

전자식 배선용차단기의 EMC 규격 기술해설

전정채 (한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 연구원)

1 서 언

배선용차단기란 교류 600[V]이하, 직류 250[V] 이하의 저압 옥내 전로 보호에 사용되는 차단기를 말한다. 배선용차단기는 미국에서 보급 발달한 것으로서, 미국에서는 Molded Case Circuit Breaker (MCCB)라고 하고 국내의 표준규격인 KSC 8321에서는 “개폐 기구, 트립 장치 등을 절연물의 용기 내에 일체로 조립한 것이며 통상 사용 상태의 전로를 수동 또는 절연물 용기 외부의 전기 조작 장치 등에 의하여 개폐할 수 있고 과부하 및 단락 등일 경우 자동적으로 전로를 차단하는 기구를 말한다. 다만 분기 회로용 퓨즈 또는 차단기로 보호되는 과부하 보호 개폐기, 기기 보호용 차단기 및 전류 제한기에 적용하지 않는다”라고 정의하며 배선용 차단기(MCCB)라 부르고 있다[1]. 이러한 배선용차단기는 상시상태의 전로를 수동 또는 전기조작에 의해 개폐가 가능하고 과부하 및 단락 등의 사고 발생시 자동적으로 전로를 차단하는 기구로써 개폐기와 과전류 차단기의 기능을 겸하고 있으며 인입구, 간선 및 분기회로에 널리 사용되고 있다.

최근 디지털 기술의 발달로 정확성과 신뢰성을 높인 전자식(Electronic Type) 배선용차단기가 개발 및 보급되고 있으며, 이와 관련하여 전자기 적합성(Electromagnetic Compatibility : EMC)에 대

한 요구 사항과 시험방법이 IEC 60947-2(정격 전압이 1,000[V] 교류 또는 1,500[V] 직류를 초과하지 않는 차단기와 연결될 주요 접속기인 차단기에 적용된다)로 제정되었고, 국내에서도 2002년 이후 IEC 규격을 번역해서 적용하고 있지만 현장에서 구체적으로 전자식 배선용차단기의 적용과 EMC 관련 규격에 대한 인식이 부족한 실정이다. 따라서 본 고에서는 전자식 배선용차단기에 대한 기본적인 구조와 전자식 배선용차단기 전자기 적합성(EMC)규격관련으로 우리나라에서 사용하고 있는 KSC/IEC 60947-2에 대해 간략히 살펴보았다.

2. 전자식 배선용차단기

배선용차단기는 정격전류를 넘은 과전류가 흐를 때 개폐기구를 동작을 하기 위해 설치되어 있으며, 그 종류는 Frame의 크기, 극수, 정격 전류, 전압, 과전류 차단방식, 취부구조, 한류장치의 유무, 용도 등에 따라 그 종류가 다양하다. 배선용차단기는 과전류 동작 장치의 종류 및 동작원리에 따라 열동식(Thermal Type), 열동 전자식(Thermal Magnetic Type : TM), 완전 전자식(Hydraulic Magnetic Type : HM), 전자식(Electronic Type)으로 나눌 수 있다[2].

전자식(Electronic Type) 배선용차단기는 그림 1과 2에서와 같이 전류 검출부를 전자화한 것으로써

제품 내부에 CT(Current Transformer)를 통하여 감지된 전류를 전자회로를 통하여 감지하여 이상전류로 판단시 Trip crossbar를 동작시켜 차단기가 트립된다. 현재 국내에서 전자식 배선용차단기는 2개회서 정도에서 제조 및 판매되고 있다.

