2015년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2015. 7. 15 - 17

일반용 전기설비 안전점검의 비용효과분석

김택희*, 전정채**, 유재근**
한국전기안전공사 전기안전연구원**

A Cost-effect analysis of Safety Inspection for Electrical Facility for General Use

Taek-Hee Kim*, Jeong-Chay Jeon**, Jae-Geun Yoo**
Electrical Safety Research Institute affiliated with KESCO*

Abstract - 본 논문에서는 일반용 전기설비 안전점검으로 인한 전기화재 예방효과를 정량적으로 나타내기 위하여 전기화재 예방효과를 비용효과 분석방법을 통하여 정량적으로 제시하였다. 안전점검 실시유무에 따른 추상적인 분석모형을 개발하고, 개발된 분석모형을 정량적으로 나타내기 위한 수학적 논리를 이용한 수리모형으로 제안하고, 제안된 수리모형에 5년 동안에 일반용 전기설비 안전점검 실적과 화재 통계자료를 적용하여 전기안전점검에 대한 화재예방효과를 비용효과분석을 통하여 정량적으로 산출하였다.

1. 서 론

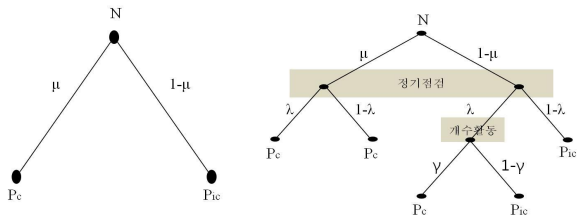
오늘날 경제성장과 국민 생활수준의 향상으로 해마다 크게 늘어나는 전력수요에 따른 전기재해도 증가하고 있는 실정이다. 하지만, 안전에 대한 불감증과 전기시설에 대한 이해부족으로 인하여 전기가 가지고 있는 본질적인 위험성을 인식하지 못하면서 일반용 전기설비 안전점검 효과에 대한 의문이 증가하고 있는 상황이다. 전기화재는 우리의 생활에서 언제든 발생할 수 있으며, 대부분은 부적합한 전기시설과 사용자 부주의의 결합으로 발생한다. 따라서 전기시설에 대한 정기적 점검 및 관리는 전기사고 예방을 위한 필수적 사항이다[1].

최근 전기설비 안전점검과 같은 정성적 목표를 가진 사업을 정량적인 효과로 도출하기 위해 여러 분야에서 비교분석 및 비용투입에 대한 효과를 객관적 분석방법을 활용하여 사업의 중요성에 활용하고 있다. 따라서 일반용 전기설비 안전점검의 전기화재 예방효과에 대한 정량적 분석 연구가 전무하여, 본 논문에서는 안전점검의 실시유무에 따른 분석모형을 제시하였고, 그 분석모형을 수학적 논리를 이용하여 수리모형을 개발하였다. 개발된 수리모형에 최근 5년간 전기점검 실적과 화재 통계자료를 적용하여 전기안전점검에 대한 전기화재 예방효과와 비용효과를 정량적으로 산출하였다.

2. 정량적 분석방법의 개발

2.1 일반용 전기설비 안전점검의 논리모형

일반용 전기설비 안전점검은 주기적인 점검을 통해 부적합 전기시설을 발견하여 이러한 시설을 직접 개보수하거나 전기시설 소유주에게 시정을 권고함으로서 전기사고 예방에 기여한다. 정기점검사업이 전기화재 발생을 감소시키는 메커니즘을 명백하게 하기 위해 그림 1와 같은 분석모형을 설정하였다. 우선 N개의 전기설비가 존재하며 사용 년 수의 초과, 불량 등의 이유로 1-μ의 확률로 부적합 전기설비가 발생된다고 가정한다. 따라서 부적합 전기설비의 수는 N(1-μ)개가 된다. 이러한 전기시설에 대해 점검이 이루어지는데, 1-λ의 확률로 미점검이 발생한다. 여기서 부적합 전기시설과 미점검은 상호 독립적인 사건이라고 가정한다.



<A 지역> <B 지역>

<그림 1> 일반용 전기안전점검에 대한 분석모형

2.2 분석 방법의 개발

일반용 전기설비 안전점검을 통하여 전기화재 발생을 감소시키는 메커니즘을 그림 1과 같은 분석 모형을 제안하고 분석모형을 수학적 논리를 이용하여 아래 식(1)과 같은 수리모형을 개발하였다.

이러한 가정 하에 정기점검이 실시되는 경우 예상되는 전기화재 발생건수를 F^*라고 하면 다음 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

여기서 μ는 점검실시에 따른 적합률, λ는 전기설비에 대한 점검율, $(1-\gamma)$ 부적합 설비의 미개수율, P_c는 적합설비의 전기화재률, P_{ic}는 부적합설비의 전기화재률, F^*는 정기점검실시 수용가의 전기화재 발생건수이다.

