J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.
Vol. 36, No. 6, pp. 598-602 November 2023
doi: https://doi.org/10.4313/JKEM.2023.36.6.10
ISSN 1226-7945(Print), 2288-3258(Online)

Regular Paper

일반용 저압전기설비의 안전등급제 도입에 관한 연구

한재필[1], 최용성[2]

[1] 한국전기안전공사 점검부
[2] 동신대학교 전기공학과

A Study on Improvement of Safety Management of Low Voltage Electrical Equiment

Jae-Phil Han[1] and Yong-Sung Choi[2]

[1] Inspection Department, Korea Electrical Safety Corporation, Wanju, 55365, Korea
[2] Department of Electrical Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea

(Received July 25, 2023; Revised September 4, 2023; Accepted September 6, 2023)

Abstract: With the purpose of instilling an awareness of the safety of users of electrical equipment and inducing voluntary facility improvement through the safety rating system for general low voltage electrical equipment, simulation and field application of the safety rating of general low voltage electrical equipment were conducted. For the introduction and application of the safety rating system for general low-voltage electrical equipment, data related to domestic safety was investigated and analyzed, cases of introduction in other fields were reviewed, and for design, the 4M risk assessment method of the Korea Occupational Safety and Health Agency and the cases of safety index development in Korea were analyzed and standardized. Safety rating system simulations were conducted for general low-voltage electrical equipment, and problem improvement measures were prepared by analyzing the results through on-site verification and simulation applied to the initial design. Design standards for the introduction of the safety rating system for general low-voltage electrical equipment were prepared, and 394 youth training facilities were applied to the field to see if the design standards were practically applicable to the field. With the application of the safety rating system for low-voltage electrical equipment for general use, youth training facilities that had been classified as 'appropriate' were able to induce an upgrade to a higher level through voluntary facility improvement according to the application of grades (A to E). As a result of inducing voluntary repair projects based on the results of the 1st and 2nd inspection of youth training facilities, it was confirmed that 86 facilities received grade A, 225 facilities received grade B, and only 311 facilities received grade A to B out of a total of 394 facilities, and there was no grade E.

Keywords: Safety management, Low voltage, Electrical equipment, Safety grade system

1. 서 론

정부에서는 전기설비 사용자의 전기안전을 위해 전기사업법 제66조에 따라 사용 중 안전관리를 한국전기안전공사로 위탁하고 있으며, 점검 결과는 기술기준에 따라 적합 또는 부적합으로 판정하고 있으며 부적합한 경우 전기설비 소유자 또는 점유자에게 시설을 개선토록 통보하고 미이행 시는 지자체로 통보하여 개선을 명령토록 안내하고 있다 [1-4].

효율적인 안전관리를 위한 안전관리 향상에 대한 연구는 22.9 kV 이상 고압전기설비에 적용된 안전등급제 연구

✉ Yong-Sung Choi; yschoi67@dsu.ac.kr

Copyright ©2023 KIEEME. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

등이 진행되어 왔었는데 [5] 전기설비 사용자들이 일상에서 가장 많이 사용하는 일반용 저압전기설비에 관한 안전등급제는 아직까지 연구되지 않았다고 판단하여 일반용 저압전기설비 안전관리 향상을 위한 안전등급제 도입에 관한 연구를 본 논문에서는 진행하였다. 그동안에는 전기설비가 노후되고 운영환경이 열악한 곳에 설치되어 있어도 당장 사용하는 데만 이상 없으면 적합으로 판정을 했으며 [1-4] 전기설비 설치기준에만 초점을 맞추어 전기적 요인으로만 판단했다면 본 논문에서 연구된 안전등급제는 전기적 요인과 환경적 요인을 반영하여 전기설비 화재 예방을 할 수 있는 현실적인 기준이 되리라고 생각된다. 연구된 기준을 적용하면 전기화재율이 높은 업종에서 적합 판정을 받을 수 있는 전기설비라도 보다 낮은 등급을 받게 될 수 있으며 전기설비에 대한 시설 개선 대책 등이 더 마련해야만 높은 등급을 획득할 수 있게 되리라 생각된다 [2,6].

