

[Research Paper]

## KEMC 규정에 의한 분전반의 제작 및 특성 평가에 관한 연구

이병설 · 최충석<sup>†</sup>

전주대학교 소방안전공학과

### A Study on the Characteristics Assessment and Fabrication of Distribution Board according to KEMC Standards

Byung-Seol Lee · Chung-Seog Choi<sup>†</sup>

Dept. of Fire Safety Engineering, Jeonju Univ.

(Received March 21, 2017; Revised May 12, 2017; Accepted May 15, 2017)

#### 요 약

본 논문에서는 저압용 10회로 분전반을 전기공업협동조합(KEMC) 2102-610 규정에 근거하여 제작하였다. 또한, 개발된 10회로 분전반의 특성 평가를 실시하여 안전성을 확보하고자 한다. 개발된 10회로 분전반은 내식성, 절연 재료의 특성, 자외선 복사의 내성, 기계적 충격 등에 적합하도록 설계되었다. 개발된 분전반은 외함의 보호 등급, 감전 방지와 보호회로, 개폐 장치와 구성품, 내부 전기 회로와 연결부, 외부 도체의 단자, 절연 특성, 온도 상승 시험, 열 저항 등이 적합하도록 제작하였다. 개발된 10회로 분전반은 단상 회로와 3상 회로 등으로 구분되어 있다. 분기된 각각의 차단기 부하측에 센서 모듈을 설치하여 부하의 전선로에서 발생하는 누설전류의 크기를 실시간 측정할 수 있다. 그리고 부하의 용도 및 목적 등에 따라 회로를 증설할 수 있고, 각각의 부하 상태 역시 실시간 부하 관리 및 점검이 가능하다. 개발된 10회로 분전반의 온도 상승 시험을 실시한 곳은 인입 접속부, 주회로 및 분기회로 모선, 모선 지지물 등 18 개소이다. 온도가 가장 높게 측정된 곳은 분기회로 모선용 MCCB 전원측 접속부의 R-phase으로 65.3 °C, 부하측은 T-phase으로 61.6 °C로 기록되었다. 그리고 내열 실험 장치를 이용하여 MCCB를 180 °C에서 6시간 동안 열적 스트레스를 인가하였을 때 작동 손잡이의 변형이 확인되었고, 트립 상태로 이동한 것이 확인되었다.

#### ABSTRACT

This study fabricated a low-voltage 10 circuit distribution board based on the KEMC (Korea Electrical Manufacturers Cooperative) 2102-610 standard and performed a characteristics assessment of the developed 10 circuit distribution board to secure product stability. The developed 10 circuit distribution board is designed to have the characteristics of insulation materials, as well as resistance to corrosion ultraviolet radiation and mechanical impact. The developed distribution board is fabricated to have an appropriate protection class of enclosure, electric shock prevention and protection circuits, switchgear and its components, internal electrical circuits and connectors, external conduct terminal, insulation characteristics, temperature rise test, heat resistance, etc. The developed 10 circuit distribution board consists of a single phase circuit and 3-phase circuits. It is possible to measure in real time the leakage current generated from the load distribution line by installing a sensor module at the load side of each of the branched switchgears. In addition, it is possible to increase a circuit according to the use and purpose of the load and to also manage and check the load in real time. Temperature rise tests were performed on the developed 10 circuit distribution board at 18 places including the inlet connection, main circuit and distribution circuit bus bars and bus bar supports, etc. The highest temperature of 65.3 °C was measured at the R-Phase of the connection of the MCCB power supply for the branch circuit bus bar and a temperature rise of 61.6 °C was measured at the T-Phase of the load side. When applying thermal stress to an MCCB for 6 hours at 180 °C using a heat resistant experimental device, it was found that the actuator lever was transformed and moved in the tripped state.

**Keywords :** KEMC, Characteristics Assessment, Distribution Board, Product Stability, Temperature Rise Test

#### 1. 서 론

한국의 총발전량(gross generation)은 2008년 약 442,610

GWh에서 2014년에 약 542,144 GWh로 약 18.4% 증가하였고, 2008년도 국민 일인당 전기사용량(consumption per capita)은 8,339 kWh/man에서 2014년 9,698 kWh/man로 약

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: enetek@naver.com, TEL: +82-63-220-3119, FAX: +82-63-220-2056

© 2017 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

14.0% 증가하였다<sup>(1)</sup>. 2015년 국민안전처 화재 통계에 의하면 화재 발생 건수는 44,435건으로 인명 피해는 2,090명으로 사망 253명, 부상 1,837명으로 나타났으며, 재산 피해는 4,331억 원으로 조사되었다. 전체 화재 중에서 전기화재는 8,980건으로 약 25.8%를 점유하였다<sup>(2)</sup>. 한국전기안전공사(KESCO)의 2015년 전기재해 통계에 의하면 부주의에 의한 화재가 52.9%로 가장 높고, 전기적 요인에 의한 화재가 17.5%, 기계적 요인에 의한 화재가 10.2%이다. 전기설비에서 발생된 화재 7,760건을 분석한 결과 일반용 전기설비에서 5,458건이 발생하여 점유율은 70.7%이다. 전기설비별 감전사고 발생 건수는 특별고압설비의 케이블 및 전선류에서 107명이 발생하여 6명이 사망하였고, 101명이 부상을 당했다<sup>(3)</sup>. 전기설비 기계기구의 특성 및 용도에 따라 전압이 결정되며, 전기를 안전하게 수용가에 공급하기 위해 분전반을 설치한다. 발전소 및 변전소 등과 같이 용량이 비교적 큰 것은 주로 배전반(distribution board)이라고 부르고, 주택용 및 비교적 적은 설비는 분전반이라고 부른다. 저압용 분전반의 규정은 KS C IEC 61493-1, KEMC 2102-610, JSIA-300 등을 비교하였다. KS C 61439-1에서 제시하는 저압 분전반은 정격전압 교류 1,000 V 이하, 직류 1,500 V 이하 등의 범위 내에서 적용된다<sup>(4,9)</sup>. 전기설비에 설치되는 분전반에서 발생하는 사고는 누전, 단락, 과부하, 반단선, 트래킹, 접촉(속) 불량, 정전기 불꽃, 연면 방전 등이 있다. 정상적인 전선로에 흐르는 초기의 누설전류는 수 밀리암페어(mA) 이하이므로 전기재해를 유발시킬 가능성은 낮다. 그러나 전선로에 누설전류가 반복적으로 장시간 흐르게 되면 그 누설전류는 점점 증가하게 되고, 그 때 발생된 줄열

에 의해 열화(劣化)는 점점 진행된다<sup>(10-18)</sup>.

