

저압기기 정격절연전압 690V 개발시 고려사항에 대한 연구

김명석, 김종익, 박상용
 LG산전주식회사 전력시험기술센터 전력시험연구팀

A Study on the Design of the rated insulation voltage of 690V for the low-voltage switchgear and controlgear

Myoung-Seok Kim, Jong-Yeok Kim, Sang-Yong Park
 LGIS Power testing & technology institute, High power test & technology team

Abstract - Most of the application standard of the low-voltage devices have applied one the IEC standard another the UL standard. European union applied the IEC60947-1 standard has not exceed 1000V a.c. or 1500V d.c.. Therefore, it is necessary to the low-voltage device has expended for rated operational voltage with our products. The export of European market shall be made for the CE-Marking in accordance with IEC60947-1 (Low-voltage switchgear and controlgear). We shall be considered for the requirement with the IEC standard. In this time to study for power supply system at EU (European union. At that time for design and development in order to the construction and test method among the study for the rated insulation voltage at less then 690V.

1. 서 론

저압기기에 적용되는 국제규격으로 대부분의 국가에서 IEC와 UL 규격을 적용하고 있다. 북미에서 통용되는 UL 규격과 국내규격과 유사하나, 유럽권에서 적용되는 IEC 규격의 저압기준은 교류 1000V 이하, 직류 1500V 이하로 국내 저압기준 교류 600V 이하, 직류 750V 이하와 상이함으로 국제 경쟁력을 갖기 위해서 사용전압의 범위가 확대된 제품개발이 요구된다. 국내 규격으로 KS C4504 (교류전자개폐기), KS C4613 (누전차단기), KS C8321 (배선용차단기) 및 전기용품기술기준 등이 있고, 사용전압 범위 확대를 위해 IEC 규격에서 요구하는 전력공급 시스템, 유럽권 산업용 저압기기의 대부분을 차지하고 있는 정격 절연전압 690V를 적용기 위한 제품 설계시의 고려 할 사항, IEC 규격에서의 시험방법을 검토하고 정격 절연전압 690V로 개발한 제품의 구조 적용 및 시험 결과에 대하여 실증 결과를 고찰하고자 한다. 본 논문에서는 IEC 규격의 사용전압 범위가 크므로 국내 규격과 UL 규격은 검토에서 제외하였다.

2. 본 론





2.1 IEC 규격 기준

2.1.1 저압기기 정격 사용전압 기준

국제규격인 IEC60947-1 기준의 저압기기의 정격 사용전압은 교류 1000V 이하 또는 직류 1500V 이하로 규정되어, 이에 따른 전력공급 시스템을 표1에 나타내었고, 미주지역의 UL, NEC (NFPA70), NEMA ICS2(Class A, B)과 한국산업규격의 저압기준은 교류 전력계통의 전선로 전압을 교류 600V 이하, 직류

750V 이하로 규정되어 있다.

표1 IEC60947-1 전력공급시스템

최대사용 전압 a.c. r.m.s. or d.c. V	 a.c. r.m.s. V	 a.c. r.m.s. V	 a.c. r.m.s. or d.c. V	 a.c. r.m.s. or d.c. V
50	-	-	12.5, 24 25, 30, 42 48	60-30
100	66/115	66	60	-
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110 240-120
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347, 380 400, 415 440, 480 500, 577 600	480	960-480
1000	-	660, 690 720, 830 1000	1000	-

2.1.2 절연거리(연면거리, 공간거리) 기준

절연과파괴강도는 가능한 큰 값의 절연재료를 사용하되 저압에서는 코로나 방전에 대한 내력 (6000V 이하) 이 문제시되지 않기 때문에 내아크성 및 트래킹에 대한 내력을 갖는 절연재료를 선정하여야 한다. 이것은 표면을 따라 흐르는 누설전류 혹은 아크에 접한 경우의 내구력을 말한다. 절연성능을 갖게 하는 방법에는 도체간의 연면거리, 절연체의 두께, 도체를 피복 하는 방법 등이 있다. 연면거리는 표면의 오손, 흡습성에 영향을 받기 때문에 이에 대한 사용환경을 고려하여야 하고, 절연체의 두께는 절연체의 전기적 성질 (유전율, 고유저항, 열전도율 등) 을 고려하여 한다. 표2는 산업용 저압기기의 일반적인 불평등전계 및 사용환경 (오염도 3) 하에서 정격 절연전압 100V 이상 800V 이하의 IEC 규격에서 요구하는 최소 연면거리와 표3에 정격 임펄스전압 0.33~8kV 사이 최소 공간거리를 나타내었다.