본 논문의 결과인 일반용 저압전기설비 안전등급제를 적용한다면, 전기안전에 대한 사용자의 의식 고취와 자발적인 시설 개선을 유도할 수 있으리라 생각하며 또한 본 논문에서는 일반용 저압전기설비 안전등급제 적용에 관한 제도적 개선방안도 제안하였다. 제안된 안전등급제는 그동안 적합, 부적합 판정으로만 전기설비를 점검했던 기존 시스템을 보완하여 일반용 저압전기설비 안전관리 향상을 위한 또 다른 방안이 될 것으로 기대한다 [7].

2. 실험 장치 및 실험 방법

표 1은 일반용 저압전기설비 점검 장비를 나타내며, 이러한 장비들을 이용하여 각 분기회로 절연(누전) 상태와 전기사용량에 맞는 규격전선사용 및 시공 상태, 금속제 배·분전반 및 기계기구 누전, 접지상태를 점검하였다. 또한 임시전등 및 이동전선 적정 여부(절연, 피복손상, 지상고, 지지물 등) 및 외등 전기설비 등 옥외 시설 등을 중점 점검하는 데 사용되었다.

전기설비 안전등급제 개발을 위하여 안전도와 관련된 자료조사 및 분석을 수행하고, 이런 분석 자료와 일반용 저압전기설비 안전등급과의 연관성 과제를 해결하는 데 초점을 맞추어 안전등급제를 개발하였다. 4M 위험성 평가기법을 분석한 결과, 4M 위험성 평가기법은 사고 발생 통계를 바탕으로 위험도를 산출하여 사업장의 위험도(안전도)를 정량화하여 관리할 수 있는 장점이 있어서, 전기설비 안전도 평가지표(안) 개발 시 항목 선정에 도움이 줄 것으로 판단된다. 다만, 평가항목 선정 시 사고통계가 적용 가능한 항목을 기반으로 위험요인을 산출하기 때문에, 적용 시 일부 한계가 있으며, 세부 항목 간의 중요도에 대한 가중치가 반영되어 있지 않는 실정이어서, 이에 대한 보완만 한다면 안전도 계량지표 개발에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 1. Inspection equipment and purpose [2].

Equipment	
	Multi-tester
	Non-contact type thermometer
	Clamp meter
	Leakage meter

상기 분석한 기법과 개발 절차들은 일반용 저압전기설비 안전등급제의 신뢰성과 객관성 확보를 위해 중요한 요소이며, 본 논문에서는 이러한 요소들을 일반용 저압전기설비 안전등급제 개발에 적용하였으며, 이러한 이론적 배경과 일반용 저압전기설비 안전등급제와의 상호 연관성을 얼마나 조화시킬 수 있는지가 중요한 요소가 되었다.

3. 결과 및 토의

3.1 일반용 저압전기설비 안전등급 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 일반용 저압전기설비 안전등급제 개발을 토대로 이 설계안의 정확도 및 현장 적용 가능성 검증을 위한 현장 시뮬레이션을 실시하여 표 2에 나타내었다.

(1) 건축물 일반용 저압전기설비에 대한 안전등급제 시범운영과 시뮬레이션을 실시하였다. 시범운영 선정은 도심권, 농촌권, 공단지역을 적용할 수 있도록 다양하게 선정하였으며, 최초 설계에 실시한 시뮬레이션 결과와 시범 운영에 따른 결과를 분석하여 문제점을 개선하였다. 일반용 저압전기설비 안전등급제 적용대상은 주거시설, 영유아보육시설, 산업용 시설 등 다양한 업종을 대상으로 진행되었으며 현

Table 2. Simulation example (accommodation).