따라서 본 논문에서는 저압용 10회로 분전반을 KEMC 2102-610 규정에 근거하여 제작하기 위해 관련 규정을 비교 분석하였다. 또한, 개발된 10회로 분전반의 특성을 분석하여 개발된 제품의 객관적 특성을 제시하여 분전반의 안전성을 확보하고자 한다.

## 2. 저압용 분전반의 기준 분석

일반적으로 배전반(분전반)은 발전소, 변전소 등의 운전이나 제어, 전동기의 운전 등을 위해 스위치, 계기, 계전기 등을 일정하게 넣어 관리하는 장치이다. 주회로용 배전반과 제어용 배전반 등이 있다. 사업용 또는 자가용 변전소의 주배전반은 주회로용 배전반이고, 최신형 발전소 등에서 볼 수 있는 조작용 배전반은 제어용 배전반이다. 자가용 변전소의 배전반은 전면에 고압 주회로의 차단기를 개폐하는 조작레버, 저압 주회로의 기중개폐기, 전압계, 전류계, 전력계, 적산전력계, 와전류계전기 등이 있다. 그리고 분전반은 형식에 따라 개방형과 폐쇄형으로 분류된다. 개방형은 분전반의 뒷면을 보면 전기배선이나 스위치의 단자 등이 노출되어 보이는 것이고, 폐쇄형은 도장한 철판 상자 속에 모두 넣어져 있는 것인데 외부에서 보이는 것은 최소한의 계기, 조작 버튼 등이다. 개방형의 경우는 유닛(unit)의 치수가 표준화되어 있어서 변전소 등의 규모에 따라서 유닛의 수를 정한다. 개발된 저압용 10회로 분전반은 KEMC의 규정을 적용하여 설계 및 제작, 평가 및 분석 등을 실시한 것이다. 또한, 개발된 10회로 분전반은 사용자의 요구 및 목적

**Table 1.** Material of Low Voltage Distributing Board and Strength of Parts

Clause	KS C IEC 61439-1	
Corrosion resistance	indoor	IEC 60068-2-30, 60068-2-11 ① moisture proof; 40±3 °C, humidity; 95%, 24 hr., 6 times ② salt water; 35±2 °C, 24 hr., 7 times
	outdoor	IEC 60068-2-30, 60068-2-11 ① moisture proof; 40±3 °C, humidity; 95%, 24 hr., 5 times ② salt water; 35±2 °C, 24 hr., 2 times
Characteristics of insulating material	IEC 60068-2-2 ① Thermal tests of enclosure is 168 hours, and recovery time is 96 hours. Temperature enforces in 70 °C. ② Introspection examination of insulation material carries out in 125±2 °C. Other segment sets up in 70±2 °C.	
Ultraviolet radiation of immunity	ISO 4892-2 A temperature; 65±3 °C, humidity; 65±5%, water service; 5 min., drying periods; 5 min., 100 times	
Salvage	Raises 1±0.1 m at position of stationary state, and executes inheritance. Keeps product while blow 30 minutes in 1±0.1 m, and lifts 1±0.1 m height after 2th repeat. And 10±0.5 m moves horizontality. Execute in heritance 3 times in dead lock, each sequence achieves with in 1 minute.	
Mechanical impact	KS C IEC 62262	

**Table 2.** Verification Method of Enclosure used to Low Voltage Distributing Board

Clause	KS C IEC 61439-1
Protection grade of enclosure	KS C IEC 60529 Should prepare in violation of solid and liquid.
Electric shock prevention and protection channel	Verify effect of protection channel. Verify effective ground connection consecutiveness between exposure conductive part and protection channel of product. Verify short circuit withstand capability of protection channel.
Switchgear and structure	Verify state of switches and linked parts.
Inside electric circuit and hitch	Verify observance availability of design requirement applied to each circuit.
Terminal of outer conductor	Verify whether conclusion between terminal and conductor is appropriate.
Insulation characteristics	Verify examination of enclosure making from insulation material.
Temperature rise	When flowed test current, verify limit of produced temperature rise.
Short circuit withstand capability	Verify observance availability of design requirement.
Electromagnetic compatibility	Executes and verifies test according to EMC standard.
Mechanical movement	Verify 200 times whether mechanical action is satisfied.

**Table 3.** Electrical Properties of Low Voltage Distributing Board

Clause	KS C IEC 61439-1	KEMC 2102-610	JSIA-300
Applicable scope	Do to low pressure switchgear and control device.		AC ; 600 V, 50 Hz, 60 Hz DC ; 250 V
	AC ; 1,000 V DC ; 1,500 V	AC ; 1,000 V 1,000 Hz DC ; 1,500 V	
Voltage	Rating operating voltage Rating impulse voltage Rating impulse withstand voltage	Rating using voltage Rating insulation voltage Rating impulse withstand voltage	-
Current	Rating current of circuit Rating diversity factor Rating peak withstand current Rating short time withstand current	Rating short time withstand current Rating peak withstand current Rating using short circuit current Rating melting short circuit current	-
Frequency	When circuit was appointed, must clarify rated frequency of each circuit. When manufacturer does not clarify, value of rated frequency supposes by 98% and 102%.	When circuit was appointed, must clarify rated frequency of each circuit. When manufacturer does not clarify, value of rated frequency supposes by 98% and 102%.	-

등에 따라 회로를 증설할 수 있고, 전원의 형태도 관련 기준에 근거하여 변형이 가능하다. 그리고 적용 범위 및 대상은 단상 2선식 및 단상 3선식, 3상 3선식 및 3상 4선식 등으로 사용자의 요구 사양에 부합할 수 있다는 장점이 있다.