표2 최소 연면거리

정격 절연전압 a.c. r. m. s. or d.c. V	장기 피로에 대한 최소 연면거리 mm			
	절연재료 분류			
	I	II	IIIa	IIIb
100	1.8	2.0	2.2	
125	1.9	2.1	2.4	
160	2.0	2.2	2.5	
200	2.5	2.8	3.2	
250	3.2	3.6	4.0	
320	4.0	4.5	5.0	
400	5.0	5.6	6.3	
500	6.3	7.1	8.0	
630	8.0	9.0	10.0	
800	10.0	11.0	12.5	-

*정격 절연전압 690V는 630V를 적용한다.

그림1 연면거리, 공간거리 측정방법

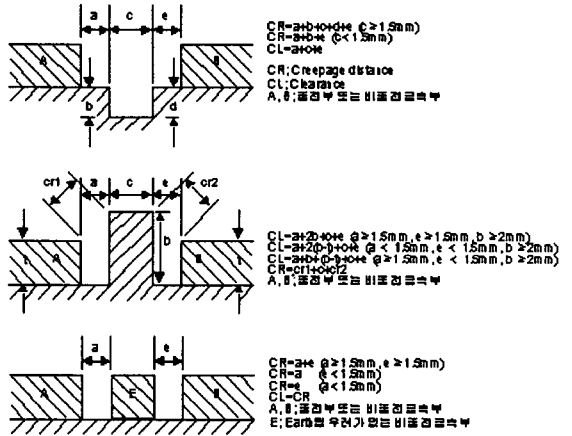


표3 최소 공간거리

정격 임펄스 전압 U _{imp} *	최소 공간거리 mm
0.33	0.8
0.5	0.8
0.8	0.8
1.5	0.8
2.5	1.5
4.0	3.0
6.0	5.5
8.0	8.0

*1.2/50μs 임펄스 전압파형

2.1.3 정격 절연전압에 따른 내전압시험 기준

IEC 규격의 정격 절연전압에 따른 내전압 시험기준은 표4와 같다.

표4 정격 절연전압에 따른 내전압 시험기준

정격 절연전압 V	시험전압 a.c. r.m.s.
U _i ≤ 60	1000
60 < U _i ≤ 300	2000
300 < U _i ≤ 690	2500
690 < U _i ≤ 800	3000
1000 < U _i ≤ 1500*	3500

*d.c.

2.1.4 시험 방법

2.1.4.1 절연거리 측정방법

치수 측정에 사용되는 계측기 (버니어캘리퍼스, 마이크로미터, 각도기, 자 등) 를 사용하여, 공간거리는 절연된 2개의 나중전 도체 상호간에 공기가 개입된 상태에서의 최단거리를 측정하고, 연면거리는 도체간의 절연재의 표면에 잇닿는 최단거리를 측정하되, IEC60947-1 요구 사항의 오염도 3에서 1.5mm 깊이는 연면거리에서 무시한다. 치수측정은 그림1과 같이 한다.

2.1.4.2 정격 절연전압에 따른 내전압시험 방법

내전압 시험기준은 표4에 따라 시험전압을 모든 주회로 도체와 제어회로 간, 주회로 도체의 각 극과 접지간, 주회로와 분리된 보조회로는 제어회로와 주회로간 또는 제어회로와 모든 도체간 및 제어회로와 접지간에 1분간 인가하여 누설전류 (100mA)에 의한 과전류 트립이 없고, 절연파괴 현상이 없어야 한다. 내전압 시험기는 45~60Hz의 정현파 (Practically sinusoidal waveform) 를 가지고, 고압 변압기 (High-voltage transformer) 의 사양은 시험전압에서 최소 200mA의 출력전류를 가져야 한다.

2.2 정격 절연전압 600V에 대한 IEC 규격의 690V 전환시 고려 사항

2.2.1 절연거리(공간거리, 연면거리)

한국산업규격 KS C4504 (교류전자계폐기) 를 제외한 KS C4613 (누전차단기), KS C8321 (배선용차단기), 전기용품기술기준에 규정하고 있는 정격 절연전압 600V에서의 절연거리와 IEC60947-1의 690V에서의 절연거리는 IEC 규격보다 작기 때문에 현재의 생산 제품에 대한 절연재료의 분류등급을 높일 필요가 있다. 다만, 정격 사용전압은 정격 절연전압을 초과할 수 없기 때문에 저압기기를 사용하는 부하 (Load) 의 정격용량에 따라 정격 사용전류를 낮출 필요가 있다.

2.2.2 내전압시험

한국산업규격에서 주회로에 인가하는 내전압 시험 기준은 2200V (KS C4504, KS C4613), 2500V (KS C8321, 전기용품기술기준) 이며, IEC 규격은 2500V로 규정하고 있고, 제품규격상 정격 임펄스전압을 규정 할 경우는 정격 임펄스전압으로 내전압시험을 대체 한다.