Check point	Accommodation	
Electrical component	ㅇ No disconnector [20 places]=2.2×1.5=3.3 ㅇ Branch over 20 A [20 places]=2.2×1.5=3.3 ㅇ Over disconnector [20 places]=2.2×1.5=3.3 ㅇ Damage of coating of insulator=4.1 ㅇ No concent for earth [50 places]=1.6	
	Electrical component total=70-15.6=54.4	
Environmental component	ㅇ Deterioration: used year 14 years=Normal 2.4 ㅇ Capacity: 30 kW=2.4 ㅇ Environmental of equipment=6.0 ㅇ Accommodation=9.6	
	Environmental component total=20.4	
Final class	ㅇ 54.4+20.4=74.8 [C class]	Inspection results: suitability

행 적합 판정 시설은 노후 정도와 경미한 부적합 사항의 개소에 따라 'A, B, C' 등급으로 분류되었으며 부적합 판정 시설물 또한 'D, E' 등급으로 구분되어 전기설비의 상태와 비교하였을 때, 시뮬레이션 결과와 근사한 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

(2) 일반용 저압전기설비 안전등급제 적용대상은 주거시설, 영유아보육시설, 산업용시설 등 다양한 업종을 대상으로 진행되었으며 현행 적합판정 시설은 노후 정도와 경미한 부적합 사항의 개소에 따라 'A, B, C' 등급으로 분류되었으며 부적합 판정 시설물 또한 'D, E' 등급으로 구분되어 전기설비의 상태와 비교하였을 때, 시뮬레이션 결과와 근사한 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

(3) 숙박업소(예시)를 통한 시뮬레이션 결과 분석 숙박업소 전기설비 일반용 저압전기설비 안전등급 시뮬레이션 결과, 최종등급은 C등급(74.8)으로 판정되었다. 전기적 요소 점수는 54.4점으로 계산되었으며 감점요인으로는 욕실 내 인체감전보호용 누전차단기 미시설 20개소, 분기개폐기 20 A 초과 시설 20개소, 개폐기 용량 과다 20개소, 2층 분전함 좌3 분기 개폐기 2차 전선 절연전선 피복손상, 접지극부 콘센트 미시설 50개소에 원인이 있었다. 환경적 요소 점수는 20.4점으로 계산되었고 이는 노후화, 설비용량, 설비환경, 업종을 적용한 환경적 요소의 점수를 적용한 결과이다.

위 숙박업소의 결과에서 보여주듯이 전회 점검 결과는 '적합' 판정을 받았지만 시뮬레이션 결과에서는 건축물마다 개별 안전등급[C등급]을 부여하였다. 기존의 '적합'과 '부적합'으로의 판정과 안전등급(A~C등급은 '적합', C~D등급은 '부적합')의 판정은 80% 이상 동일한 판정 결과를 나타내었으며, 이 결과를 바탕으로 전국 394개소의 수련시설에 대한 실제 현장 적용을 실시하였다.

3.2 일반용 저압전기설비 안전등급제 현장 적용(청소년 수련시설)

일반용 저압전기설비 안전등급제 검증을 위해 청소년수련시설 394개소를 대상으로 현장에 적용해 보았다. 청소년수련시설 집중 이용 시기 이전 맞춤형 안전점검을 통하여 청소년들의 안전하고 쾌적한 활동 기반 조성 및 안전에 대한 기본 지식이 다소 부족한 청소년들이 이용하는 시설물에 대해 위해(危害)요소를 사전에 제거하는 한편 일반용 저압전기설비 안전등급제의 정확성을 검증하기 위한 현장 적용을 실시하여 표 3에 나타내었다.

전기재해로 인한 인명·재산피해 예방을 위해 사전 예방점검으로 전기재해 위험요소인 부적합설비에 대한 개선방안을 마련하고, 경미한 부적합설비는 점검과 현장 개선활동을 병행 실시함으로써, 위험요소를 사전에 제거하였다. 또한 다양한 위해(危害)요소 제거로 안전하고 쾌적한 청소년 활동 공간을 제공하여 여름철 집중이용시기 이전 안전한 환경을 조성할 수 있었다.

특히, 여름철 이전에 현장 적용을 실시한 이유는 다음과 같다. 방학 프로그램 활동 및 냉방장치 사용 등 전력사용량이 증가하는 데 비해 적정용량 배선 교체 등 전기설비에 대한 투자 및 관리상태 미흡한 상태였으며, 표 3에서 보듯이 2021년의 단락 및 과부하로 인한 전기화재는 77.8%를 점유하였다 [8,9].