Table 1은 개발된 10회로 분전반에 적용된 재료와 부품의 강도를 나타낸 것으로 KS C IEC 61439-1을 적용하였다. 또한, 개발된 분전반은 내식성, 절연 재료의 특성, 자외선 복사의 내성, 인양, 기계적 충격 등의 항목에 적합하도록 설계되었다<sup>(5-9)</sup>. 옥내에 설치되는 분전반은 IEC 60068-2-30, 60068-2-11을 적용한 것이다. 그리고 내습성은 40±3 °C, 습

도 95%에서 24시간 6회 실시하도록 되어 있다. 또한, 염무는 35±2 °C에서 24시간 7회 실시하도록 되어 있다. 옥외에 설치되는 분전반은 IEC 60068-2-30, 60068-2-11을 적용한 것이다. 내습성은 옥내용과 동일하고 단지 5회를 실시하도록 되어 있다. 염무 시험 역시 동일한 조건에서 성능을 유지할 수 있어야 하며, 단지 2회를 실시하도록 되어 있다<sup>(5-9)</sup>.

Table 2는 KS C IEC 61439-1에 제시되어 있는 분전반 외함의 검증 방법을 나타낸 것이다. 외함의 보호 등급, 감전 방지와 보호회로, 개폐장치와 구성품, 내부 전기 회로와 연결부, 외부 도체의 단자, 절연 특성, 온도 상승, 단락 내력,

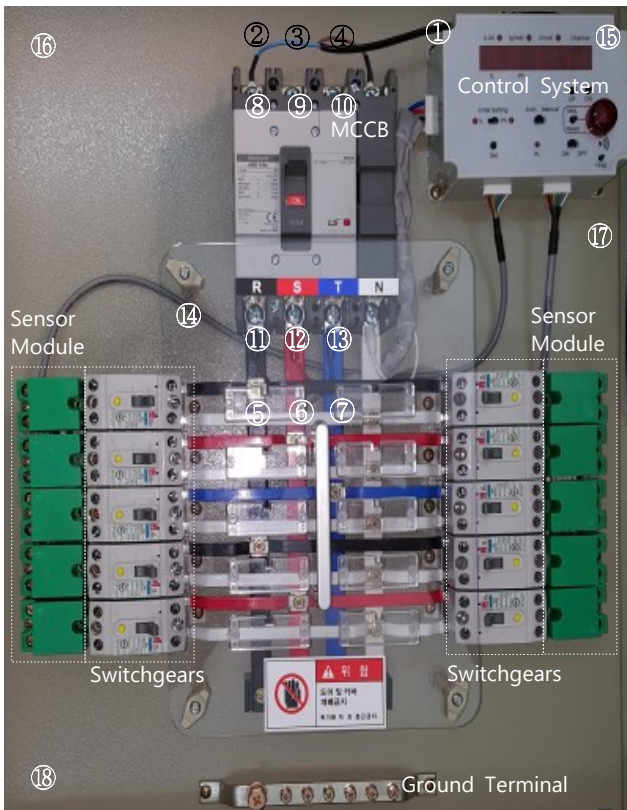


Figure 1. Stereoscopic photograph of the developed distribution panel.

전자파 적합성, 기계적 동작 등을 분석하였다. 감전 방지와 보호회로는 조립체의 노출 도전부와 보호회로 사이의 효과적인 접지 연속성과 단락 내력을 검증해야 하는 것으로 되어 있다. 또한, 내부 전기 회로와 연결부는 주회로, 보조회로, 비피복 도체와 절연 도체, 주회로와 보조 회로의 도체 식별 등의 설계 요구 사항의 준수 여부를 검증하였다<sup>(5-9)</sup>.

Table 3은 저압 분전반의 전기적 특성에 대해 KS C IEC 61439-1, KEMC 2102-610 및 JSIA-300을 비교한 것이다. 즉, 개발된 분전반의 시험 및 평가를 객관적으로 입증하기 위해 관련 규정을 준수하였다. 일반 산업 현장에서 사용되는 저압용 분전반의 항목은 적용 범위, 전압, 전류, 주파수 등을 대상으로 실시하였다. 또한, 단위 기능반의 특정 사용 조건에 따른 추가 요구는 별도로 조건을 지정하였다. 한국은 IEC에서 권장하는 전압체계를 따르고 있으나 일본은 다른 전압 대역을 정하고 있으며, 주파수 역시 한국과 다르게 60 Hz, 50 Hz를 혼용하는 것으로 조사되었다<sup>(5-9)</sup>.

### 3. 개발된 분전반의 특성 평가

Figure 1은 개발된 10회로 저압 분전반의 실제 사진을 나타낸 것이다. 개발된 분전반은 상부에 배선용차단기(MCCB)를 설치하여 주전원이 유입되도록 배치하였고, 부하측의 배선은 모선(bus bar)을 이용하여 R, S, T, N 각 상