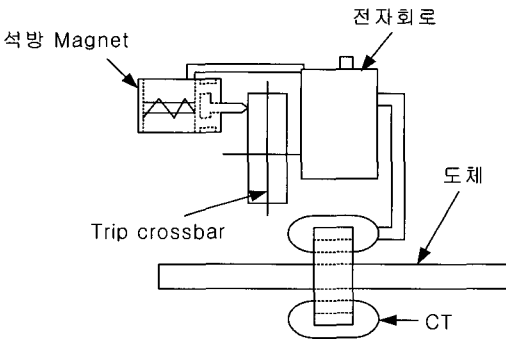


그림 1. 전자식의 구조

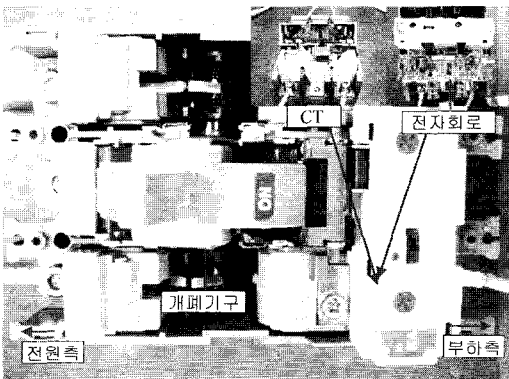


그림 2. 전자식(Electronic Type)의 구조 실제 사진

3. 전자식 배선용차단기 EMC 규격

배선용차단기의 전자기 적합성(EMC)에 대한 요구 사항과 시험방법은 기본적으로 KSC/IEC 60947-2(정격 전압이 1,000[V] 교류 또는 1,500[V] 직류를 초과하지 않는 차단기와 연결될 주요 접속기인 차단기에 적용된다) 부속서 J(참고)에서 다루고 있으며, 부속서 F(규정)에서는 부가적으로

전자식 과전류 보호 차단기에 전자기 적합성 및 내성(Immunity) 시험에 대한 추가 요구 사항을 다루고 있다[3].

3.1 KSC/IEC 60947-2의 부속서 J

KSC/IEC 60947-2의 부속서 J는 차단기의 전자기 적합성(EMC)에 대한 요구 사항 및 시험방법에 대해 다루고 있으며 주로 내성 시험과 방사시험에 대해 설명하고 있다. 이중 여기서는 본 연구와 관련이 있는 내성 시험에 대해 서술하도록 한다. 기본적으로 IEC 60947-1 규격에서는 “전자 회로를 가지는 장비에는 전자기적 방해에 대한 만족스런 내성이 있어야 한다”라고 규정되어 있으며 시험은 표 1에 주어진 값에 따르게 되어 있고 성능 기준은 표 2에 주어진 값에 따라야 된다[4]. 그리고 IEC 60947-2의 부속서 J에는 IEC 60947-1에서 규정되어 있는 전자기적 방해에 대해 추가적으로 표 3과 같은 내성 시험에 대해 시행하도록 되어 있다[3].

3.2 KSC/IEC 60947-2의 부속서 F

이 부속서는 전자식 과전류 보호 차단기에 대한 전자기 호환성 시험에 대한 추가 요구사항을 정하고 있다. 즉 전자식(Electronics means)에 의하여 차단기에 통합되고 선로 전압이나 어떤 보조 전원(Auxiliary supply)에 무관한 과전류 보호가 있는 차단기에 대해 적용한다. 이 규정에서 전자기 호환성 시험에 대해 전자식이 과전류 보호 기능이 성능을 손상하지 않는다는 것을 보증하도록 되어 있다. 부속서 F의 전자기 적합성(EMC) 시험에서 전기 과전류 보호 차단기는 표 4에 따르도록 되어 있으며 고조파, 순간정전, 서지, 방사된 무선 주파수 전자기장, 전기 급속과도 전류/파열, 정전기 방전 등에 대한 내성시험에 대한 절차, 시험회로 및 성능기준 등이 규정되어 있다.