또한, 표 4에서 알 수 있듯이 2021년 감전사고 발생건수가 여름철인 6~7월에 집중되었으며, 23.8%를 점유하였

Table 3. Emergency status by electric fire factor in 2021 [8,9].

Fire type	Short	Overload	Contact error	Leakage/ground	Half-short	Etc.	Total
Fire No.	5,754	655	847	241	158	586	8,241
Share (%)	69.8	8.0	10.3	2.9	1.9	7.1	100.0

Table 4. Monthly occurrence electric shock accidents in 2021 [8,9].

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Accident No.	23	14	53	32	29	51	47	33	35	34	29	32	412
Share (%)	5.6	3.4	12.9	7.8	7.0	12.4	11.4	8.0	8.5	8.3	7.0	7.8	100

Table 5. Equipment status by safety grade system.

Class	Safety of electrical equipment	Contents
A	Over 90	Status of electrical equipment is good.
B	Over 80	Status of electrical equipment is good. But, continued attention is need.
C	Over 70	There are some hazard parts, periodic check is needed for safety.
D	Over 60	Inconsistence parts are discovered and repair is needed immediately.
E	Under 60	Inconsistence parts over 3 places are discovered and repair is needed immediately.

Table 6. Results of the first inspection of youth training facility.

Classification	A class	B class	C class	D class	E class	Total
Youth training facility (placed)	84	211	77	22	-	394

Table 7. Results of secondary inspection of youth training facility.

Classification	A class	B class	C class	D class	E class	Total
Youth training facility (placed)	2	14	4	2	-	22

음을 보여준다. 여름철은 높은 습도로 누전이 되기 쉽고, 주변에 습기와 물기가 많아 감전사고를 유발할 수 있는 조건을 형성한다. 더위로 인한 간편 복장으로 신체 노출이 많고, 집중력 부족으로 감전사고 개연성이 상존하며, 특히, 옥외 조명시설의 경우 쉽게 접촉할 수 있어 감전사고 발생 개연성이 높음을 알 수 있었다 [8,9].

일반용 저압전기설비 안전등급제 점수별 설비상태를 5단계로 구분하여 표 5에 나타내었다. A등급은 전기설비 안전도가 90점 이상으로 전기설비 상태가 양호하다. E등급은 전기설비 안전도가 60점 미만이며, 점검항목 중 부적합 사항이 3개 이상 발생으로 시설물의 안전에 위험이 있어 즉시 개·보수하거나 사용 제한을 해야 하는 상태이다.

표 5에 의한 설비 구분에 따라 표 6의 1차 점점 결과를 얻을 수 있었다. 1차 점검내역 분석 결과 점검시설 394개소에 대한 1차 안전진단 결과 D~E등급 22호(5.5%)가 부적합한 것으로 나타났으며, 이는 일반용 저압전기설비 부적합률 3개년 평균 2.2%에 비해 매우 높은 결과를 보였다. 이 결과에서 보이듯이 일반용 저압전기설비 안전등급제를 적용한 안전진단에서는 보다 더 철저하고 정확한 점검이 이루어지는 효과도 나타내는 것을 알 수 있었다.