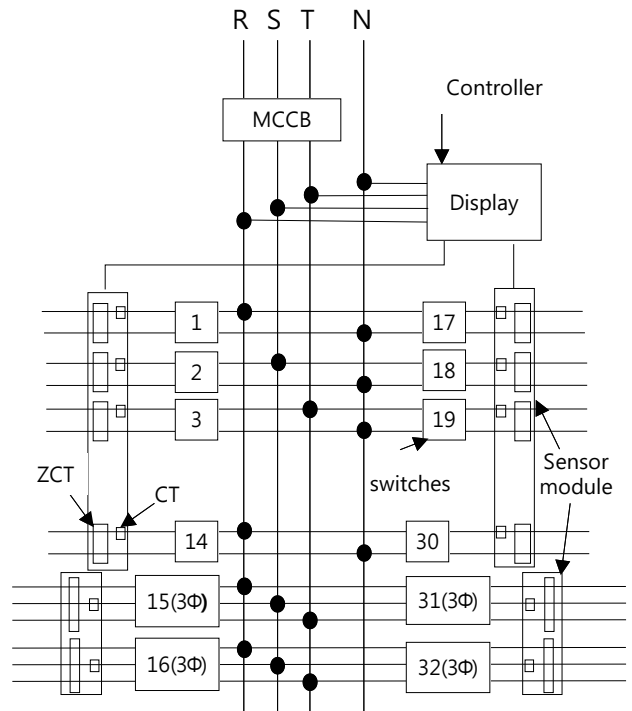


Figure 2. Schematic diagram of the developed distribution panel.

을 색 배선하였다. 그리고 부스바를 사용하여 좌측과 우측으로 병렬 분기하여 다양한 부하를 효과적으로 사용할 수 있도록 구성하였다. 또한, 분기된 각각의 차단기 부하측에 센서 모듈(sensor module)을 설치하여 부하의 전선로에서 발생하는 누설전류의 크기를 실시간 측정할 수 있어서 우측 상단에 설치된 관리 시스템에 그 상태를 표시할 수 있는 제품이다. 기존 분전반에 없는 센서 모듈과 관리 시스템을 탑재시켜 각각의 부하에서 발생하는 누설전류 및 부하 전류의 변화를 실시간 관리하고 확인 할 수 있어서 전기화재 및 설비사고 등이 예방이 가능하다<sup>(5-9)</sup>. 즉, 기존 분전반은 단순히 사고 전류를 차단하는 것에 비해 본 개발품은 각각의 선로 관리가 실시간 가능하다. 그러므로 기존 분전반에 비해 센서 모듈을 설치할 공간의 확보가 필요하며, 그에 따른 설계 역시 변경되어야 하는 특징이 있다.

Figure 2는 개발된 10회로 분전반을 다양한 부하에 활용될 수 있다는 것을 보여주기 위해 나타낸 구성도이다. 개발된 10회로 분전반은 3Φ 4W로 전원을 공급할 수 있고, 단상 회로와 3상 회로 등으로 구분되어 있다. 또한, 사용자 또는 부하의 용도 및 목적 등에 따라 회로를 증설할 수 있고, 각각의 부하 상태 역시 10회로와 같은 방법으로 실시간 부하 관리 및 점검이 가능한 제품이다. 그리고 부하에 연결된 각각의 부하 상태를 상시 감시할 수 있어서 누전 경보 및 차단 등을 할 수 있다. 즉, 부하 각각의 회로 상태를 관리자 또는 관계자가 실시간으로 확인이 가능하므로 효율적인 전원 관리가 가능한 특징이 있다. 그러므로 전선로에서 발생하는 누설전류의 변화를 이력 관리 할 수 있어서 전기설비



(a) Single phase testing transformer



(b) Control board of three phase tester

**Figure 3.** Stereoscopic photograph of device for temperature rise test of developed distribution board.

의 열화(劣化) 정도를 예측할 수 있다. 사용자의 요구에 따라 다양한 형태로 병렬 분기할 수 있는 구조이므로 부하 설비의 변동에 효과적으로 대응할 수 있는 제품이다<sup>(5-9)</sup>.

개발된 10회로 분전반의 공인 시험은 한국전기공업협동조합(KEMC)의 관련 규정을 준수하였고, 적용 범위 및 대상은 교류 정격 전압 1,000 V 이하이고, 주파수가 1,000 Hz 이하이다. 또는 직류 정격 전압 1,500 V 이하의 저압 분전반이다. 저압용 분전반의 온도 상승 시험은 분전반의 각부에 대해 규정된 온도 상승 한도를 초과하지 않는다는 것을 검증하기 위한 것이다. 이 시험은 보통 분전반에 설치된 기기와 함께 정격전류에서 ① 800 A를 초과하고 3,150 A 이하인 시험 전류치의 경우와 ② 3,150 A를 초과하는 시험전류치의 경우로 나누어 시험이 진행되어야 한다. 이 시험은 등가의 전력 손실을 갖는 가열 저항기를 이용한 온도 상승 시험에 따라 등가 전력 손실을 갖는 가열 저항기를 사용해서 시행되어질 수도 있다. 분전반 개개의 판넬, 상자, 폐쇄함 등을 시험하는 것도 허용된다. 단, 이 때 그 시험이 대표성을 가질 수 있도록 주의를 해야 한다. 개개의 회로에 대한 온도 상승 시험은 그들 회로에 사용되는 전류 및 사용 주파수로 시험되어야 한다. 사용되는 전압은 모든 기기의 전류를 이용한 온도 상승 시험에 따라 정해지는 전류와 같은 전류를 그 회로에 흘릴 수 있는 전압이어야 한다. 계전기의 코일, 접촉기, 트립 장치 등에는 정격 전압이 인가되어야 한다. 개방형 분전반은 개개의 부품에 대한 형식시험으로부터 또는 도체의 크기 및 기기의 배열로부터 과도한 온도 상승이 없고 분전반에 접촉된 장비 및 인접한 절연물에 어떤 손상도 일으키지 않을 것이라는 것이 분명하다면 온도 상승 시험을 할 필요가 없다<sup>(5-9)</sup>.