여기서 μ는 점검실시에 따른 적합률, λ는 전기설비에 대한 점검율, $(1-\gamma)$ 부적합 설비의 미개수율, P_c는 적합설비의 전기화재률, P_{ic}는 부적합설비의 전기화재률, F^*는 정기점검실시 수용가의 전기화재 발생건수이다.

$$F^* = N\{P_c[\mu\lambda + \mu(1-\lambda) + (1-\mu)\lambda\gamma] + P_{ic}[(1-\mu)\lambda(1-\gamma) + (1-\mu)(1-\lambda)]\} \quad (1)$$

식 (1)에서 적합과 부적합 전기설비의 분포를 결정하는 μ는 외생적으로 결정이 된다고 하면 통제할 수 있는 변수는 점검률(λ)과 개수율(γ)이다. 이 두 변수와 화재발생 건수(F^*)의 관계는 다음 식 (2)와 (3)과 같다.

$$\frac{\partial F^*}{\partial \lambda} = N[P_c(\gamma - \mu\gamma) - P_{ic}(\gamma - \mu\gamma)] = N[(P_c - P_{ic})(\gamma - \mu\gamma)] < 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial F^*}{\partial \gamma} = N[P_c(\lambda(1-\lambda)) - P_{ic}(\lambda(1-\lambda))] = N[(P_c - P_{ic})(\lambda(1-\lambda))] < 0 \quad (3)$$

만약, 전기시설에 대한 정기점검이 이루어지지 않을 경우의 전기화재 발생건수에 대해 알고 있다면, 정기점검의 성과를 가장 명확히 분석할 수 있을 것이다. 정기점검이 존재하지 않을 경우의 전기화재 발생건수를 F라고 정의하면 다음의 식(4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = N[P_c(\mu) + P_{ic}(1-\mu)] \quad (4)$$

정기점검으로 인한 효과는 전기설비에 대한 정기점검이 존재하는 경우의 화재발생건수(F*)와 존재하지 않는 경우의 화재발생건수(F)의 차이로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} F^* - F &= N(P_c[\mu\lambda + \mu(1-\lambda) + (1-\mu)\gamma] + \\ &\quad P_{ic}[(1-\mu)\lambda(1-\gamma) + (1-\mu)(1-\lambda)] - [P_c(\mu) + P_{ic}(1-\mu)]) \\ &= N(P_c[\mu\lambda + \mu(1-\lambda) + (1-\mu)\lambda\gamma - \mu] + \\ &\quad P_{ic}[(1-\mu)\lambda(1-\gamma) + (1-\mu)(1-\lambda) - (1-\mu)] \\ &= N(P_c[\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma] + P_{ic}[\mu\lambda\gamma - \lambda\gamma] \\ &= N(P_c[\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma] - P_{ic}[\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma] \\ &= N(P_c - P_{ic})(\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma) \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서 $N(P_c - P_{ic})(\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma)$는 정기점검의 실시 유·무에 따른 전기화재 발생건수의 차이로 정기점검으로 인한 전기화재 예방효과를 나타낸다. 만약 적합시설의 전기화재 발생률 (P_c)이 부적합 전기시설의 전기화재 발생확률 (P_{ic})보다 작다고 하면, $N(P_c - P_{ic})(\lambda\gamma - \mu\lambda\gamma)$는 0보다 작은 값을 가지게 된다. 즉, 정기점검이 존재하는 상황에서의

화재발생건수가 더 작다는 것을 의미하게 된다. 정기점검의 전기화재 예방효과는 식 (5)의 각 파라미터에 실제 값을 대입하면 구할 수 있다[2].

한국전기안전공사의 일반용 전기설비 안전점검의 최근 5년 동안에 실적과 소방방제청 화재 통계자료를 기반으로 식 (5) 통하여 표 1과 같이 사업의 전기화재 예방효과를 구할 수 있었다.

<표 1> 정기점검 사업의 전기화재 예방효과

(단위 : 호수, %, 건)

	총처리 호수 (N)	적합률 (μ)	점검률 (λ)	개수율 (γ)	전기화재 발생률		전기화재 예방효과 (건)
					적합 (P_c)	부적합 (P_{ic})	
2012	8,244,196	97.84%	98.61%	80.50%	0.043%	4.340%	-6,071
2011	7,979,722	97.82%	98.73%	77.99%	0.044%	4.398%	-5,820
2010	7,603,674	97.82%	98.82%	74.45%	0.047%	4.396%	-5,292
2009	7,381,339	97.93%	98.97%	72.14%	0.045%	4.750%	-5,130
2008	7,468,886	97.85%	99.01%	73.89%	0.051%	4.649%	-5,398

3. 비용효과 분석

3.1 전기화재 피해비용 추정

전기화재로 인한 재산피해는 직접적인 피해에 따르는 복구비, 생산손실비용, 환경피해비용, 영업 손실비용 등의 간접적 비용을 포함한다. 따라서 전기화재로 인한 재산피해를 정확하게 추정하기 위해서는 이러한 간접비용을 고려해야 한다. 이를 위해 하인리히(H.W.Heinrich) 방식을 적용하여 재해로 인한 직접비와 간접비율을 1:4로 하여 총 재산 피해액을 구한다[3].