표 1. EMC 관한 시험-내성

시험의 형식	요구되는 시험 레벨
정전기 내성 시험 IEC 61000-4-2	8(kV)/대기 방사 또는 4(kV)/접촉기 방사
무선주파수에 의한 전자기장 내성 시험 (80(MHz)에서 1(GHz)), IEC 61000-4-3	10(V/m)
전기 급속 파도에 의한 내성시험	전력 단자쌍에서 2(kV)(1) 신호 단자쌍에서 1(kV)(2)
1.2/50[μs]-8/20[μs] 서지 내성 시험 IEC 61000-4-5(3)	2(kV)(회로에서 지면) 1(kV)(회로에서 회로)
무선 주파수 내성 시험(150(kHz)에서 80(MHz)) IEC 61000-4-6	10(V)
상용 주파수 자기장 내성 시험 IEC 61000-4-8(4)	30(A/m)
순간 전압 강하와 방해 내성 시험 IEC 61000-4-13	0.5사이클에 대한 30(%) 감소 5와 50사이클에 대한 60(%) 감소 250사이클에 대한 100(%) 감소
공급 체계에서 고조파 내성 IEC 61000-4-13	요구되지 않으나 현재 미래에 대해 연구 중이다.

주(1) 전력 단자쌍 : 장비의 작동 또는 관련 장비에 필요한 일차 전력을 운반하는 도체와 케이블에서 포인트와 연결한다.
 (2) 신호 단자쌍 : 전달 자료 또는 신호에 대한 정보를 운반하는 도체 또는 케이블의 포인트는 장비와 연결된다. 적용할 수 있는 단자쌍은 제품 규격에 기술된다.
 (3) 24(V) 직류의 정격 전압 또는 그 이하의 값을 갖는 단자쌍은 적용될 수 없다.
 (4) 사용 주파수 자기장에 영향을 받기 쉬운 장치를 포함하는 장비에만 적용할 수 있다.

표 2. 전자기(EM) 방해가 나타날 때 허용기준

항 목	허용기준(시험 중 성능 기준)		
	A	B	C
전체 성능	동작특성의 중요하지 않은 특성 예정된 동작	일시적 저하 또는 성능의 손실이 스스로 회복될 수 있다.	일시적 저하 또는 성능 손실은 작동 자의 간섭 또는 시스템 리셋이 요구 된다(1).
전력의 작동과 제어 회로	오작동 없음	일시적 저하 또는 성능의 손실이 스스로 회복될 수 있다(1).	일시적 저하 또는 성능의 손실은 작 동자의 간섭 또는 시스템 리셋이 요 구된다(1).
표시 작동과 제어반	표시 정보에 대한 변화 없음. LEDs의 가벼운 강도 변동, 또는 특성의 경미한 이동	일시적으로 보이는 변화 또는 정 보 손실 필요하지 않은 LED 조명	달함 또는 영구적인 표시 손실 명백하게 표시된 잘못된 정보와(또 는) 허가되지 않은 작동 모드가 제공 되어야 한다.
정보 제공과 분별 기능	방해되지 않은 통신과 외부 장치 에 대한 자료 교환	내부와 외부 장치(1)의 오류 리포 트를 갖는 일시적으로 방해 받는 통신	정보의 잘못된 진행 자료와(또는) 정보의 손실 통신 오류 가 없이 스스로 회복될 수 없다.

주(1) 구체적인 요구 사항은 제품 규격에 상세하게 기술될 것이다.

표 3. EMC-내성 시험

설 명	인용 규격	시 험 레 벨	설 치
정전기 방전	IEC 61000-4-2	8[kV] 접점(1) 8[kV] 대기	외함
방사 전자기장	IEC 61000-4-3	10[V/m]	자유공기
전기 급속 과도 전류/파열	IEC 61000-4-4	전력포트 : Ue ≥100[V], 교류 또는 직류 : 4[kV](1) Ue ≥100[V], 교류 ≥100[V], 교류 또는 직류 : 2[kV](1) 신호포트 : 2[kV](1)	외함
서지	IEC 61000-4-5	전력포트 : Ue ≥100[V], 교류 4[kV] line-to-earth 2[kV] line-to-line(부속서 F와 N) 4[kV] line-to-line(부속서 B와 M) 전력포트, 직류 0.5[kV] line-to-earth 0.5[kV] line-to-line 신호포트 : 2[kV] line-to-earth 1[kV] line-to-line	외함
무선 전계 주파수에 의한 유도장애	IEC 61000-4-6	전력포트 : 10[V] 신호 포트 : 10[V]	자유공기
무선 주파수차계	요구되지 않음	적용하지 않는다.	적용하지 않는다.
전압 강하와 차단	IEC 61000-4-11	(3)	자유공기
고조파 전류	(2)	(2)	자유공기
전류 강하	(2)	(2)	자유공기