Figure 3(a)는 단상 선로의 온도 상승 시험을 수행하기 위한 변압기의 실제 사진을 나타낸 것으로 최대 출력 전류

는 4,000 A까지 공급할 수 있다. 시험 전류가 매우 크기 때문에 전선은 대부분 여러 가닥의 연선을 꼬아서 사용하는 것이 일반적이며, 본 시험에서도 같은 방식을 채용하였다. Figure 3(b)는 3상 온도 상승 시험기의 제어판을 나타낸 것으로 입력은 3상 3선식이며, 입력 전압은 750 V이다. 그리고 출력은 단상 2선식이며, 출력 전압은 15 V이다. 또한, 출력 전류는 최대 2,000 A이며, 용량은 52 kVA이다. 시험에 진행될 때 전원의 공급 및 부하의 변동 등을 각각의 모니터에 실시간으로 확인할 수 있고, 그 변화를 확인함에 따라 시험의 신뢰성을 높였다. 또한, 시험이 진행될 때 독립된 전원을 사용하여 시험기와 시험 대상물 등이 외부의 간섭 또는 장애가 없도록 회로를 구성하였다.

Figure 4는 개발된 10회로 분전반의 온도 상승 시험이 진행되는 과정을 나타낸 개략도이다. 온도 상승 시험기 (temperature rise tester, Kukje Electric Mfg., Co., Korea)는 52 kVA이며, 최대 출력 전류는 4,000 A까지 공급할 수 있다. 실험의 신뢰성과 안전성 확보를 위해 표준작업절차(SOP)에 따라 장치를 준비하였고, 순차적인 실험 조건을 설정하였다. 모든 시험은 일정 시간의 간격으로 진행됨에 따라 시험기의 오차를 최소화 하였고, 감전사고 및 설비사고 등의 위험이 있으므로 위험 환경 내에 사람의 출입이 불가능하도록 구획을 설정하였다. 개발된 분전반에 대한 온도 상승 시험을 위한 시험 전류는 3상 225 A를 6시간 동안 연속으로 흘려주었고, 시험 주파수는 60 Hz 이다. 시험이 진행될 때의 실험실의 온도는 30.4 °C로 일정하게 유지시켜 외부 온도의 변화가 제품의 특성에 영향이 없도록 하였으며, 상대 습도 역시 40~60%로 일정하게 유지하였다<sup>(5-9)</sup>.

Figure 5는 개발된 10회로 분전반에 대한 인입 접속부, 주회로와 분기회로 모선, MCCB 전원측과 부하측 등의 온도 상승 시험 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 3상 시험 전

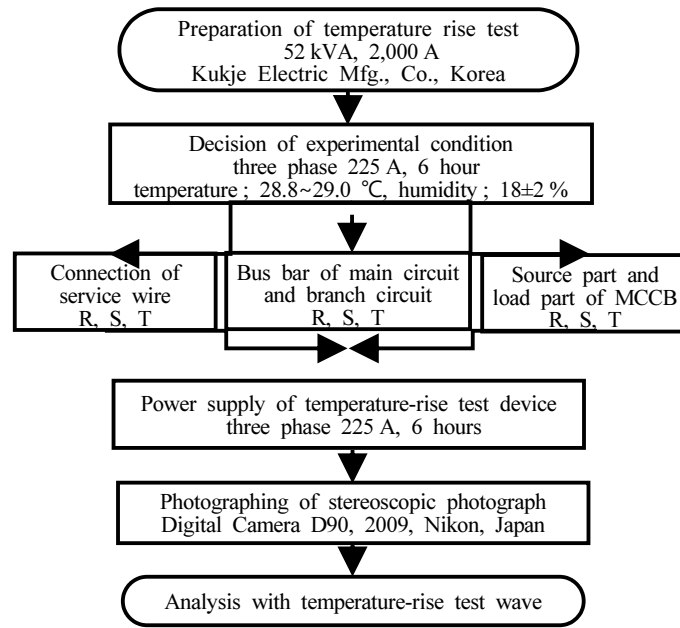


Figure 4. Schematic diagram for temperature-rise test of developed distribution board.