<표 2> 전기화재로 인한 재산피해

(단위 : 백만 원)

	직접비용	간접비용	전기화재 [건]	손실비용/건 [백만원/건]
2012	69,812	279,248	9,225	37.838
2011	54,266	217,064	9,351	29.016
2010	61,430	245,720	9,442	32.530
2009	58,190	232,760	9,391	30.982
2008	66,749	266,996	9,808	34.028
2007	59,788	239,152	9,128	32.750

전기화재로 인한 재산피해 비용의 추정결과 나타낸 표 2를 살펴보면 2012년 전기화재로 인한 간접비용은 279,248백 만 원이며 총비용은 37,839백만 원으로 나타났다[4].

이러한 결과를 토대로 전기화재 1건당 피해비용의 추정결과를 표 3에 나타내었다. 전기화재 건 당 피해비용은 2012년 40백만 원으로 가장 높게 나타났으며 2011년 30백만 원으로 가장 낮은 수치를 보였다.

<표 3> 전기화재 1건당 피해비용

(단위 : 백만 원)

	재산피해	인명피해		전체
		사망자	부상자	
2012	37.838	2.171	0.690	40.699
2011	29.016	1.274	0.444	30.734
2010	32.530	2.042	0.393	34.965
2009	30.982	1.983	0.498	33.463
2008	34.028	1.543	0.549	36.120
2007	32.750	1.105	0.447	34.302

3.2 정기점검의 비용효과 분석

전기화재가 발생하면 필연적으로 인명 및 재산 피해가 발생하는데, 점검사업으로 인해 전기화재를 예방했다면 그로 인한 피해비용을 억제했다고 할 수 있기 때문이다. 따라서 해당연도의 점검사업으로 인한 비용투입에 대한 효과는 전기화재 예방 건수에 전기화재 1건당 피해액을 곱함으로서 구할 수 있다.

<표 4> 정기점검의 비용편익 효과

(단위 : 건, 백만 원)

	전기화재 예방효과	전기화재 1건당 피해비용	편익 (B)	예산 (C)	비용편익 (B/C)
2012	6,071	40.699	247,083	66,944	3.69
2011	5,820	30.734	178,871	66,723	2.68
2010	5,292	34.965	185,034	62,035	2.98
2009	5,130	33.463	171,665	58,551	2.93
2008	5,398	36.120	194,975	74,239	2.62
평균	5,542	35.20	195,525.60	65,698	2.98

2008년~2012년의 비용편익 분석 결과를 살펴보면 2012년을 기준으로 사업으로 인한 편익은 247,083백만 원으로 나타났다. 해당연도의 예산은 66,944백만 원으로 예산대비 편익의 비율이 1보다 큰 값을 가져 사업에 투입되는 비용보다 사업으로 인한 사회적 편익이 더 큰 것으로 나타났다. 비용편익 비율을 구체적으로 살펴보면 분석기간 중 2012년이 3.69로 가장 높은 수치를 기록했으며 2008년이 2.63으로 가장 낮게 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 현재까지 일반용 전기설비 안전점검은 공공사업으로서 화재 예방효과와 비용효과 측면의 효율성에 대한 객관적 분석이 전무하여 정량적인 사업효과를 측정하기 위하여 분석모형을 개발하였고, 이러한 추상적 개념을 성과분석에 응용하기 위해 수학적 논리를 빌려 수리모형에 소방방제청의 화재 통계자료와 한국전기안전공사의 일반용 전기설비 안전점검 실적을 활용하여 일반용 전기설비 안전점검으로 인한 전기화재예방효과를 정량적으로 도출하였다. 그 결과 평균 년 간 5,542건의 전기화재 예방효과를 확인 할 수 있었으며, 일반용 전기설비 안전점검을 통한 예산 투입 비용편익 효과로는 평균 편익비는 년 간 2.98로 나타났으며, 이는 만약 투입과 산출의 관계가 수확불변이라고 가정하면 위의 결과는 1백만 원 투입되는 경우 2백 98만 원의 편익의 가치가 나타난다는 것을 의미한다.

따라서 본 논문에서 제안하는 일반용 전기설비 안전점검은 국민의 전기사용에 대한 편의증진과 전기사고 예방에 효과적인 사업임을 증명하였다. 더불어 차후 국민으로부터 전기안전점검의 신뢰성 마련을 위한 기초자료 활용에 크게 기여 할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

[1] 전정채, 전현재, 이상익, 유재근, “일반용 전기설비 안전관리의 문제점과 개선방안”, 한국산학기술학회논문지, pp.488-495, 2007

[2] 한국전기안전공사, “점검업무 실적 분석”, 2008~2012

[3] 권병문, “소방 활동의 경제효과 분석에 대한 연구”, 경기대학교 산업정보 대학원 석사학위 논문, 2007

[4] 한국전기안전공사, “전기재해 통계보고서”, 2008~2012