주(1) 규정된 내성 레벨은 차단기의 회로 보호 기능에 관한 더 높은 강도의 보안을 제공하기 위해 IEC 60947-1의 요구사항보다 더 높아야 한다.
 (2) 규정된 시험 절차는 적당한 기본규격이 없는 경우, 부속서 F에서 전자 과전류 장치의 경우로 정의된다.
 (3) 규정된 시험절차는 적당한 기본 규격이 없는 경우, 선로 전압에 기능적으로 종속된 부속서 B의 CBRs와 전압원에 기능적으로 종속된 부속서 M의 MRCDs인 경우에 정의된다. 이러한 시험은 부속서 F의 전자 과전류 보호를 갖는 차단기에 적용되지 않는다(F.1 참조). 그러나 전류 답과 차단에 관한 시험으로 대체된다(F.4.2 참조).

가. 성능 기준

KSC/IEC 60947-2의 부속서 F에 의한 전자식 과전류 보호 차단기에 대한 성능기준은 다음과 같다

- A : 시험하는 동안, 전류 설정이 0.9배로 부하될 때, 차단기는 트립되지 않을 것이다. 그리고 전류 설정이 2배로 부하될 때, 최소값의 0.9배 제조사의 시간 전류 특성의 최대값의 1.1배의 범위 내에서 작동할 것이다.

또한 가능하다면, 감시 기능은 차단기의 상태를 정확하게 나타낼 수 있어야 한다.

- B : 시험하는 동안, 전류 설정이 0.9배로 부하될 때, 차단기는 트립되지 않을 것이다. 시험 후에, 차단기가 전류 설정이 2배로 부하될 때, 제조사의 시간 전류 특성과 부합되어야 하고, 감시 기능은 가능하다면 차단기의 상태를 정확하게 나타낼 수 있어야 한다.

표 4. EMC 시험 요구조건

내 성 시 험			
항 목	참고 규격	시험 레벨	성능 기준
고조파 전류	(1)	교류 메인회로 : 아래 ①번 항목에 따름	A
전류 순간 정전	(1)	교류 메인회로 : 아래 ②번 항목에 따름	B
정전기 방전	IEC 61000-4-2	8[kV]	B
방사된 전자기장	IEC 61000-4-3	10[V/m]	A
전기급속파도 현상	IEC 61000-4-4	교류 메인회로 : 4[kV] 보조 포트 : 2[kV]	A
서지	IEC 61000-4-5	교류 메인회로 : 4[kV] line-to-earth 2[kV] line-to-line 보조포트 : 2[kV] line-to-earth 1[kV] line-to-line	B
무선 주파수에 의한 유도된 장애	IEC 61000-4-6	교류 메인회로 : 10[V] 보조 포트 : 10[V]	A
주(1) 저주파수 현상에 관한 내성시험은 다른 규격에서 다루고 고조파 관련 시험규정은 지금 고려중이다. 규정된 시험 절차는 적당한 기본 규격이 없는 경우, 본 규정에 정해진 절차에 따른다.			