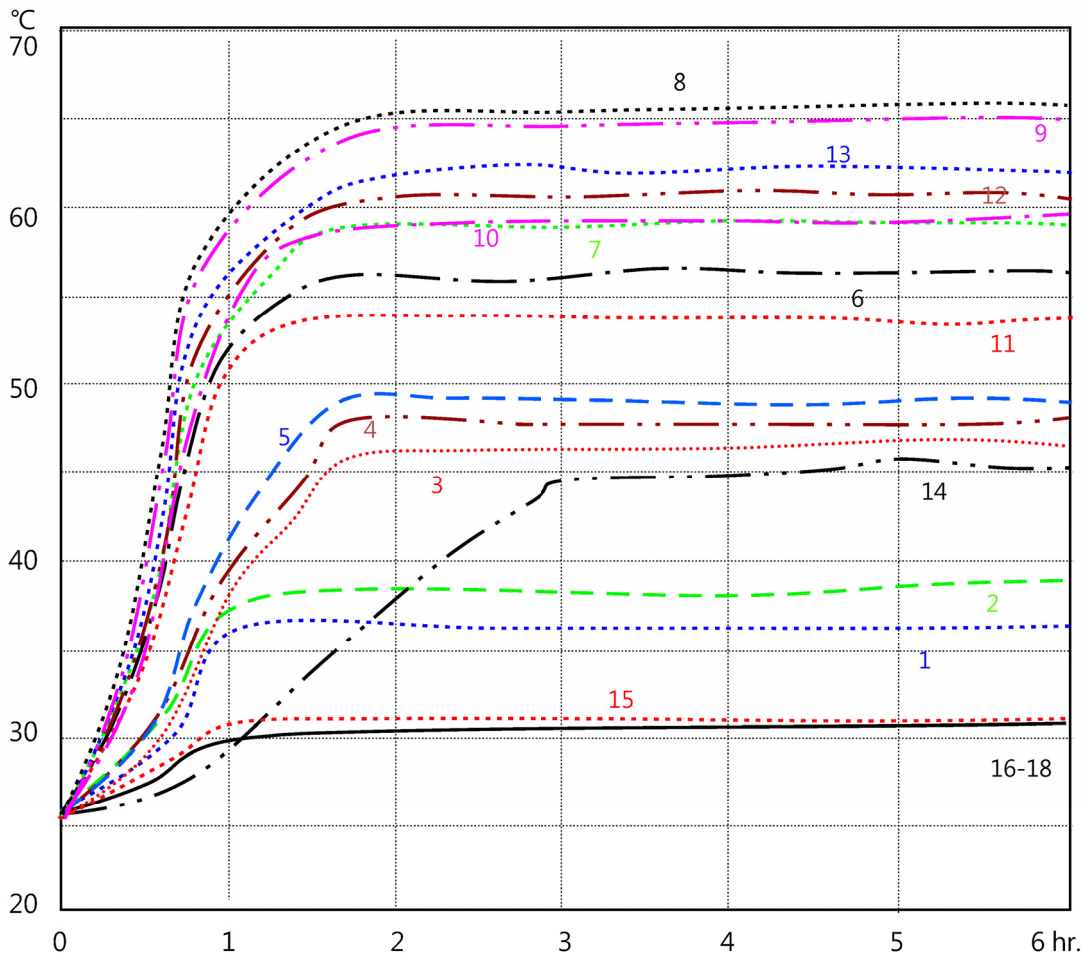


Figure 5. Temperature rise test curved lines of developed distribution board.

**Table 4.** Maximum Allowable Temperature by Insulation Classification of Electrical Appliances

Insulation classification	Y	E	B	F	H	C
Maximum allowable temperature, °C	90	120	130	155	180	180 exceed

**Table 5.** Result of Temperature Rise Test for Developed Distribution Board

Ch. No.	Measurement region	Temperature upper limit value, °C		
		R	S	T
1	Before connection 1 m of service wire	36.5	-	-
2		38.4	-	-
3	Connection of service wire	-	47.0	-
4		-	-	48.4
5	Bus bar of main circuit and branch circuit	49.2	-	-
6		-	57.2	-
7		-	-	58.7
8	Connection of MCCB power for branch circuit bus bar	65.3	-	-
9		-	63.9	-
10		-	-	59.0
11	Connection of MCCB load for branch circuit bus bar	53.3	-	-
12		-	60.9	-
13		-	-	61.6
14	Insulation of bus bar support	46.1		
15	Part that contact at normalcy operating is possible	30.7		
16	Ambient temperature	30.4		
17		30.4		
18		30.4		
Note		Conductor for outside service wire ; 4×50 mm		

류는 225 A, 시험 주파수 60 Hz, 시험 시간 6시간 동안 연속 실시한 것이다. 온도를 측정된 부분은 인입 접속부, 주회로 및 분기회로 모선, 모선 지지물 등 18개소(Figure 1에 번호 표기)이다. 즉, 동일한 조건에서 시험 대상 부분의 온도 변화를 동시에 확인함에 따라 시험의 신뢰성과 정확성을 높이고자 하였다. 동시에 실시된 시험을 통해서 온도가 가장 높게 측정된 곳은 분기회로 모선용 MCCB 전원측 접속부의 R상(R-phase)으로 65.3 °C로 기록되었고, 부하측은 T상(T-phase)으로 61.6 °C로 확인되었다. 측정된 대부분은 초기에 온도가 선형적으로 상승하여 약 2시간이 경과되면 안정화 단계에 도달하는 온도 패턴을 보이고 있다. 그리고 측정된 모든 곳이 관련 규정에서 제시하고 있는 온도 범위 이내로 확인된바 개발된 분전반은 온도 특성이 우수한 것으로 판단된다. 즉, 개발된 분전반은 Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 전기기기의 절연 중별에 따른 최고허용온도인 90 °C 이하를 유지하는 것으로 보아 Y종 절연에서도 견딜 수 있다는 것이 입증된 것을 알 수 있다.

Table 5는 개발된 10회로 분전반에 대한 온도 상승 시험 결과를 정리한 것이다. 3상 전원을 공급하고 시험 전류 225

A에서 6시간 동안 실시한 것이다. 시험 주파수 60 Hz에서 인입 접속부, 주회로 및 분기회로 모선, 모선 지지물 등 18개소이다. 제시된 온도 분석표는 섭씨온도(Celsius temperature, °C)를 사용한다. 개발된 분전반의 인입 접속부는 T상(T-phase)의 온도는 48.4 °C로 가장 높았고, 주회로 모선과 분기회로 모선의 접속부는 T상(T-phase)이 58.7 °C로 측정되었다. 그리고 분기회로 모선용 MCCB 전원측 접속부는 R상(R-phase)이 63.3 °C로 가장 높았고, 분기회로 모선용 MCCB의 부하측 접속부는 T상(T-phase)이 61.6 °C로 측정되었다. 부스바 지지대의 절연물의 온도는 46.1 °C로 측정되어 양호한 것을 알 수 있다. 그리고 실험이 진행될 때의 주변 온도는 30.4 °C를 일정하게 유지함에 외부 온도의 변화가 제품의 특성에 영향이 없도록 하였으며, 상대 습도 역시 40~ 60%로 일정하게 유지하였다.