2.2.3 사용환경

저압기기의 표준 사용환경은 표고 2000m 이하, 상대 습도 45~85%RH, 온도는 옥내용의 경우 -5~+40℃, 옥외용의 경우 -25~+40℃ 장소에 대하여 사용한다. 이는 제조자가 제품규격 상에 명시하며, IEC 규격내에서의 표준 사용환경도 유사하며, 특별히 제조자가 명시하는 경우는 제외한다. 따라서, 저압기기 IEC 규격에서는 특별히 언급하지 않는 한 오염도 (Pollution degree) 3인 산업환경을 적용한다.

3. 결 론

본 논문에서는 정격 절연전압 690V를 개발하기 위한 구조적 고려사항을 고찰하였고, IEC60947-4-1을 적용한 정격 절연전압 690V로 개발된 제품시험을 그림2와 측정결과를 표5에 나타내었다.

그림2 교류전자 접촉기 (22Ampere frame)

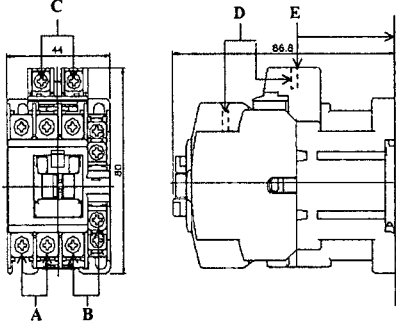


표5 절연거리 측정결과 (절연재료 분류: IIIa)

측정부위	절연 거리 mm	
	연면 거리 기준	공간 거리 기준
	10.0	8.0
A	13.4	11.2
B	18.9	18.9
C	11.5	8.9
D	33.4	22.4
E	54.1	38.5

정격절연전압 690V에 의한 내전압 시험전압을 2500V에 1분간 인가하여 시험결과를 표6에 나타내었다.

표6 내전압 시험결과

번호	내전압 인가부위	시험 결과
1	주회로: 접촉자를 닫은 상태에서 도전체와 접지 금속부 및 조작회로 간	견 담
2	주회로: 접촉자를 닫은 상태에서 각 극간	견 담
3	주회로: 접촉자를 열린 상태에서 도전체와 접지 금속부 및 조작회로 접지 하여) 간	견 담
4	주회로: 접촉자를 열린 상태에서 전원측 단자와 부하단자와의 사이	견 담
5	조작회로: 도전부분과 접지 금속체 간	견 담
6	조작회로: 하나의 회로와 다른 모든 회로 (접지 하여) 간	견 담

정격절연전압 690V는 유럽권의 선진 경쟁사 (Siemens, ABB, Tele., RA 등)가 이미 개발하여 출시하고 있고, 정격절연전압 1000V를 개발하여 출시 중에 있다. 따라서 국내규격 기준을 바탕으로 개발된 제품

에 대하여 유럽권 진출하기 위해서는 정격 사용전압 및 정격 절연전압을 높일 필요가 있으며, 제품 개발을 위해서는 정격 절연전압 및 절연체의 선정에 따라 IEC60947-1의 기준을 바탕으로 절연거리 (공간거리, 연면거리)를 증대하여 설계하여야 한다. 차기 논문에서는 정격 절연전압 및 정격 사용전류에 따른 전기적 성능 확보를 위해 고려될 사항을 고찰하고자 한다.

(참 고 문 헌)

- (1) IEC, "IEC60947-1", Low-voltage switchgear and controlgear Part1 general rules, pp.155-203, Nov. 1998
- (2) IEC, "IEC60947-2", Low-voltage switchgear and controlgear Part2 circuit-breakers, pp.87-91, Mar. 1998
- (3) IEC, "IEC60947-4", Low-voltage switchgear and controlgear Part4 contactor and motor-starters, pp.117-123, Aug. 1996
- (4) IEC, "IEC60947-5", Low-voltage switchgear and controlgear Part5 control circuit devices and switching elements, p.9, Oct. 1997
- (5) Underwriters Laboratories Inc., "UL 508", Industrial control equipment, pp.69-81, 1999
- (6) Underwriters Laboratories Inc., "UL 489", Molded case circuit breakers, pp.16-28, 1998
- (7) 한국표준협회, "KS C4504", 교류전자개폐기, pp.1-8, 1995
- (8) 한국표준협회, "KS C4613", 누전차단기, pp.1-3, 1994
- (9) 한국표준협회, "KS C8321", 배선용차단기, pp.1-3, 1997
- (10) 한국표준협회, "KS C0501", 표준 전압, pp.1-8, 1995
- (11) 송영길, "송배전공학", 배전선로의 전기방식, pp.399-410, 1991
- (12) 대한홍보사, "전기설비기술관리", 배전방식 및 배전전압, pp.62-63, 1994
- (13) 전기용품안전관리협회, "전기용품기술기준II", 03(배선기구류), pp.132-135, 1997
- (14) 한국전력기술인협회, "전기설비기술기준", 통칙, pp.6-17, 1999