나. 고조파 전류에 의한 내성시험

- 일반사항 : 이 시험은 전류의 실효(R.M.S)값에 민감한 전류 감지 장치의 차단기에 적용해야 한다.
- 시험전원 : 시험전류는 사이리스터, 포화 코어, 프로그램 전원 또는 알맞은 전원에 기초한 전원 장치에 의하여 시행되어야 한다.
- 시험전류 : 다음의 두 가지 옵션 사항 중 하나로 구성되어야 한다.
 - 옵션 a : 두 개의 파형을 연속적으로 적용한다.
 - 기본파 및 3 고조파 성분으로 구성된 파형
 - 기본파 및 5 고조파 성분으로 구성된 파형
 - 옵션 b : 기본파, 3고조파, 5고조파, 7고조파 성분으로 구성된 파형

○ 시험전류는

- 옵션 a에 대하여 :
 - 3 고조파와 파고율(Peak factor) 시험
 - 기본파 성분의 72[%] ≤ 3고조파 ≤ 기본파 성분의 88[%]
 - 파고율 : 2.0 ± 0.2
 - 5 고조파와 파고율 시험
 - 기본파 성분의 45[%] ≤ 5고조파 ≤ 기본파 성분의 55[%]
 - 파고율 : 1.9 ± 0.2
- 옵션 b에 대하여 : 각 기간의 시험 전류는 두 개의 동등 상반된 반-파장으로 구성되고 다음과 같이 정의된다.
 - 각 반-파장 동안 전류 통전 시간 ≤ 추기

(Period)의 21[%]

- 파고율 ≥ 2.1
- 시험절차 : 연결은 가능하다면 그림 3과 4에 부합하여 이루어지고 불필요한 트리핑에 대한 내성을 검증하기 위한 시험 시간은(전류 설정의 0.9배) 트리핑 시간의 10배여야 하고, 전류 설정의 두 배여야 한다.

다. 전류 순간 정전(dips)에 의한 내성시험

시험회로는 임의적으로 선택된 두 상 극에 대해 그림 5에 부합하여야 한다. 상 손실 강도 특성을 가진 릴리스에 관해, 연결은 적용 가능하다면 그림 3과 4에 부합하여 이루어질 것이다. 이 시험은 임의의 전압에서 정현파 시험 전류로 시행될 것이다. 전류 적용은 그림 6에 I_R 이 설정 전류인 표 5에 부합할 것이다. I_D 는 순간 정전 시험이고, T 는 정현파 전류의 기간이다.

라. 기타 내성시험

KSC/IEC 60947-2에서는 전자식 배선용차단기에 대한 서지, 방사된 무선 주파수 전자기장, 전기 급속과도 전류/파열, 정전기 방전 등에 대한 내성시험이 규정되어 있으며 생략하기로 한다.

표 5. 전류 순간 정전과 차단에 대한 시험 파라미터

Test No.	I_D	Δt
1	0	$0.5 T$
2		$1 T$
3		$5 T$
4		$25 T$
5		$50 T$
6	$0.4 I_R$	$10 T$
7		$25 T$
8		$50 T$
9	0.7	$10 T$
10		$25 T$
11		$50 T$

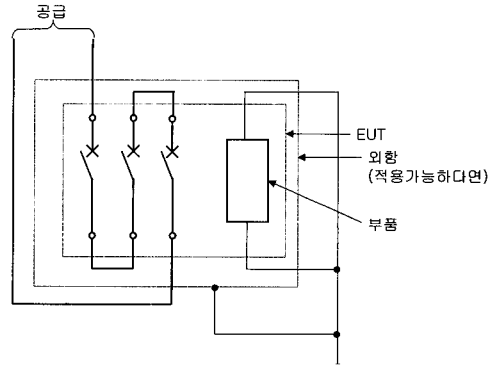


그림 3. 고조파 내성, 전류 순간 정전 등에 관한 시험회로(3상-극간)

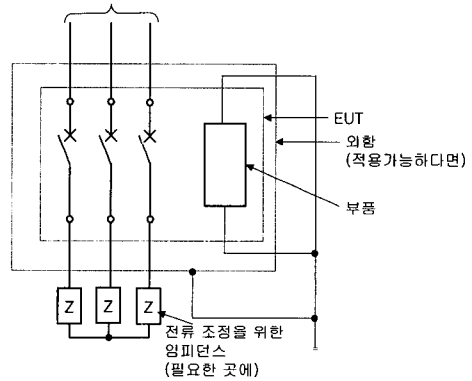


그림 4. 고조파 내성, 전류 순간 정전 등에 관한 시험회로(3상-상 접속)