Figure 6은 단상 2선식 선로에 설치하여 회로를 구성할 수 있는 MCCB의 내열 평가를 실시한 실제 사진이다. 내열 실험 장치(KM505, AC 220 V, Kwangmyung Electric Co., Korea)로 180 °C에서 6시간 동안 실시한 것으로 Figure 6(a)는 MCCB의 우측면을 나타낸 실제 사진이다. 상부 덮개가

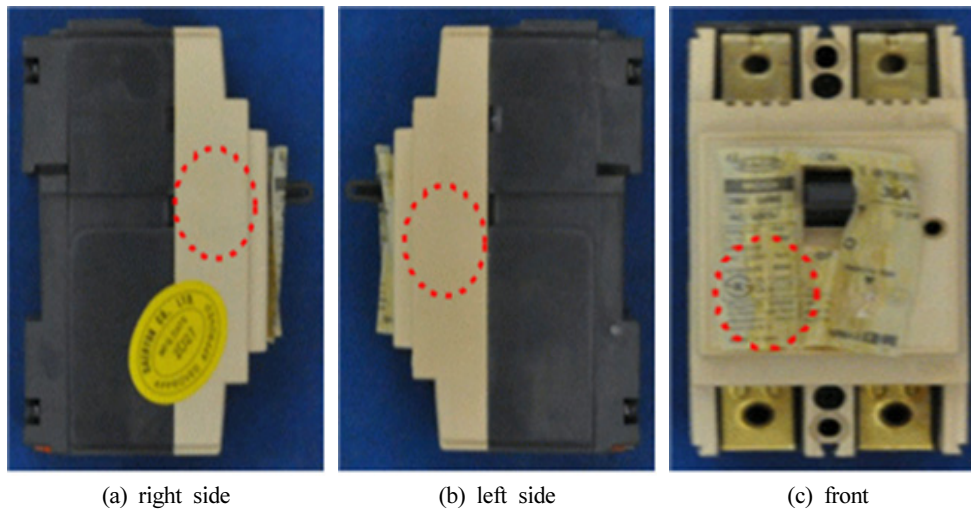


Figure 6. Photograph of the outside of the MCCB receiving stress at heat resistance of 180 °C.

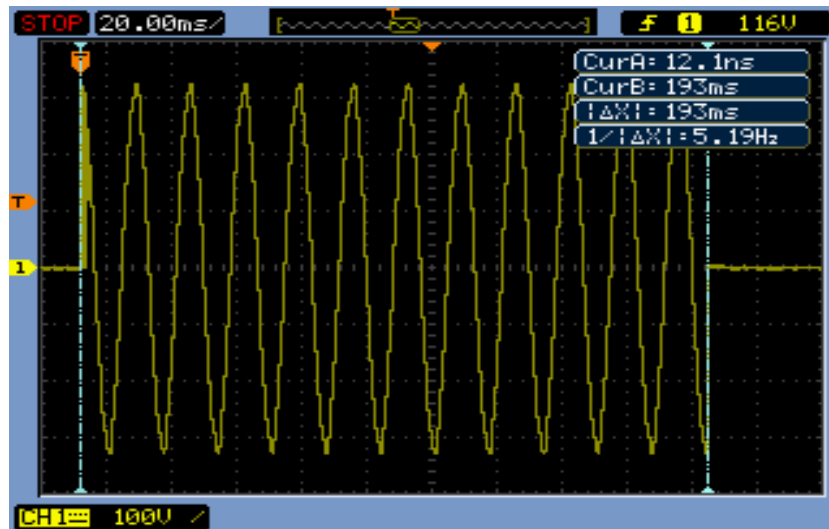


Figure 7. Blocking test curved line of human body electric shock of electric current.

부풀어 오르고, 일부 변색된 것을 알 수 있다. 그러나 하부는 특이 사항이 없는 것으로 판단된다. Figure 6(b)는 MCCB의 좌측을 나타낸 것으로 중심부가 일부 부풀어 올랐으며, 색이 변색된 것을 알 수 있다. 그리고 Figure 6(c)는 정면을 나타낸 실제 사진으로 몸체는 변색이 발생되었고, 전체적으로 일부 변경된 것을 알 수 있다. 또한, 동일한 조건에서 150 °C의 실험을 실시한 결과 열적 스트레스를 받은 MCCB는 고정결이의 변형 및 명판의 변색 등을 확인할 수 있었다<sup>(19,20)</sup>.

Figure 7은 개발된 10회 분전반에 설치된 관리 시스템에 대한 인체 감전전류의 차단 시험 결과를 나타낸 것이다. 분기회로 300 A 이하에서 기준 전류 30 mA일 때 상하한 범위의 전류 30~45 mA가 흐르고 있는 상태에서 차단시간은 240 ms 이내로 설정되었을 때의 특성 곡선이다. R-phase의 차단은 5.19 Hz에서 적절하게 차단된 것을 알 수 있고, 시

간으로 환산하면 약 193 ms로 계산되었다. 즉, 개발된 분전반은 각각의 회로에서 누설되는 누설전류를 검출할 수 있음을 알 수 있고, 그 상태는 분전반의 우측 상단에 설치된 표시창을 통해서 관리자가 확인이 가능한 시스템이다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 저압용 10회로 분전반을 KEMC 규정에 근거하여 제작하였고, 관련 규정을 비교 분석하였다. 또한, 개발된 분전반의 특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 개발된 10회로 분전반에 적용된 재료와 부품의 강도는 KS C IEC 61439-1이며, 내식성, 절연 재료의 특성, 자외선 복사의 내성, 기계적 충격 등의 항목에 적합하도록 설계



되었다. 옥내에 설치되는 분전반은 IEC 60068-2-30, 60068-2-11 등을 적용하였다. 또한, 옥외에 설치되는 분전반은 IEC 60068-2-30, 60068-2-11 등을 적용하고 있는 것을 알 수 있었다.

(2) 개발된 분전반 외함의 보호 등급, 감전 방지와 보호 회로, 개폐장치와 구성품, 내부 전기 회로와 연결부, 외부 도체의 단자, 절연 특성, 온도 상승, 단락 내력, 전자파 적합성, 기계적 동작 등이 적합하도록 제작하였다. 또한, 감전 방지와 보호회로는 조립체의 노출 도전부와 보호회로 사이의 효과적인 접지 연속성과 단락 내력을 확보하였다.