이후 개수기간을 거쳐 2차 점검을 실시한 결과 표 7의 2차 결과를 얻을 수 있었다. 점검시설 22개소에 대한 2차 점검내역 분석한 결과 D~E등급 22호 중 20개소(91%)가 적합등급(A~C)으로 전환되어 일반용 저압전기설비 개수율 3개년 평균 81.9%보다 높은 개수율을 보였다. 그중 한 곳을 예로 들면 모 청소년수련관의 경우 1차 점검에서 65.9점으로 D등급을 받았지만, 3개월 후 2차 점검에서는 설비 개선을 통해 90.6점으로 A등급을 받았다. 이처럼 일반용 저압전기설비 안전등급제를 통한 구체적인 점검 결과 통보로 인해 안전에 대한 인식도 변화를 가져왔으며, 자발적 시설 개선과 안전관리 유도의 효과를 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 일반용 저압전기설비 안전등급제를 통하여 전기안전에 대한 전기설비 사용자의 안전에 대한 의식 고취와 자발적인 시설 개선 유도에 목적을 두고 일반용 저압전기설비 안전등급 시뮬레이션과 현장 적용을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 일반용 저압전기설비 안전등급제 도입 및 적용을 위하여 국내 안전도와 관련된 자료조사 및 분석을 수행하고, 타 분야 도입사례에 대해 검토하였으며, 설계를 위해 한국산업안전보건공단의 4M 위험성 평가기법과 우리나라 안전지수 개발 사례에 대해 분석하여 정형화를 시켰다.
2) 건축물 일반용 저압전기설비에 대한 안전등급제 시뮬레이션을 실시하였으며 최초 설계에 적용한 현장 검증

과 시뮬레이션을 통한 결과를 분석하여 문제점 개선책을 마련하였다. 일반용 저압전기설비 안전등급제 적용 대상은 주거시설, 영유아보육시설, 산업용시설 등 다양한 업종을 대상으로 진행되었고 현행 적합판정 시설은 노후 정도와 경미한 부적합 사항의 개소에 따라 'A, B, C' 등급으로 분류되었으며 부적합 판정 시설물 또한 'D, E' 등급으로 구분되어 전기설비의 상태와 비교하였을 때, 시뮬레이션 결과와 근사한 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

3) 일반용 저압전기설비 안전등급제 도입을 위한 설계기준을 마련하였으며, 설계기준이 현장에 실질적으로 적용 가능한 것인지에 대해 청소년수련시설 394개소를 대상으로 현장 적용하여 보았다. 일반용 저압전기설비 안전등급제를 적용하면서 그간 '적합'으로 분류되었던 청소년수련시설에서도 등급(A~E) 적용에 따라 자발적인 설비 개선을 통해 한 단계 더 높은 등급으로의 상향을 유도할 수 있었다. 청소년수련시설에 대한 1~2차 점검 결과를 바탕으로 자발적 개수사업을 유도한 결과 최종적으로 A등급을 받은 시설은 86개소, B등급을 받은 곳은 225개소, A~B등급을 받은 곳만 전체 394개소 중 311개소였고 E등급은 없었음을 확인할 수 있었다.

ORCID

Yong-Sung Choi https://orcid.org/0000-0003-2904-2813

감사의 글

본 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(2021RIS-002).

REFERENCES

[1] J. S. Yoo, *SER*, **8**, 133 (2014).
UCI: G704-SER000001334.2014.8.2.009

[2] Y. J. Kwon and J. Byeon, *J. Korean Soc. Saf.*, **35**, 8 (2020).
doi: https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2020.35.2.8

[3] B. M. Lee and J. Choi, *Spat. Inf. Res.*, **27**, 709 (2019).
doi: https://doi.org/10.1007/s41324-019-00282-0

[4] T. K. Kim, *JIIS*, **21**, 99 (2015).
UCI: G704-000721.2015.21.1.004

[5] J. Y. Yi, *CAUJLS*, **38**, 53 (2014).
doi: https://doi.org/10.22853/caujls.2014.38.1.53

[6] D. W. Kim, Y. B. Lim, J. H. Mun, K. Y. Lee, D. J. Chae, and S. T. Lim, *Trans. KIEE*, **69**, 1989 (2020).
doi: https://doi.org/10.5370/KIEE.2020.69.12.1989

[7] J. P. Han, *Master Thesis, General Electrical Installment Safety Management Improvement Through Adopting Safety Grade System*, p. 1-58, Dongshin University, Naju, 2017.

[8] S. C. Kim and D. H. Kim, *J. Korean Soc. Saf.*, **22**, 26 (2007).
UCI: G704-000647.2007.22.4.017

[9] A Statistical Analysis on the Electrical Accident, KESCO, 26 (2021).