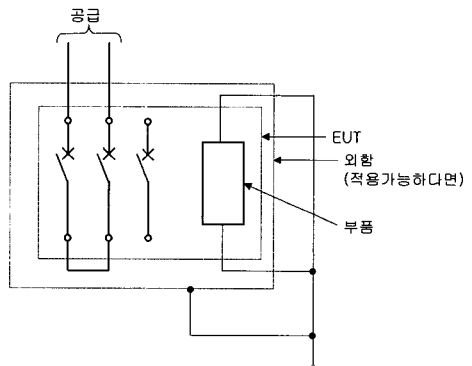
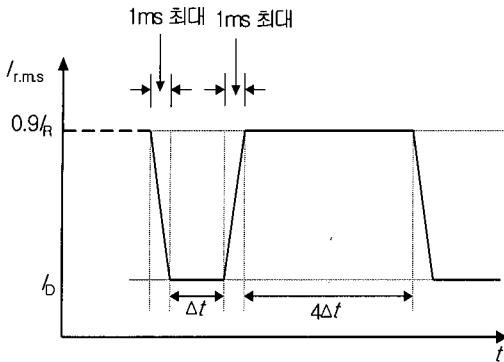


그림 5. 고조파 내성, 전류 순간 정전 등에 관한 시험회로-2-상극



여기서, I_r : 설정시간
 b : dips 시험전류
 Δt : dips 시간
 $4\Delta t$: 일시 정지 시간

그림 6. 전류 순간 정전의 영향을 검증하기 위한 시험 전류

4. 결 언

전자기 적합성(EMC)으로 인한 각종 문제가 대두되었고 그로 인해 미국 및 유럽 선진국들은 전자기 적합성(EMC)문제의 표준화 작업을 준비하여 자국내에서 사용되어지는 특정 제품군에 대해서는 이 표준화에 만족해야 하도록 강제 규격을 만들었다. 현재는 IEC 규격을 표준 규격으로 사용하는 국가들이 늘어나고 있고 우리나라에서도 2000년 이후부터 도입하기 시작하였다.

최근 개발 및 보급되고 있는 전자식 배선용차단기에 대한 전자기 적합성(EMC) 시험규격 또한 IEC 규격이 표준으로 자리 잡고 있고 우리나라에서도 2002년 IEC 규격을 그대로 번역하여 적용하고 있다. 이러한 규격에 맞게 우리나라에서는 현재 대기업 2개사에서 전자식배선용 차단기를 생산 및 판매하고 있지만 중소기업에서는 아직 규격관련 특수성과 시험설비 비용의 문제점, 관련 전문 인력의 부족 등으로 인해 연구개발에 어려움을 겪고 있거나 현장에서 전자식 배선용차단기 전자기 적합성(EMC) 관련 규격에 대한 존재조차도 모르는 경우가 있다.

본 고에서 소개된 전자식 배선용차단기 전자기 적합성(EMC) 규격이 극히 일부만 기술하였지만 앞으로 배선용차단기 신기술을 연구개발하려는 회원 및 업체에 참고자료로 도움이 되길 바라며 전기관련 엔지니어의 기술능력 발전에도 조금이나마 도움이 되길 바란다.

참 고 문 헌

- [1] KSC 8321 : 2002, 배선용 차단기.
- [2] www. lsis. biz, 배선용 차단기 기술자료.
- [3] KSC/IEC 60947-2 : 2003. 9, 저전압 개폐 장치 및 제어 장치에 대한 규격-제 2부 차단기.
- [4] KSC/IEC 60947-1 : 저전압 개폐 장치 및 제어장치-제1부 : 일반사항.

◇ 저 자 소 개 ◇



전정채(全正采)

1971년 6월 8일생. 1997년 원광대학교 전기공학과 졸업. 1999년 원광대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 IT 기술개발센터 연구원.