(3) 개발된 10회로 저압 분전반은 상부에 배선용차단기(MCCB)를 설치하여 주전원이 유입되도록 배치하였고, 부하측의 배선은 부스바(bus bar)를 이용하여 R, S, T, N 등을 색 배선하였다. 그리고 부스바를 사용하여 좌측과 우측으로 병렬 분기하여 다양한 부하를 효과적으로 사용할 수 있도록 구성하였다. 또한, 각각의 분기된 차단기 부하측에 센서 모듈(sensor module)을 설치하여 부하에서 발생하는 누설전류를 실시간 측정하여 우측 상단에 설치된 관리 시스템으로 그 상태를 알 수 있다.

(4) 개발된 10회로 분전반은 3Φ 4W로 전원을 공급할 수 있고, 단상 회로와 3상 회로 등으로 구분되어 있다. 또한, 사용자 또는 부하의 종류 및 목적 등에 따라 회로를 증설할 수 있고, 각각의 부하 상태 역시 10회로와 같은 방법으로 실시간 부하 관리 및 점검을 실시할 수 있다. 그리고 부하에 연결된 각각의 부하 상태를 상시 감시할 수 있어서 누전 경보 및 차단 등이 가능하다. 전원 각각의 회로 상태를 관리자 또는 관계자가 실시간으로 확인이 가능하므로 효율적인 전원 관리가 가능하다.

(5) 개발된 10회로 분전반의 온도 상승 시험에서 3상 시험 전류는 225 A, 시험 주파수 60 Hz, 시험 시간 6시간 동안 연속 실시하였다. 온도를 측정한 부분은 인입 접속부, 주회로 및 분기회로 모선, 모선 지지물 등 18개소이다. 온도가 가장 높게 측정된 곳은 분기회로 모선용 MCCB 전원 측 접속부의 R상(R-phase)으로 65.3 °C로 기록되었고, 부하 측은 T상(T-phase)으로 61.6 °C로 기록되었다. 그리고 측정된 모든 곳이 관련 규정에서 제시하고 있는 온도 범위 이하로 확인된바 개발된 분전반은 온도 특성이 우수한 것으로 판단된다.

(6) 단상 2선식 선로에 설치하여 회로를 구성할 수 있는 MCCB의 내열 평가는 내열 실험 장치를 사용하였다. 180 °C에서 6시간 동안 실시하였고, MCCB의 외형은 특이 사항이 없으나 MCCB를 설치할 때 사용하는 고정걸이 및 작동 손잡이가 녹아내린 것을 알 수 있었다.

## References

1. H. I. Cho, "Statistics of Electric Power in Korea", KEPCO (2016).

2. Ministry of Public Safety and Security, "Fire Statistic Status", National Fire Date System (2016).

3. S. K. Lee, "Electrical Disaster Statistics in Korea", KESCO (2016).

4. G. Y. Shong, "Power Transmission and Distribution Engineering", Dongil Publisher, pp. 11-14 (2008).

5. Korean Standards Association, "KS C 61439-1, 60068-2-30, 60068-2-11, Distributing and Control Board for Low Voltage" (2014).

6. Korea Standard Association, "KS C IEC 60947-1, General Requirements for Molded Case Circuit Breaker" (2008).

7. Korea Standard Association, "KS C IEC 60947-2, Molded Case Circuit Breaker" (2008).

8. Korea Electrical Manufacturers Cooperative, "SPS-KEMC 2102-610, Low Voltage Distributing Board" (2008).

9. Distribution Board System Association of Japan, "JSIA-300, Distribution Board Guide" (2010).

10. C. S. Choi and S. Y. Hahn, "Study on the Resistivity Leakage Current Detection and Properties Analysis of Electrical Installation", 2008 Korean Institute of Electrical Engineers Fall Proceeding, pp. 301-304 (2008).

11. C. S. Kim, S. Y. Hanh and C. S. Choi, "Development and Safety Estimation of Resistive Leakage Current (Igr) of Detection Outlet", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers P, Vol. 58, No. 2, pp. 221-226 (2009).

12. S. Y. Hahn, "Tester of Earth Resistive Leakage Current (Integrator)", Korean Intellectual Property Office, 10-0771939 (2007).

13. C. S. Choi, K. M. Shong, D. O. Kim, D. W. Kim and Y. S. Kim, "A Study on the Analysis of Heat and Metallurgical Structure of Connection Parts for Residual Current Protective Devices", Fire Science and Engineering, Vol. 18, No. 4, pp. 57-63 (2004).

14. B. S. Lee and C. S. Choi, "A Study on the Contact Resistance of Plug-In MCCB Placed in Distributing Board", Proceeding of 2013 Spring Annual Conference of Korean Institute of Fire Science and Engineering, pp. 56-57 (2013).

15. J. H. Lee and C. S. Choi, "Damage Pattern and Operation Characteristics of a Thermal Magnetic Type MCCB According to Thermal Stress", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 28, No. 3, pp. 69-73 (2013).

16. C. S. Choi and B. S. Lee, "Study on Temperature Characteristics and Short-time Current Performance of a 3-Phase 4-Wire Plug-In MCCB", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 28, No. 7, pp. 14-18 (2013).

17. S. S. Kim and C. S. Choi, "Quantitative Distribution of Created Voids by Applying General Flame and DC Short-Circuit Current to 2.5 mm<sup>2</sup> HIV", Journal of the Korean

- Society of Safety, Vol. 28, No. 4, pp. 38-42 (2013).
18. J. S. Kim and C. S. Choi, "Verification of Reliability by the Induced Voltage of a Downscaled and Simulated 22.9 kV-Y Distribution Line", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 30, No. 4, pp. 26-31 (2015).
  19. J. H. Lee and C. S. Choi, "Damage Pattern and Operation Characteristics of a Thermal Magnetic Type MCCB according to Thermal Stress", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 28, No. 3, pp. 69-73 (2013).
  20. C. S. Choi and J. H. Lee, "Comparison of Standards for a 1φ 2 W MCCB and Study on the Evaluation of Heat Resistance Characteristics", Fire Science and Engineering, Vol. 28, No. 4, pp.21-28 (2014).