비용으로 인해 일부 시나리오에서 기존 모델보다 경제적이지 못하지만, 15년 누적 기준으로는 전반적으로 경제성이 확보되는 것으로 확인할 수 있다. 먼저, 풍력 발전소의 경우, 500kW 이하 및 500kW 초과 1MW 이하 용량에서 기존 방식과의 격차가 크게 유지되는 반면, 1MW 초과 500kW 이하의 경우, 경제성 평가기간 내에 전자봉인장치의 경제성이 상대적 확보됨을 알 수 있다. 또한, 풍력-태양광 복합 시나리오의 경우, ESS 포함조건에서 설치용량과 관계없이, 경제성 평가 기간 내에 기존 모델 대비 절감효과가 확대되고, 전자봉인장치의 장기 경제성이 비교적 확보됨을 알 수 있다. 한편, 풍력-태양광 복합 시나리오의 경우, ESS 미포함 조건에서 절감효과가 확대되고, 전자봉인장치의 경제적 효과가 더욱 강화됨을 알 수 있다. 마지막으로 전체 사이트의 경우, 용량에 관계없이 장기적인 비용 절감효과가 확인되며, 그중 1MW 이상 구간에서 가장 큰 절감효과가 나타나 전자봉인장치의 우선 적용 대상이 됨을 알 수 있다.

<표 3> 전체 시나리오 대상 타당성 평가 결과분석

참고문헌

구분	대상	이득 기간	기존 방안(원)	전자봉인 (원)	전체기간 차액(원)
1번 시나리오 (풍력)	500kW 이하	0년	16,279,889	514,968,533	- 498,688,644
	500kW초과 1MW이하	0년	33,168,655	530,803,013	- 497,634,358
	1MW초과	3년	2,656,199,300	2,860,451,002	+ 225,584,404
2번 시나리오 (태양광)	500kW 이하	15년	90,027,783,968	87,371,054,378	+ 2,656,729,590
	500kW초과 1MW이하	14년	60,781,560,300	58,224,228,661	+ 2,562,088,867
	1MW초과	15년	36,885,754,282	32,974,045,997	+ 3,911,708,285
3번 시나리오 (풍력 + 태양광)	500kW 이하	15년	90,044,063,857	87,386,022,911	+ 2,658,040,946
	500kW초과 1MW이하	14년	60,814,728,955	58,255,031,674	+ 2,564,409,452
	1MW초과	15년	39,541,953,583	35,334,496,999	+ 4,207,456,583
4번 시나리오 (풍력 + 태양광 / ESS 통합)	500kW 이하	15년	90,044,063,857	75,480,472,654	+ 14,563,591,202
	500kW초과 1MW이하	15년	60,814,728,955	52,940,584,053	+ 7,792,937,072
	1MW초과	15년	39,541,953,583	26,353,377,417	+ 13,188,576,166
5번 시나리오 (전체 신규 발전소)	500kW 이하	11년	103,274,682,477	101,526,214,271	+ 1,748,468,205
	500kW초과 1MW이하	12년	66,127,113,130	64,240,465,419	+ 2,013,022,378
	1MW초과	13년	56,716,793,139	51,742,482,908	+ 4,974,310,231

- [1] 계량에 관한 법률
- [2] 전력거래소, “전력시장운영규칙”, 2023. 6
- [3] 한국전력, “한전일반구매규격, G-Type 저압 전자식 전력량계”, 2020. 10개정

### 5. 결 론

본 논문에서는 국내에서 실시하고 있는 봉인 업무에 대하여 비대면으로 수행할 수 있는 전자봉인체계를 제시하며, 이를 바탕으로 현재가치 환산법과 CPI 평가방안을 이용해 전자봉인체계의 타당성을 평가한다. 타당성 평가 결과, 전체 시나리오를 대상으로 전자봉인장치는 초기 도입 비용으로 인해 일부 시나리오에서 기존 모델보다 경제적이지 못하지만, 15년 누적 기준으로는 전반적으로 경제성이 확보됨을 알 수 있다.